



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ISRAEL
ESCUELA DE POSGRADOS “ESPOG”

MAESTRÍA EN ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

Resolución: RPC-SO-09-No.265-2021

PROYECTO DE TITULACIÓN EN OPCIÓN AL GRADO DE MAGISTER

Título del proyecto:
Implementación de una interfaz HMI basado en software libre Node Red para el control, monitoreo local y remoto del sistema de bombeo en el conjunto habitacional Rivotorto.
Línea de Investigación:
Ciencias de la ingeniería y aplicadas a la producción, sociedad y desarrollo sustentable
Campo amplio de conocimiento:
Ingeniería, industria y construcción
Autor/a:
Galo Fabian Quintana Tenorio
Tutor/a:
Wilmer Fabian Albarracín Guarochico

Quito – Ecuador

2024

APROBACIÓN DEL TUTOR



Yo, Wilmer Fabian Albarracín Guarochico con C.I: 1713341152 en mi calidad de Tutor del proyecto de investigación titulado: IMPLEMENTACIÓN DE UNA INTERFAZ HMI BASADO EN SOFTWARE LIBRE NODE RED PARA EL CONTROL, MONITOREO LOCAL Y REMOTO DEL SISTEMA DE BOMBEO EN EL CONJUNTO HABITACIONAL RIVOTORTO.

Elaborado por: Galo Fabian Quintana Tenorio, con C.I:0503387094, estudiante de la Maestría: en Electrónica y Automatización de la **UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ISRAEL (UISRAEL)**, como parte de los requisitos sustanciales con fines de obtener el Título de Magister, me permito declarar que luego de haber orientado, analizado y revisado el trabajo de titulación, lo apruebo en todas sus partes.

Quito D.M., 11 de marzo de 2024



Firma

DECLARACIÓN DE AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL ESTUDIANTE



Yo, Galo Fabian Quintana Tenorio con C.I: 0503387094, autor/a del proyecto de titulación denominado: IMPLEMENTACIÓN DE UNA INTERFAZ HMI BASADO EN SOFTWARE LIBRE NODE RED PARA EL CONTROL, MONITOREO LOCAL Y REMOTO DEL SISTEMA DE BOMBEO EN EL CONJUNTO HABITACIONAL RIVOTORTO. Previo a la obtención del título de Magister en Electrónica y Automatización.

1. Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar el respectivo trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.
2. Manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Tecnológica Israel los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4, 5 y 6, en calidad de autor@ del trabajo de titulación, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital como parte del acervo bibliográfico de la Universidad Tecnológica Israel.
3. Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de prosperidad intelectual vigentes.

Quito D.M., 11 de marzo de 2024



Firmado electrónicamente por:
GALO FABIAN
QUINTANA TENORIO

Firma

Tabla de contenidos

APROBACIÓN DEL TUTOR	2
DECLARACIÓN DE AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL ESTUDIANTE	3
INFORMACIÓN GENERAL	1
Contextualización del tema	1
Problema de investigación	2
Objetivo general	3
Objetivos específicos	3
Vinculación con la sociedad y beneficiarios directos:	3
CAPÍTULO I: DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	5
1.1. Contextualización general del estado del arte	5
1.2. Proceso investigativo metodológico	7
CAPÍTULO II: PROPUESTA	8
2.1 Fundamentos teóricos aplicados	8
2.1.1 Conjunto habitacional Rivotorto	8
2.1.1 Estación de Bombeo	8
2.1.2 Pirámide de automatización	9
2.1.2 Controlador lógico programable (PLC S7-1200)	10
2.1.3 Switch de presión	11
2.1.4 Sensores de medición de líquidos	12
2.1.5 Software TIA portal	13
2.1.6 Interfaz HMI	13
2.1.7 Internet de las cosas IOT	14
2.1.8 Node-red	15
2.1.9 Raspberry PI	16
2.1.10 Zerotier	16
2.2 Descripción de la propuesta	18
2.3 Validación de la propuesta	30
2.4 Matriz de articulación de la propuesta	32
2.5 Análisis de resultados. Presentación y discusión.	34
Funcionalidad de la Interfaz HMI	34
Pantalla de Graficas	35

Comunicación remota con el PLC y la Interfaz HMI	36
Notificación de alarmas	37
Latencia de red	38
Ancho de banda Consumido	38
CONCLUSIONES	40
RECOMENDACIONES	41
BIBLIOGRAFÍA	42
Bibliografía	42
ANEXOS	44
ANEXO 1 Ensamble y montaje del tablero de control	44
ANEXO 2 Programación de sistema de control en TIA-PORTAL	46
ANEXO 3: Diseño de la Interfaz HMI basado en Node-red	48
ANEXO 4: Configuración de la VPN en Raspberry PI	50

Índice de tablas

Tabla 1 Direcciones IP de los equipos	19
Tabla 2 Elementos requeridos para el desarrollo de la implementación del Proyecto	20
Tabla 3 Direcciones de variables en Node red	24
Tabla 4 Dispositivos asignados en Zerotier	27
Tabla 5 Datos de los validadores	30
Tabla 6 Escala de Evaluación Cristian Chinchuña	31
Tabla 7 Escala de Evaluación Erick Zambrano	31
Tabla 8 Escala de Evaluación Xavier López	31

Índice de figuras

Figura 1 : Conjunto Habitacional Rivotorto Salcedo	8
Figura 2 : Estación de Bombeo Conjunto habitacional Rivotorto	9
Figura 3: Pirámide de la automatización	10
Figura 4 : PLC S7-1200 (Barahona V. C., 2017).	11
Figura 5 : Circuito de un switch de presión (Ochoa, 2013)	12
Figura 6: Sensor de electrodo capacitivo (Bustillos, 2001).....	13
Figura 7: Representación HMI (Zapata Mireya, 2021)	14
Figura 8: Internet de las cosas (IOT) (Navas, 2015)	15
Figura 9: Clasificación de nodos (Pérez, 2021)	15
Figura 10: Ordenador Raspberry Pi. (Blanco, 2017)	16
Figura 11: Servidor VPN Zerotier	17
Figura 12: Diagrama de la propuesta de la Interfaz HMI con conexión remota	18
Figura 13: Ensamble del tablero de control	21
Figura 14: Lista de variables del proceso.....	22
Figura 15: Representación de Ladder bomba 1.....	22
Figura 16: Configuración de Node-red	23
Figura 17: Enlace de Node-red con el PLC.....	23
Figura 18: Representación de variables en Node-red	24
Figura 19: Configuración de Nodos de comunicación	25

Figura 20: Diseño de la Interfaz HMI	25
Figura 21: Creación de la cuenta en Zerotier	26
Figura 22: Instalación del servidor Zerotier.....	27
Figura 23: Creación de una red en Zerotier.....	28
Figura 24: Configuración del ID y privilegios de comunicación.....	28
Figura 25: Asignación de rango IP	29
Figura 26: Lista de equipos asignados a Zerotier	29
Figura 27: Configuración de rutas en Zerotier.....	30
Figura 28: Menú principal de la interfaz HMI.....	34
Figura 29: Interfaz HMI basada en Node-red	35
Figura 30: Grafica Bomba 1 y Bomba 2	36
Figura 31: Conexión remota entre el PLC y red externa	36
Figura 32: Conexión remota de la interfaz HMI con TIA PORTAL.....	37
Figura 33: Notificación de alarmas a telegrama.....	37
Figura 34: Latencia de la red.....	38
Figura 35: Consumo del Ancho de Banda.....	39

INFORMACIÓN GENERAL

Contextualización del tema

A lo largo de los años el desarrollo de los sistemas de automatización industrial y sus tecnologías han progresado notablemente, desde sistemas de control simples hasta sistemas complejos totalmente autónomos. Entre las expansiones tecnológicas que se han producido, los sistemas automatizados han aumentado y mejorado sus características y se han vuelto cada vez más comunes. Es por eso que en la actualidad se encuentra con sistemas compactos centralizados que permiten monitorizar todos los procesos mediante interfaces HMI'S y SCADA'S.

En la actualidad Internet industrial de las cosas o Industrial Internet of Things (IIoT) contiene nuevos paradigmas y tecnologías que permite la interconexión de equipos de un proceso pequeño hasta procesos industriales sumamente grandes, todos los datos provenientes se conectan a plataformas e internet para analizar los datos producidos. Hoy en día existe una gran variedad de industrias que se encargan de la elaboración de diversos productos indispensables para cumplir con los requerimientos en el masivo desarrollo del mercado. La introducción del avance tecnológico ha impulsado el desarrollo de nuevas tecnológicas y ha permitido que el campo de las comunicaciones, monitoreo, control y conexión remota desempeñe un papel importante en los procesos de manufactura.

La implementación del proyecto se va a realizar en el conjunto habitacional Rivotorto, ubicado en el cantón Salcedo, perteneciente a la provincia de Cotopaxi, dicho establecimiento consta de un sistema de bombeo que sirve de abastecimiento de líquido vital para todas las familias del conjunto, posee dos cisternas que almacenan el agua proporcionada por el Gad Cantonal , en las mismas se encuentran ubicadas dos bombas cuya función principal es proveer de agua a todas las viviendas, el control se realiza de forma manual imposibilitando contar con un control autónomo y monitorización de eventos de los equipos conectados al sistema.

Es importante conocer que los sistemas de monitoreo tradicionales están siendo remplazados por plataformas en la nube como NODE-RED, Ubidots, thingsboard entre otras, debido a constantes actualizaciones de las industrias. La mayoría de dispositivos

industriales se ven en la obligación de trasladar sus aplicaciones a entornos de red relacionados directamente con la nube y mediante ello poder ser monitorizados y controlados desde cualquier parte del mundo.

Dadas las premisas el presente trabajo tiene como finalidad mostrar una alternativa de solución mediante el desarrollo de un sistema de monitoreo y control de todos los parámetros de operación del sistema, permitiendo que el operador pueda estar atento y realizar el mantenimiento preventivo a los equipos para garantizar su funcionalidad , además el proceso automatizado se podrá visualizar remotamente con la ayuda de cualquier dispositivo Android solamente que tenga internet, el usuario podrá monitorizar y controlar el estado del proceso desde cualquier sitio en donde se encuentre.

Para desarrollar este sistema de monitoreo y control se hará uso de equipos que tengan la Inter operatividad de incorporar software libre y confiables para el desarrollo de la aplicación.

Problema de investigación

Actualmente los avances tecnológicos en el área de la automatización tienen un gran impacto, lo que obliga a las empresas e industrias al cambio y adaptación de tecnologías. Muchas de las industrias en el Ecuador siguen teniendo varios procesos de forma manual pudiendo aprovechar los beneficios de la tecnología y automatizarlos.

Esto se debe a que muchas veces el costo beneficio de mejorar sus industrias no representa una ventaja. Esta falta de implementación tecnológica provoca que muchas de estas industrias no puedan alcanzar un buen desarrollo y de esa manera impulsar la matriz productiva del país ya que la escasa implementación de nuevas tecnologías de última generación aplicadas a sistemas de manufactura demuestra la necesidad de mejorar el manejo, supervisión y control de procesos heterogéneos,

En la actualidad el control del sistema de bombeo del conjunto habitacional Rivotorto se realiza de forma inadecuada, esto ocasiona daño en las bombas por funcionar en vacío es decir cuando las cisternas no tienen agua, generando mantenimientos continuos a los equipos y molestia a los habitantes por el tiempo que se demora el

manteniendo de dichas bombas. Además, el sistema carece de una interfaz donde se puedan visualizar estados de los equipos, así como también alarmas.

Es por esta razón se plantea realizar el control y monitoreo del sistema de bombeo, empleando un controlador lógico programable para que el sistema de control sea automático, para la monitorización de variables, estados, alarmas se usa el software libre no de red mediante un diseño de una interfaz en la web amigable con el usuario.

Objetivo general

Implementar una interfaz HMI basado en software libre Node Red para el control, monitoreo local y remoto del sistema de bombeo en el conjunto habitacional Rivotorto.

Objetivos específicos

Determinar los dispositivos, sensores y controlador para el desarrollo del sistema de control

Realizar la programación necesaria en el PLC para el control del sistema de bombeo.

Desarrollar la interfaz HMI para monitorización de las variables y control del sistema de bombeo en tiempo real a través de un dashboard con tecnología IoT.

Configurar el servidor Zerotier para la conexión remota mediante la utilización de una Raspberry Pi.

Validar la operatividad de la interfaz y control del sistema de bombeo mediante pruebas de funcionamiento.

Vinculación con la sociedad y beneficiarios directos:

Este proyecto de investigación se desarrolla con la finalidad utilizar las nuevas herramientas tecnológicas aplicadas a la automatización industrial, la interfaz HMI para monitoreo del sistema de bombeo en el conjunto habitacional Rivotorto contribuye a la sociedad incorporando nuevas tecnologías y permitiendo que las personas beneficiadas puedan tener un servicio óptimo y cómodo.

La implementación del presente proyecto busca como alternativa demostrar la factibilidad de utilizar software basados en la nube, para el diseño y desarrollo de

interfaces graficas compatibles con cualquier tipo de PLC y mostrar dicha información de forma organizada al usuario u operador, así como también la utilización de un servidor para interactuar de forma remota con el sistema de control mediante la interfaz gráfica HMI.

Los beneficiarios directos de la implementación del presente trabajo son alrededor de 73 familias cada una de ellas conformadas con mínimo de 4 personas sienton un total de 292 personas, además este proyecto servirá como una ayuda en futuras investigaciones en el área de la automatización en cuanto al desarrollo de nuevas interfaces alojadas en servidores en la nube, permitiendo de esta manera llevar cualquier tipo de proceso a las tendencias de la industria 4.0

CAPÍTULO I: DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

1.1. Contextualización general del estado del arte

El presente trabajo de investigación tiene como finalidad implementar el control automático de la estación de bombeo mediante un sistema eficaz capaz de integrar sensores, actuadores interconectados a través del internet industrial de las cosas (IIOT) y monitorización de interfaces HMI, pudiendo de esta manera desplegar estos sistemas de forma local o remota, lo que se convierte en ahorro de recursos y mejora continua en los procesos de automatización. En la actualidad existes muchas investigaciones enfocadas al IoT que se pueden tomar de referencia para el desarrollo de la propuesta de investigación.

Barahona (2023), en su trabajo de tema “Automatización del Proceso de Corte de Perfilaría de la Empresa Construalvid mediante el uso de Sistemas Inteligentes IoT”, plantea desarrollar una automatización del proceso de corte del aluminio para lo cual utilizo un PLC S7 1200 1214 y para la interfaz una pantalla HMI de la marca TouchWin, estos componentes de programaron en el software TIA Portal y finalmente para controlar de manera remota el proceso utilizó un Módulo IOT 2050 del fabricante Siemens, donde se encuentra instalado el software Node-red que al trabajar simultáneamente pueden recopilar y enviar la toda la información (datos) desde el servidor alojado en la plataforma UBIDOTS al PLC y viceversa. Los estados de alarmas son monitorizados de manera local en la pantalla HMI y de forma remota mediante mensajes de texto vía a la aplicación Telegram.

En el proyecto de investigación de Segovia (2021), titulado como “Sistema Scada basado en Raspberry pi para la Monitorización de una Instalación Fotovoltaica”, plantea implementar el diseño de un sistema de monitoreo basado en un SCADA. Este proyecto se desarrolló en el software libre Node-RED para ser ejecutado en una mini computadora (Raspberry Pi 4B) y que mediante este servidor se recibe los datos del microcontrolador (ESP32) mediante el protocolo de comunicación MQTT, pasando por un servidor centralizado denominado bróker (Mosquitto Broker). La principal característica que hace interesante a este proyecto es el bajo costo del sistema de monitoreo, ideal para aplicaciones de sistemas de vigilancia comerciales.

Por otro lado, Pantusin (2023) con el tema “Diseño e implementación de una red industrial HART que permita el diagnóstico y configuración de los transmisores de caudal y nivel, para el monitoreo y control de procesos, con un enfoque IoT”, el trabajo de investigación tiene como finalidad implementar el control de dos procesos donde se mide nivel y caudal utilizando sensores de la marca Rosemount con protocolo de comunicación HART. Estos transmisores envían los datos por medio de dos variables una primaria y secundaria mediante el uso de dos conductores hacia una pasarela que se encarga de convertir la información del protocolo industrial HART a PROFINET. De la misma manera, mediante la pasarela se enviará toda la información al PLC (S7-1200) con la ayuda del protocolo Ethernet TCP/IP, a su vez se implementó una interfaz humano-máquina (HMI) basada en software libre Thingsboard para poder configurar todos los parámetros necesarios en el proceso desde cualquier equipo inteligente que tenga acceso a internet y a la plataforma IOT. Todos estos dispositivos, están conectados a un Access point el cual permite tener una conexión local, y acceso a internet para enviar y almacenar los datos en la nube.

Finalmente López (2023) en la elaboración de su tesis titulada “Control automático de nivel del separador de gas de planta productora Shushufindi”, desarrollado en la Universidad Tecnológica Israel sede Quito, tiene objetivo realizar un control de nivel del separador por medio de una válvula de control KYMRAY, un sensor de nivel IDP10S-T22B21F-M1 y PLC de la marca FCP 270 FOXBOR, y mediante la tecnología avanzada y los dispositivos de campo se controla el nivel del separador de gas, adquiriendo todas las señales de campo de manera precisa y confiable.

Para elaborar el trabajo investigativo se realizó una revisión de trabajos similares cada uno de estos con un aporte esencial para la selección adecuada del dispositivo de control como el PLC S7-1200 DC/DC/DC, software de programación TIA PORTAL, también la importancia de utilizar softwares basados en la nube Node red que permite monitorizar el sistema de forma local o remota, el dispositivo donde se aloja el servidor Node-red que es mediante la ayuda de una Raspberry Pi.

1.2. Proceso investigativo metodológico

Se utilizó una investigación aplicada para el desarrollo del presente proyecto, debido a que se eliminó los constantes problemas que existían en el sistema de bombeo, mediante el desarrollo completo de la automatización y monitoreo del sistema con la ayuda de todos los elementos seleccionados.

De la misma manera se utilizó una investigación bibliográfica, que ayudó a recopilar toda la información necesaria e importante para el desarrollo interfaz HMI basado en software libre Node Red para el control y monitoreo del sistema de bombeo, mediante el análisis de: documentos, artículos científicos, tesis, proyectos de investigación de repositorios de diferentes Universidades e Institutos.

Por otro lado, también se utilizó una investigación de campo, en el conjunto habitacional Rivotorto ubicado en el cantón Salcedo, lo cual permitió adquirir información importante sobre los principales problemas expuestos actualmente en el sistema de bombeo.

CAPÍTULO II: PROPUESTA

2.1 Fundamentos teóricos aplicados

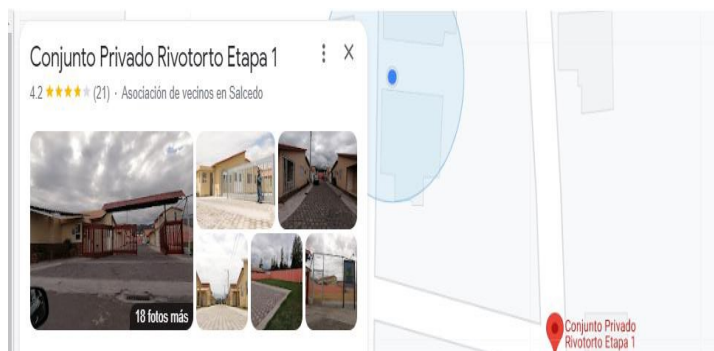
El presente proyecto de investigación se enfoca en la automatización de un proceso industrial basado en el internet industrial de las cosas. El uso adecuado de las tecnologías actuales permite realizar aplicaciones basadas en el internet de las cosas, con la finalidad de mejorar las operaciones empresariales y la eficiencia.

2.1.1 Conjunto habitacional Rivotorto

Este conjunto habitacional se encuentra ubicado en la provincia de Cotopaxi cantón Salcedo, en la actualidad consta con alrededor de 290 habitantes los cuales serán beneficiarios directos del proyecto a realizarse en dicho establecimiento.

Figura 1

Conjunto Habitacional Rivotorto Salcedo



2.1.1 Estación de Bombeo

Un sistema de bombeo se caracteriza por estar compuesta de una serie de elementos, sistemas y componentes que permiten el traslado eficiente de líquido por medio de tuberías desde una fuente de alimentación, la cual debe cumplir con especificaciones técnicas de diseño que garanticen el caudal necesario a los diferentes elementos de consumo “Hogares”.

Entre los elementos básicos de un sistema de bombeo de líquido para hogares característicos se mencionan los siguientes.

- Caseta de bombeo
- Cisterna captadora de bombeo
- Equipo de bombeo

- Tubería de distribución
- Válvulas de regulación y control
- Interruptores de máximo y mínimo nivel
- Tablero de control eléctrico
- Área delimitada para el personal de operación y control” (Rojas, 2017)

En la **Figura 2** se muestra el sistema de bombeo que se encuentra instalado en el conjunto, el cual se compone de dos cisternas donde es almacenada el agua para suministrar dicho líquido con la ayuda de las dos bombas cada una de ellas trabaja de forma independiente, este sistema en la actualidad no cuenta con una interfaz HMI para el control y monitoreo de todo el sistema.

Figura 2

Estación de Bombeo Conjunto habitacional Rivotorto



2.1.2 Pirámide de automatización

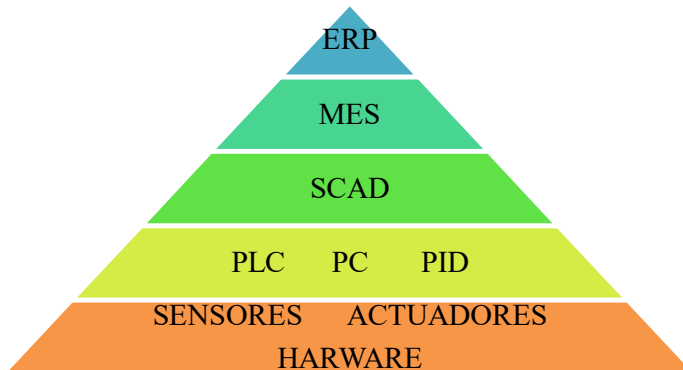
La Pirámide de Automatización es una representación gráfica de los niveles de integración y automatización que una industria puede tener o alcanzar. Integra el proceso productivo (en el que se utiliza e implementa tecnología operativa y equipos industriales) y la parte administrativa o de gestión (en la que se combina la tecnología de la información con equipos informáticos comerciales, infraestructura de comunicaciones, recursos de software administrativos y de gestión).

Como se indica en la Fig. 3, la pirámide consta de 5 niveles que representan el nivel de automatización de los procesos industriales, al incluir toda la cadena productiva y segmentos de gestión. Se representa como una pirámide porque para automatizar completamente los niveles superiores se requiere previamente la automatización de los

niveles inferiores. Por tanto, la automatización de los procesos industriales debe proceder de abajo hacia arriba si se quiere obtener sistemas que satisfagan las necesidades y requisitos actuales. (Zapata et al., 2021).

Figura 3

Pirámide de la automatización



2.1.2 Controlador lógico programable (PLC S7-1200)

Se define al PLC S7-1200 como un controlador lógico programable que posee la capacidad de controlar varios dispositivos en el campo industrial de la automatización.

Debido a su diseño ergonómico y compacto permite una gran variedad de configuraciones e instrucciones, lo cual es idóneo para el control de un sinnúmero de aplicaciones esenciales en el campo de la automatización industrial.

Entre las características del PLC S7-1200 se tiene un CPU que ensambla un microprocesador, una fuente de alimentación incorporada, circuitos de entrada y salida, interfaz ethernet, entradas analógicas integradas.

El PLC S7-1200 permite el registro de diversas variables como el “control de niveles, control de mediciones aplicadas en procesos industriales que emplean sensores y actuadores que facilitan la transmisión de datos a altas velocidades mejorando sustancialmente el control de los procesos de automatización industrial.

La interfaz programable puede incluir la lógica booleana, instrucciones de montaje, temporización, matemática compleja y comunicación con varios dispositivos” (Barahona V., 2017).

Elementos del PLC S7-1200

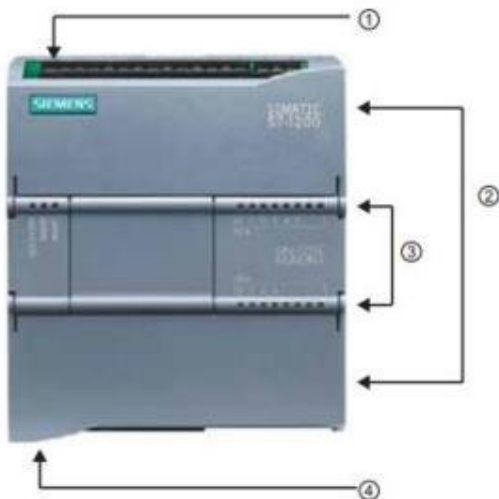
Entre los elementos del Plc S7-1200 se describen los siguientes.

- Conector de energía
- Conector extraíble para cableado de usuario
- Ranura auxiliar para memoria expandible
- Leds indicativos para la entradas y salidas integradas
- Conectores PROFINET ubicadas en la parte inferior del CPU

En la siguiente figura se identifican los elementos antes mencionados.

Figura 4

PLC S7-1200



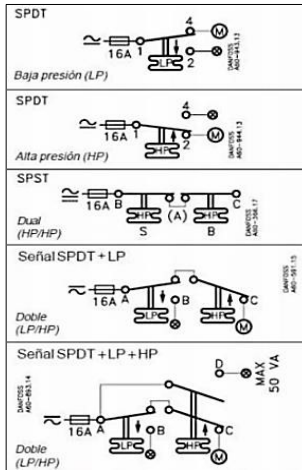
Nota: Tomado de (Barahona V. C., 2017).

2.1.3 Switch de presión

Se define como un interruptor que permite la apertura o cierre del circuito en función de una determinada presión cuando este entra en contacto con un fluido, al entrar el líquido a una presión variada el pistón se desplaza haciendo que los contactos se unan y realicen la apertura de la válvula, cuando la presión baja el pistón se contrae y se cierra el paso del fluido.

Figura 5

Circuito de un switch de presión



Nota: Tomado de (Ochoa, 2013).

2.1.4 Sensores de medición de líquidos

Existen distintos tipos de sensores utilizados en el campo de la automatización para el control de niveles tal es el caso de los tipos de medidores conductivos, capacitivos para el control eficiente de los fluidos a monitorear.

Medidor conductivo

Se utiliza como un sistema de control de nivel en tanque de fluido el cual indica tres estados de niveles, bajo, medio, alto.

Sensor hidrostático

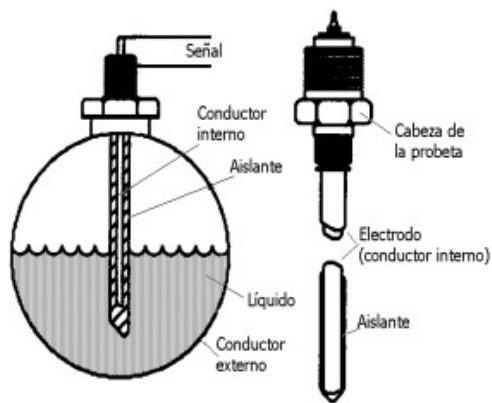
Utiliza transmisores de presión manométrica que son empleados para controlar el nivel de líquido mediante presión hidrostática que es la fuerza de gravedad del líquido en reposo.

Electrodos de nivel

Este tipo de sensor está compuesto por un electrodo capacitivo el cual se introduce en el tanque, al aumentar o disminuir el nivel del líquido cambia la señal capacitiva la cual está conectada a un circuito electrónico con un transmisor de nivel continuo.

Figura 6

Sensor de electrodo capacitivo



Nota: Tomado de (Bustillos, 2001).

2.1.5 Software TIA portal

Es un software que permite crear proyectos en autómatas programables para mejorar la eficiencia de los procesos industriales.

La descripción de los pasos a seguir una vez ingresado al entorno virtual de TIA Portal para su configuración son los siguientes.

- “Creación del proyecto
- Configuración del hardware
- Conexión en la red de los dispositivos
- Programación del controlador
- Configuración de la visualización
- Carga de datos de configuración
- Uso de las funciones en línea y comprobación de diagnóstico” (Siemens, 2015)

2.1.6 Interfaz HMI

Un HMI (Interfaz Hombre Maquina) es un dispositivo que permite el desarrollo de aplicaciones basadas en gráficos que sirven de interacción entre un sistema de un proceso industrial automatizado y los operadores del mismo. Mediante la ayuda de una pantalla touch, se puede manipular y observar el comportamiento de los equipos industriales de manera gráfica, simulando su comportamiento y características. Se pueden representar mediante gráficos, animaciones de motores, válvulas de control,

botones o pulsadores, luces piloto, entre otros. Además, se puede configurar para visualizar mediante animaciones valores de temperatura, nivel, presión. (Zapata et al., 2021).

Figura 7

Representación HMI



Nota: Tomado de (Zapata Mireya, 2021).

2.1.7 Internet de las cosas IOT

La idea de un mundo inteligente en el que los sistemas de sensores y los sistemas de procesamiento locales estén interconectados para compartir información se está volviendo cada vez más popular en todas las industrias. Estos sistemas se conectarán con los usuarios y entre sí a nivel mundial para ayudar a los usuarios a tomar decisiones más informadas. El Internet de las cosas incluye todo, desde hogares inteligentes, dispositivos móviles de salud y juguetes conectados hasta el Internet industrial de las cosas (IIoT), incluida la agricultura inteligente, las ciudades inteligentes, las fábricas inteligentes y las redes inteligentes.

El concepto de Internet industrial de las cosas se refiere a una vasta red de sistemas industriales interconectados que tienen la capacidad de comunicarse y colaborar en el análisis de datos y la ejecución de acciones, lo que en última instancia mejora el rendimiento industrial y beneficia a la sociedad en general. Estos sistemas industriales, conocidos como sistemas ciber físicos, cierran la brecha entre los ámbitos digital y físico mediante el uso de sensores y actuadores para abordar complejos desafíos de control. (Navas, 2015)

Figura 8

Internet de las cosas (IOT)



2.1.8 Node-red

Se describe como una herramienta aplicativa de programación visual donde el usuario interactúa en la programación sin la utilización de códigos debido a su interfaz que revela visualmente las relaciones y funciones implementadas en un navegador el cual permite insertar, suprimir y enlazar los nodos con la finalidad de que exista comunicación entre ellos.

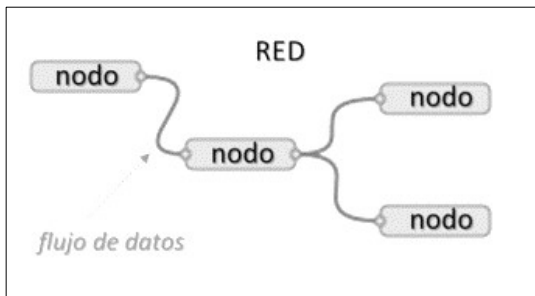
Clasificación de nodos

Dentro de Node-Red existen varios tipos de nodos los cuales se describen a continuación, esto en base a las entradas y salidas que tenga.

- **Iniciadores.** Son nodos que poseen un único puerto de salida y pueden ser activos o pasivos.
- **Intermedios.** Estos nodos reciben una gran cantidad de datos permitiendo la incorporación de códigos de JavaScript.
- **Terminales.** Poseen una salida y se ubican al final de las ramificaciones del flujo de datos utilizados para envío de datos al bróker.

Figura 9

Clasificación de nodos



2.1.9 Raspberry Pi

Es una mini computadora de costo muy bajo creada por Raspberry Pi con el objetivo de promover el aprendizaje de la programación informática en la educación. “Trabaja con un sinnúmero de sistemas operativos entre ellos Windows 10, Linux, Mac, contiene un procesador Broadcom con memoria RAM, un GPU, puertos USB, HDMI, Ethernet.

Además, contiene 40 pines GPIO con un conector para cámara y una memoria expandible micro SD de 1.9”. en la siguiente figura 10 se identifican los elementos que contiene una Raspberry Pi. (Blanco, 2017)

Figura 10

Ordenador Raspberry Pi.



2.1.10 Zerotier

Es un software libre que permite crear redes virtualizadas multipunto modernas y seguras de casi cualquier tipo. Desde sólidas redes peer-to-peer hasta infraestructura de malla de múltiples nubes.

Características importantes

- Configuración rápida en minutos con una implementación remota y automatizada.
- Emula Ethernet de capa 2 con capacidades de múltiples rutas, multidifusión y puentes.
- La solución de red de confianza cero de ZeroTier proporciona seguridad escalable con cifrado de extremo a extremo de 256 bits (Zerotier, 2024).

Figura 11

Servidor VPN Zerotier



2.2 Descripción de la propuesta

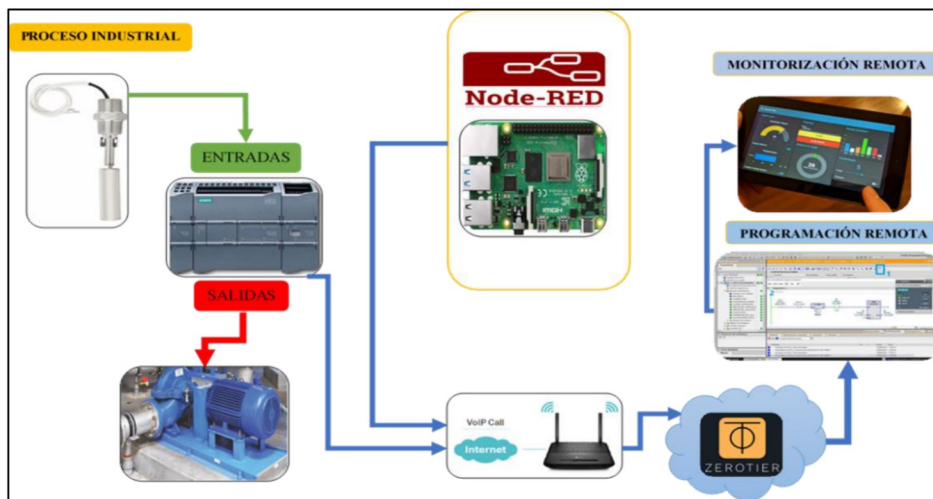
a. Estructura general

La implementación del presente proyecto tiene como finalidad diseñar una interfaz HMI basada en el software libre Node red para monitorizar los parámetros del sistema de bombeo, para el sistema de control se utiliza un PLC donde se concentran las señales tanto de entrada como salida y mediante la combinación del internet de las cosas poder visualizar los parámetros de todo el sistema en una aplicación IoT.

Este sistema emplea el servidor Zerotier dedicado específicamente para establecer una comunicación VPN segura entre el dispositivo de campo y el operador desde el lugar que sea y en cualquier momento. La persona responsable del proceso puede acceder remotamente al PLC, HMI u otros dispositivos mediante la VPN configurada en la Raspberry Pi, con la finalidad de realizar tareas de mantenimiento o supervisión desde cualquier parte del mundo y con cualquier dispositivo inteligente (smartphone), esta solución permite evitar movilizaciones innecesarias a las instalaciones y, de esta manera ahorrar tiempo y dinero, En la Figura 12 se puede visualizar un esquema general de la propuesta de investigación.

Figura 12

Diagrama de la propuesta de la Interfaz HMI con conexión remota



b. Explicación del aporte

Para iniciar con la explicación del aporte se definen las direcciones IP que tendrán cada uno de los dispositivos para el desarrollo de la aplicación. En la **tabla1** se puede observar de manera detallada los equipos y sus direcciones

Tabla 1

Direcciones IP de los equipos

Ítem	Equipo	Dirección IP
1	PLC	192.168.0.118
2	Raspberry pi	192.168.0.110

En el desarrollo de la interfaz HMI para el control y monitoreo de todos los parámetros involucrados en el sistema de bombeo se emplearon los siguientes pasos.

Lectura de datos (Entradas)

La adquisición de señales se realiza mediante la utilización de sensores de nivel y presión. El sistema cuenta con sensores digitales de presión y nivel, los mismos que permiten la lectura de los parámetros de las variables mencionadas. Estos instrumentos se encuentran conectados a cada una de las direcciones de entrada del PLC.

Programación del PLC y Salidas

El controlador S7-1200 (1214 dc/dc/dc) es el encargado de tomar los datos provenientes de los sensores ubicados en planta para poder tratar las señales y mediante éstas realizar la programación de las rutinas para el accionamiento adecuado de las bombas, además permite la comunicación con la web para la visualización de los estados, alarmas del sistema mediante el protocolo de comunicación Ethernet.

Una vez realizada la programación en el PLC, seguidamente se requiere del desarrollo de la interfaz gráfica basada en software libre, para lo cual se utiliza una raspberry pi en donde se realiza la instalación del Software node-red, el cual permite desarrollar interfaces capaces de monitorizar y controlar el proceso, de la misma manera para la conexión remota se hace uso del servidor Zerotier para realizar cambios en la

programación del PLC y control de la interfaz HMI de manera remota, es decir el usuario podrá conectarse desde cualquier parte en donde este simplemente con una conexión a internet. En la **Tabla 2** se muestran los dispositivos y sus características principales para la utilización en el desarrollo del proyecto.

Tabla 2

Elementos requeridos para el desarrollo de la implementación del Proyecto

Nombre	Descripción y Características	Figura
Switch de presión	Marca: SQUARD Interruptor de presión rango: 30-50 psi	
Interruptor Flotante	Sensor de nivel	
PLC	Marca: Siemens S7 1200 1214/DC/DC/DC	
Bomba	Marca: WEG 220/440 V 7.5HP	
Raspberry PI	Modelo: Pi 3 Model B Core: 1.2GHZ, 1Gb RAM	

c. Técnicas y/o Estrategias

Para cumplir con el desarrollo del proyecto en los siguientes ítems se describe con claridad cuáles fueron las etapas necesarias para su elaboración.

Ensamblaje y montaje del tablero de control

Una vez determinado los materiales necesarios para la implementación del proyecto, se procede al ensamble del tablero para integrar todos los elementos que llevan a cabo el control del sistema de bombeo en el [ANEXO 1](#) se muestra a detalle el ensamble y montaje del tablero de control.

Figura 13

Ensamble del tablero de control



Programación del sistema de bombeo automático

Para el desarrollo de la programación se utiliza el software TIA-PORTAL que permite mediante una lógica de programación adecuada cumplir con todas las condiciones requeridas para el control de los actuadores y mediante el protocolo de comunicación ethernet Industrial mostrar las variables en una interfaz gráfica alojada en la web

A continuación, en la **Figura 14** se muestra un direccionamiento de todas las variables donde se identifican las entradas y salidas que se conectan al PLC

Figura 14

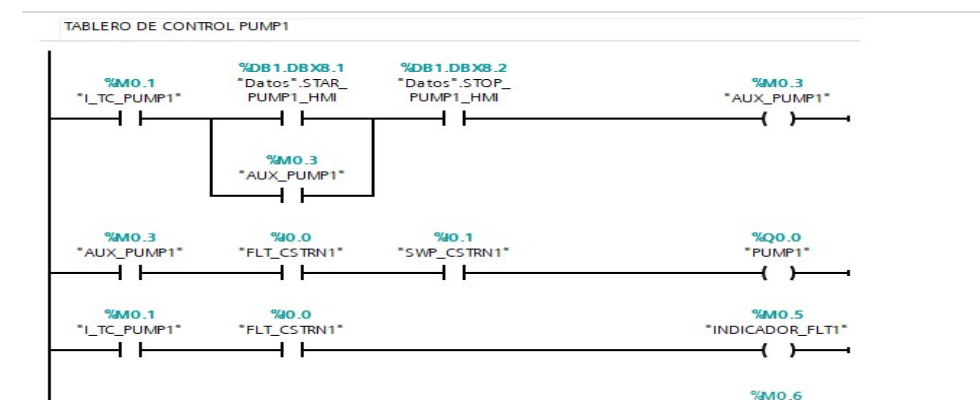
Lista de variables del proceso

Variables PLC									
	Nombre	Tabla de variables	Tipo de datos	Dirección	Rema...	Acces...	Escrib...	Visibl...	Comentario
1	PUMP1	Tabla de variables e..	Bool	%Q0.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
2	ENTRADA	Tabla de variables e..	Int	%IW66		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
3	FLT_CSTRN1	Tabla de variables e..	Bool	%IO.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
4	PUMP2	Tabla de variabl...	Bool	%Q0.1		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
5	SWP_CSTRN1	Tabla de variables e..	Bool	%IO.1		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
6	FLT_CSTRN2	Tabla de variables e..	Bool	%IO.2		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
7	SWP_CSTRN2	Tabla de variables e..	Bool	%IO.3		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
8	ON_SISTM	Tabla de variables e..	Bool	%MO.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
9	L_TC_PUMP1	Tabla de variables e..	Bool	%MO.1		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
10	L_TC_PUMP2	Tabla de variables e..	Bool	%MO.2		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
11	AUX_PUMP1	Tabla de variables e..	Bool	%MO.3		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
12	AUX_PUMP2	Tabla de variables e..	Bool	%MO.4		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
13	INDICADOR_FLT1	Tabla de variables e..	Bool	%MO.5		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
14	INDICADOR_SWP1	Tabla de variables e..	Bool	%MO.6		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
15	INDICADOR_FLT2	Tabla de variables e..	Bool	%MO.7		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
16	INDICADOR_SWP2	Tabla de variables e..	Bool	%MI.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	

Para desarrollar el algoritmo de programación se utilizó el diagrama Ladder, donde se utilizan las señales de entrada al PLC y mediante las condiciones necesarias se puede obtener los valores deseados a la salida para ser enviadas a los actuadores en este caso las bombas. En la **figura 15** se muestra el Ladder para el control de la bomba1, en el [ANEXO 2](#) se detalla la programación de todo el sistema.

Figura 15

Representación de Ladder bomba 1



Desarrollo de la Interfaz HMI

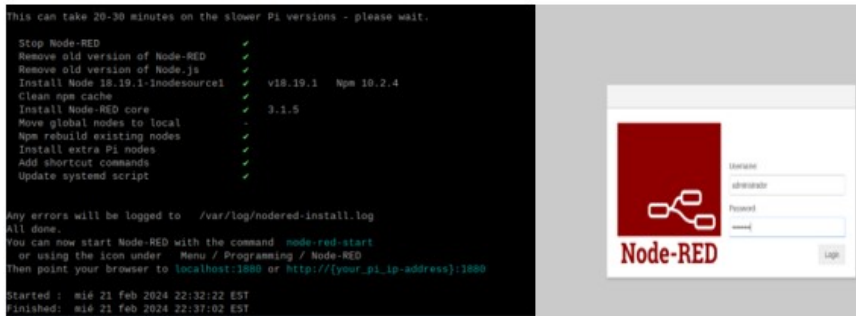
El diseño de la interfaz HMI se desarrolló en base a los requerimientos e información más importante que ayudará al operador a visualizar de manera gráfica los eventos del proceso, así como también controlar de forma local el encendido, apagado del sistema y las bombas.

Configuración de Node-red en la Raspberry pi

Para el desarrollo de la interfaz HMI se utilizó el software libre Node-red, mismo que es instalado y configurado en una Raspberry pi 3 como se indica en la **figura 16**.

Figura 16

Configuración de Node-red

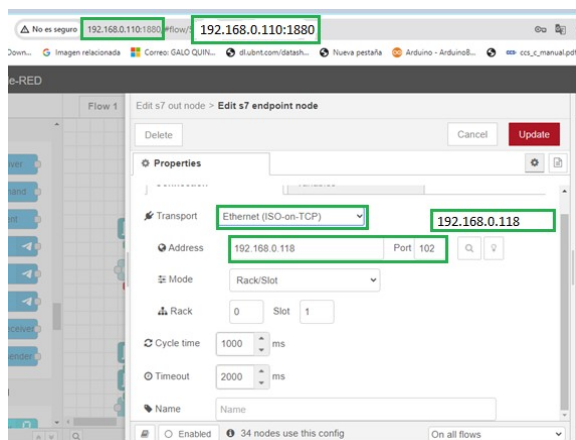


Enlace de Node red con el PLC

Una vez instalado el software Node red en la raspberry pi con la dirección IP 192.168.0.110:1880 se accede al servidor donde se procede a realizar la configuración de la comunicación mediante el protocolo TCP/IP, para dicha configuración hay que agregar la dirección IP del PLC que en este caso es 192.168.0.118, en la **figura 17** se muestra el resultado de configuración de comunicación entre el PLC y Node red.

Figura 17

Enlace de Node-red con el PLC

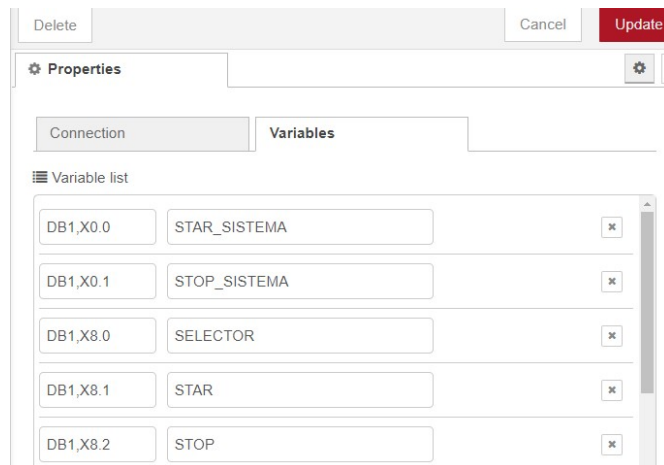


Teniendo en cuenta el proceso de configuración exitosa de la comunicación entre el servidor y PLC se enlaza todas las variables creadas en la TIA PORTAL, con el objetivo de

realizar la respectiva configuración en cada uno de los nodos virtuales para la visualización y control mediante los botones, indicadores virtuales ubicados en la Web.

Figura 18

Representación de variables en Node-red



En la tabla 3 se muestra la creación y direccionamiento de todas las variables en Tia-Portal para ser enlazadas con el software Node-red y posteriormente realizar la interfaz HMI.

Tabla 3

Direcciones de variables en Node red

VARIABLE	DIRECCIÓN	DESCRIPCIÓN
ON_SISTM_HMI	%DB.DBX0.0	Pulsador On HMI del sistema
OFF_SISTM_HMI	%DB.DBX0.1	Pulsador Off HMI del sistema
SELECTOR_HMI	%DB.DBX8.0	Selector HMI de bombas
STAR_PUMP1_HMI	%DB.DBX8.1	Pulsador On HMI Pump1
STOP_PUMP1_HMI	%DB.DBX8.1	Pulsador Off HMI Pump1
STAR_PUMP2_HMI	%DB.DBX8.3	Pulsador On HMI Pump2
STOP_PUMP2_HMI	%DB.DBX8.4	Pulsador Off HMI Pump2

Por otro lado, en la **Figura 19** muestra la librería **node-red-contrib-s7** instalada en Node-red la cual permite configurar los nodos de entrada y salida que se ejecutan desde la aplicación al PLC y viceversa.

Figura 19

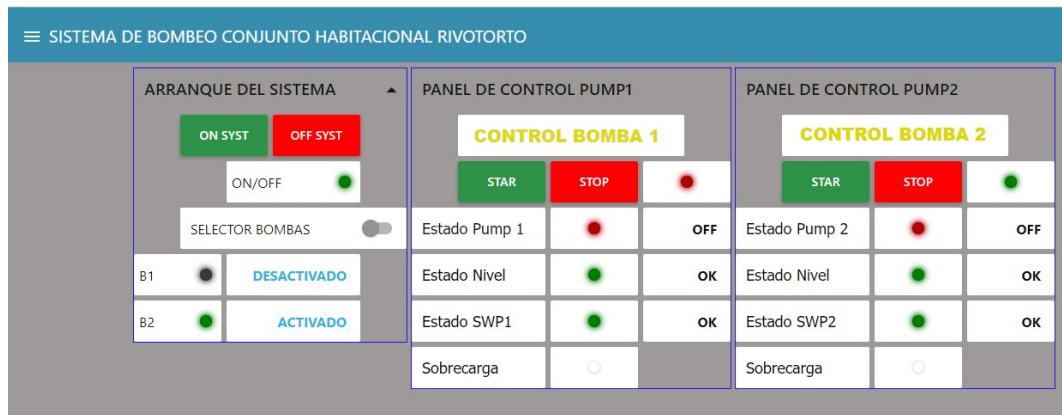
Configuración de Nodos de comunicación



Finalmente, al realizar todas las configuraciones en cada uno de los nodos, se obtiene el diseño de la Interfaz HMI para controlar y monitorizar los parámetros de las variables que intervienen en el sistema de bombeo. En la **figura 20** se muestra el diseño del dashboard para el monitoreo y control. En el [ANEXO 3](#) se detalla el diseño de la interfaz HMI

Figura 20

Diseño de la Interfaz HMI



Configuración del Servidor Zerotier.

Para conectarse de forma remota ya sea a la interfaz HMI, como al TIA-portal se utilizó el software Zerotier, mismo que cumple la función de una VPN para acceder remotamente al dashboard y monitorizar los parámetros del sistema, así como también controlar cada uno de los actuadores.

Como primer paso se tiene que crear una cuenta en Zerotier, mediante el link: <https://www.zerotier.com/>, en esta página se ingresa los datos personales y un correo electrónico para la validación de la cuenta, en la figura 21 se muestra la cuenta creada.

Figura 21

Creación de la cuenta en Zerotier



ZeroTier

Log In

Email
galofabian92@gmail.com

Password
.....

Remember me

[Forgot Password?](#)

Log In

Or sign in with

Google

GitHub

Microsoft

Después de crear la cuenta, se procede a instalar la aplicación en cada uno de los dispositivos a ser utilizados, en la **Figura 22** se indica la instalación de la aplicación en la Raspberry pi. En el [Anexo 4](#) se indica la configuración para el redireccionamiento de tráfico de red.

Figura 22

Instalación del servidor Zerotier

```
login as: admin
admin@192.168.0.110's password:
Access denied
admin@192.168.0.110's password:
Linux raspberrypi 6.6.17-v7+ #1735 SMP Wed Feb 21 14:33:39 GMT 2024 armv7l

The programs included with the Debian GNU/Linux system are free software;
the exact distribution terms for each program are described in the
individual files in /usr/share/doc/*/copyright.

Debian GNU/Linux comes with ABSOLUTELY NO WARRANTY, to the extent
permitted by applicable law.
Last login: Tue Feb 27 09:49:10 2024

Wi-Fi is currently blocked by rfkill.
Use raspi-config to set the country before use.
admin@raspberrypi:~$ sudo zerotier-cli status
200 info f4da2a4fbf 1.12.2 ONLINE
```

Por otro lado, se realiza la instalación de la aplicación de Zerotier en los dispositivos, en este caso se instaló en dos celulares y una PC, de la misma manera en cada dispositivo instalado se genera un Id este es único para ser agregado al servidor principal para establecer una comunicación entre los dispositivos. En la **tabla 4** se muestran los dispositivos con la aplicación instalada y su dirección asignada por el servidor.

Tabla 4

Dispositivos asignados en Zerotier

EQUIPO	ID ZEROTIER
Celular galaxi A13	62244b1e04
Celular realme	7dbf7c132e
Pc Toshiba	496a413dbd
Raspberry pi	f4da2a4fbf

Luego de la instalación del software en los dispositivos se procede a la configuración en el servidor para lo cual se debe iniciar sesión y posteriormente crear una red con el nombre de PROYECTO TESIS, como se indica en la **figura 23**.

Figura 23

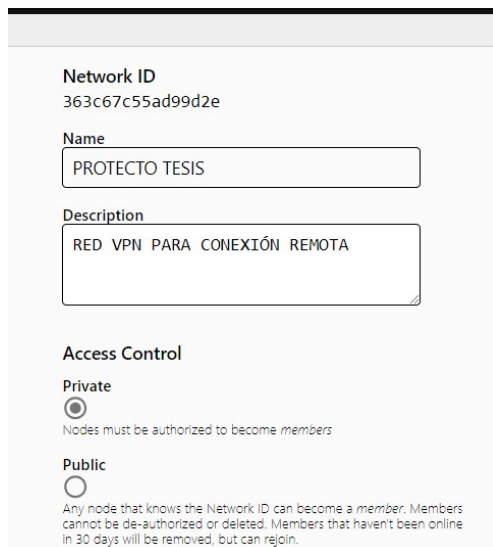
Creación de una red en Zerotier



Una vez creada la red, en la **figura 24** se puede observar el ID que se asignó con el cual se puede agrupar todos los dispositivos a la red virtual y de la misma forma el tipo de privilegio que para esta configuración es de acceso privado.

Figura 24

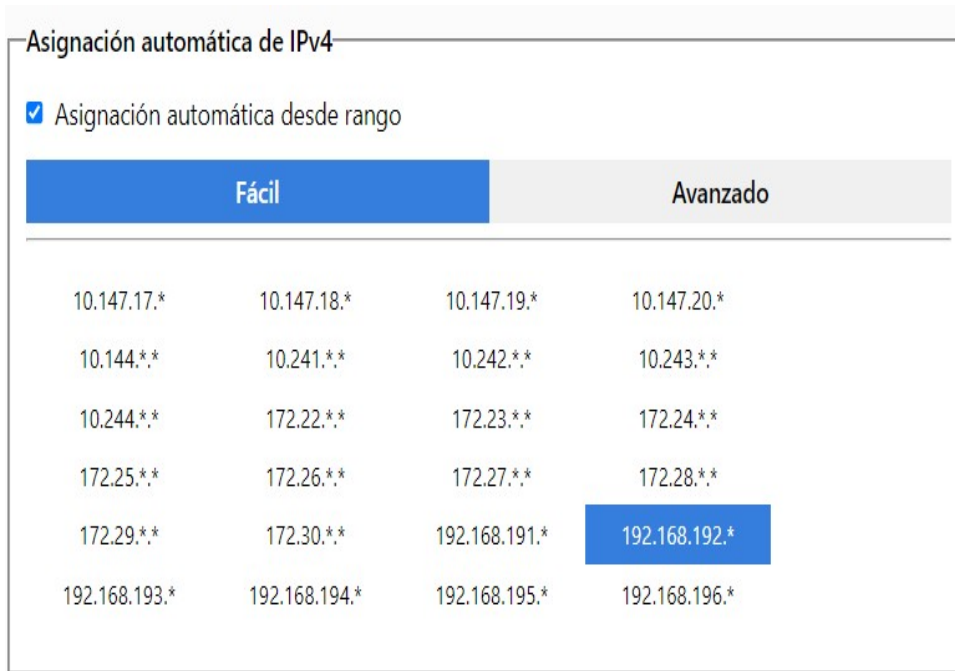
Configuración del ID y privilegios de comunicación



Por otro lado, el rango para la dirección IP que asigna para este caso es **192.168.192.0/24** y mediante esta dirección se puede realizar una asignación a cada dispositivo para tener una comunicación de forma remota desde cualquier lugar, en la **figura 25** se indica la asignación de rango de direccionamiento IP.

Figura 25

Asignación de rango IP



Una vez asignado el rango de dirección por la cual se van a comunicar los dispositivos entre sí, en Zerotier se procede asignar a los equipos dentro de la red y darles acceso para con la finalidad de que la comunicación sea segura y confiable. En la Figura 26 se observa el listado de equipos asignados en la plataforma Zerotier.

Figura 26

Lista de equipos asignados a Zerotier

¿Autenticación?	DIRECCIÓN	Nombre/Descripción	IP administradas	Ultima vez visto	Versión	IP física
<input checked="" type="checkbox"/>	496a413dbd 2e:d4:b3:1b:f5:da	PC TOSHIBA RED LOCAL	192.168.192.40 192.168.192.x	1 MINUTO	1.10.6	45.70.201.164
<input checked="" type="checkbox"/>	62244b1e04 2e:ff:fd:11:db:63	CELULAR SAMSUNG RED CLARO	192.168.192.30 192.168.192.x	MENOS DE UN MINUTO	1.12.0	190.63.99.179
<input checked="" type="checkbox"/>	7dbf7c132e 2e:e0:66:26:d6:49	CELULAR REALME RED LOCAL	192.168.192.60 192.168.192.x	1 MINUTO	1.12.0	45.70.201.164
<input checked="" type="checkbox"/>	f4da2a4fbf 2e:69:03:70:8a:d8	Raspberry Pi RED LOCAL	192.168.192.20 192.168.192.x	1 MINUTO	1.12.2	45.70.201.164

Finalmente, para crear una ruta y acceder a la red física en donde se encuentre el PLC, en el **ANEXO 2** se detalla la configuración que se realizó en la raspberry pi para configurar la ruta que administrara Zerotier. En el apartado rutas gestionadas en

Zerotier se debe especificar la ruta por la cual se requiere tener acceso en este caso la IP (**192.168.0.0/24**) y mediante qué equipo se accede, para esta aplicación se coloca la IP que tiene la PI (**192.168.192.20**) en la red virtual. En la figura se indica la configuración que se asigna a la PI

Figura 27

Configuración de rutas en Zerotier



2.3 Validación de la propuesta

Para la validación de la propuesta se eligió a tres profesionales involucrados en el área de la automatización y comunicaciones, mediante los criterios se pudo concluir que el proyecto es bastante aceptable y de aplicación en las industrias. en el [ANEXO 6](#) se muestran los documentos firmados por los evaluadores del proyecto.

Tabla 5 Datos de los validadores

Nombres y Apellidos	Años de Experiencia	Titulación Académica	Cargo
Cristian Mauricio Chinchuña Iza	4 años	Ingeniero en Electrónica y Comunicaciones Magister en Electrónica y Automatización	Profesional de Operación - SCADA CENEL-EP
Erick Esteven Zambrano Valencia	4 años	Ingeniero en Electrónica y Comunicaciones Magister en Telecomunicaciones	Coordinador Técnico TELCONET S.A.
Edison Xavier López Bautista	2 años	Ingeniero Eléctrico en Sistemas Eléctricos de Potencia	Técnico Eléctrico Provenzana Brnas del Ecuador

Tabla 6

Escala de Evaluación Cristian Chinchuña

CRITERIOS	EVALUACIÓN SEGÚN IMPORTNCIA Y REPRESENTATIVIDAD				
	En Total Desacuerdo	En Desacuerdo	Ni de Acuerdo Ni en desacuerdo	De Acuerdo	Totalmente Acuerdo
Impacto					x
Aplicabilidad					x
Conceptualización					x
Actualidad					x
Calidad Técnica				x	
Factibilidad					x
Pertinencia					x

Tabla 7

Escala de Evaluación Erick Zambrano

CRITERIOS	EVALUACIÓN SEGÚN IMPORTNCIA Y REPRESENTATIVIDAD				
	En Total Desacuerdo	En Desacuerdo	Ni de Acuerdo Ni en desacuerdo	De Acuerdo	Totalmente Acuerdo
Impacto					x
Aplicabilidad					x
Conceptualización					x
Actualidad					x
Calidad Técnica					x
Factibilidad					x
Pertinencia				x	

Tabla 8

Escala de Evaluación Xavier López

CRITERIOS	EVALUACIÓN SEGÚN IMPORTNCIA Y REPRESENTATIVIDAD				
	En Total Desacuerdo	En Desacuerdo	Ni de Acuerdo Ni en desacuerdo	De Acuerdo	Totalmente Acuerdo
Impacto					x
Aplicabilidad					x
Conceptualización					x
Actualidad				x	
Calidad Técnica					x
Factibilidad					x
Pertinencia				x	

2.4 Matriz de articulación de la propuesta

En la presente matriz se sintetiza la articulación del producto realizado con los sustentos teóricos, metodológicos, estratégicos-técnicos y tecnológicos empleados.

Tabla9.

Matriz de articulación

Ejes o partes principales del proyecto	Breve descripción de los resultados de cada parte	Sustento teórico que se aplicó en la construcción del proyecto	Metodologías, herramientas técnicas y tecnológicas que se emplearon
1 Definición: Se definen los dispositivos como sensores, actuadores y PLC	1.1. Selección de sensores, PLC 1.2. Tablas de direccionamiento de elementos 1.3. Tomas de decisiones en base a funcionalidades y beneficios.	Sistema de bombeo Internet de las Cosas Automatización industrial Comunicaciones Ethernet Internet industrial de las cosas Conexión remota Zerotier	Se utilizó una revisión bibliográfica de tipos de controles, internet de las cosas, conexiones remotas.
2 Diseño: Tipo de controlador adecuado para la automatización, selección del software basado en la web	2.1. PLC S7 1200 2.2. Circuito eléctrico de potencia 2.3. Circuito eléctrico de control	Programación de PLC Aplicaciones de diseño de planos de mando y potencia AutoCAD electrical, Cade Simu, Tia Portal	Se utilizó un sistema operativo raspbian para la instalación de node-red, autocad electrical para el diseño de los

	para el diseño de la interfaz HMI	2.4 Interfaz HMI basada en la Web		planos y la programación del PLC.
3	Implementación: Montaje del tablero de control, montaje de sensores para la lectura de estados. Programación del sistema de control, diseño de la interfaz HMI. Configuración de la VPN mediante Zerotier.	3.2. Control de nivel 3.3. Aplicaciones de programación 3.4 Control de bombas 3.5. Instalaciones eléctricas de control y comunicaciones	Instalaciones eléctricas industriales Comunicaciones inalámbricas y por cable Desarrollo de bases de datos Protocolos de comunicación Conexiones VPN	Montaje del tablero de control bajo planos de diseño eléctrico. Conexión física de sensores, actuadores Protocolo de comunicación TCP/IP con la interfaz HMI y PLC Conexión remota hacia el PLC y HMI.

2.5 Análisis de resultados. Presentación y discusión.

Una vez implementada la interfaz HMI para el control y monitoreo del sistema de bombeo en el conjunto habitacional Rivotorto, se realizaron varias pruebas de funcionamiento con todo el sistema integrado.

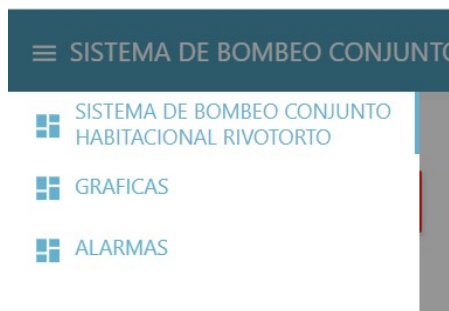
Funcionalidad de la Interfaz HMI

Para verificar el funcionamiento de la interfaz HMI se realizaron varias pruebas conjuntamente con los miembros directivos encargados del conjunto, así como también la persona que se encarga de verificar el funcionamiento del sistema de bombeo.

Al presionar en el menú principal se despliega una lista de opciones donde se tiene pantallas para el HMI principal, Alarmas y Gráficas como se muestra en la figura 28.

Figura 28

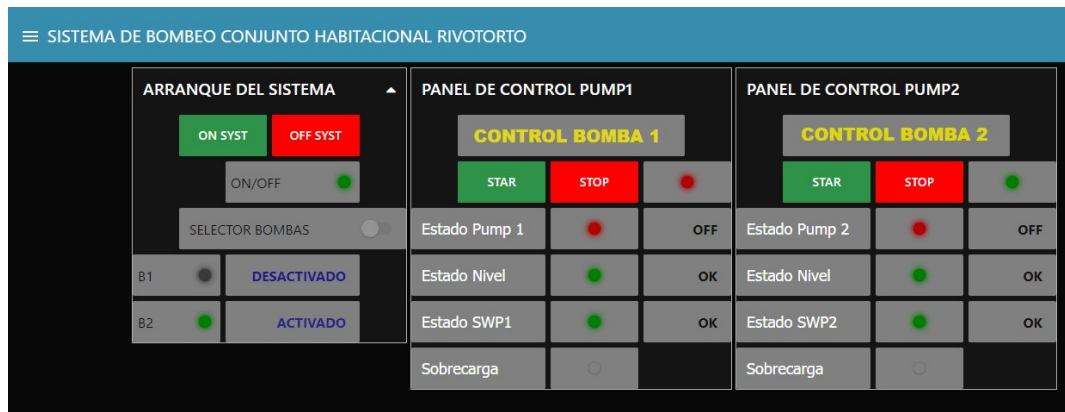
Menú principal de la interfaz HMI



Al presionar sobre la opción SISTEMA DE MONITOREO CONJUNTO HABITACIONAL RIBOTORTO automáticamente se despliega la interfaz principal que consta de diferentes secciones donde se puede monitorizar las variables del sistema, estados de los equipos en tiempo real y de la misma manera el controlar los diferentes dispositivos.

Figura 29

Interfaz HMI basada en Node-red



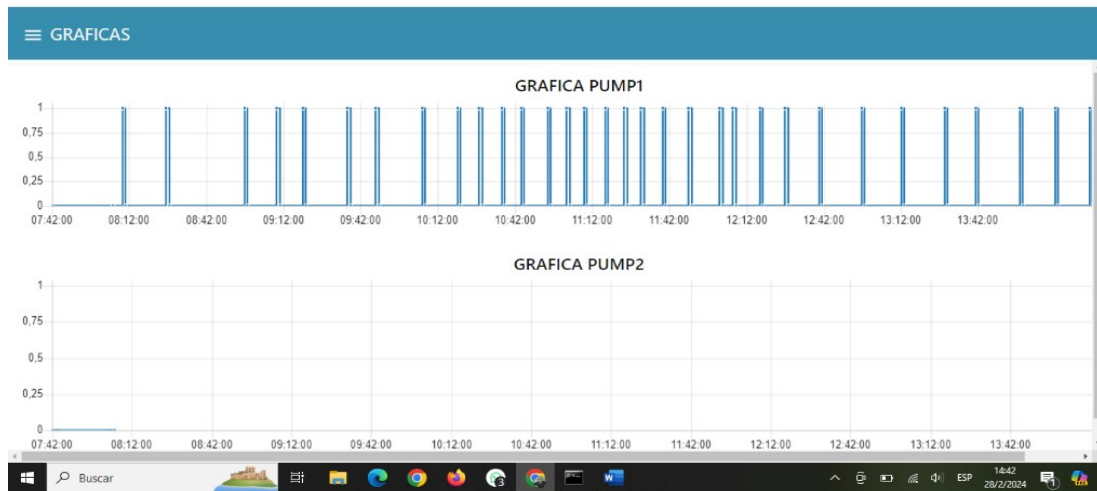
En esta pantalla se observa dos botones ON SYST, OFF SYSTE dichos elementos sirven para dar inicio al arranque del proceso general, una vez encendido el sistema el operador puede elegir que bomba prender con el selector, al seleccionar la bomba que se requiera automáticamente se activan los botones STAR, STOP, mediante estos botones se puede controlar en encendido y apagado de las bombas en dependencia de los valores tanto de nivel como presión que tenga la cisterna en ese momento.

Pantalla de Graficas

Al presionar sobre la opción graficas automáticamente se muestra una pantalla con las gráficas de funcionamiento de la bomba 1 y bomba 2, donde se verifica el tiempo que permanece prendida la bomba1, en la figura 30 se puede observar el comportamiento de encendido y apagado de la bomba 1.

Figura 30

Grafica Bomba 1 y Bomba 2

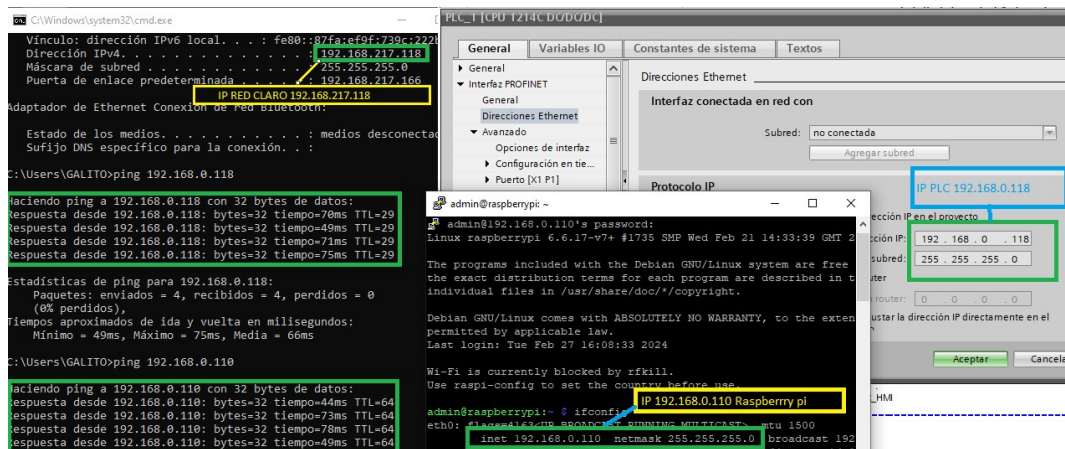


Comunicación remota con el PLC y la Interfaz HMI

Una vez realizadas las pruebas de funcionamiento de forma local se procede a realizar la conexión remota para acceder a los equipos físicos que se encuentran en la red local, en este caso la red externa tiene la IP 192.168.217.118 y la red a la cual se conecta 192.168.0.0/24, es decir todos los equipos que se encuentran en la red local es el PLC con la IP 192.168.0.118 y Raspberry pi con la IP 192.168.0.110, podrán intercambiar información con la red externa, para comprobar que existe conexión se realizó un ping a cada uno de los dispositivos como se muestra en la figura 31.

Figura 31

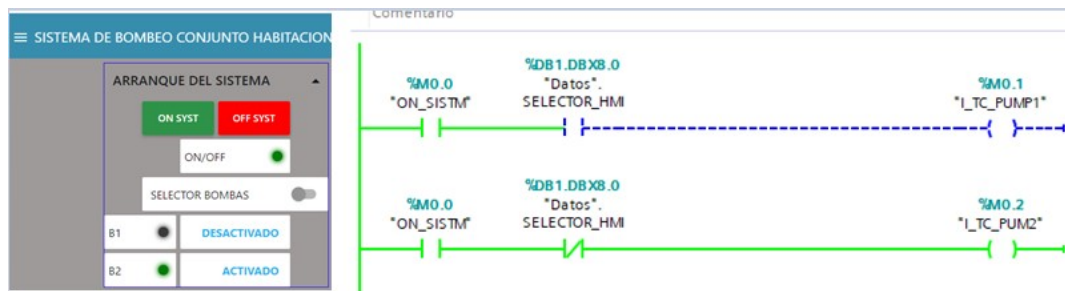
Conexión remota entre el PLC y red externa



En la figura 32 se indica la conexión remota donde al presionar el selector de bombas inmediatamente cambia de estado en la programación TIA portal, de esta manera queda demostrado que se puede conectar de forma remota a la interfaz HMI y a los equipos físicos garantizando que la comunicación es rápida y segura.

Figura 32

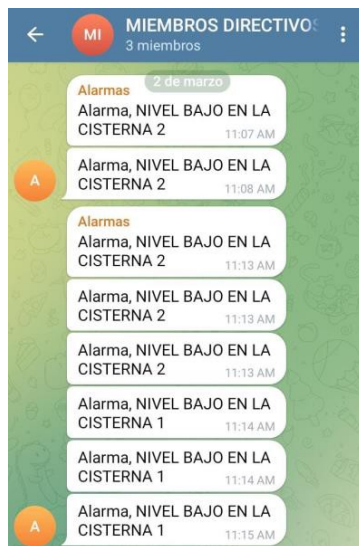
Conexion remota de la interfaz HMI con TIA PORTAL



Notificación de alarmas

Al generarse un evento en el proceso, como falta de líquido en la cisterna, sobrecarga de las bombas el sistema es capaz de enviar un mensaje de alerta a la plataforma Telegram, donde se encuentran agregados en un grupo el personal encargado de la administración del conjunto, en la Figura 33 se muestra el evento que se envió por falta de nivel en las dos cisternas.

Figura 33: *Notificación de alarmas a telegrama*

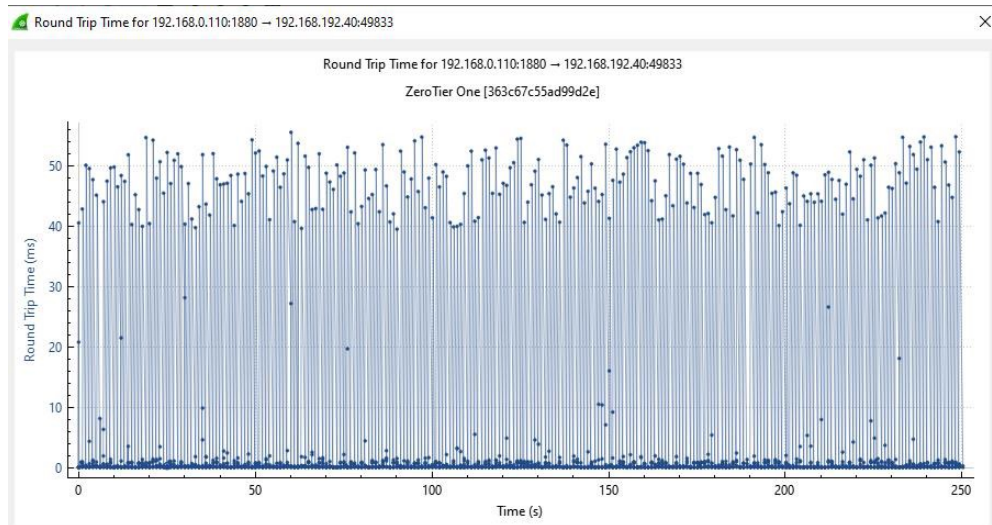


Latencia de red

Con la ayuda de la herramienta Wireshark se obtuvo las estadísticas de latencia en la red durante un tiempo de 250ms, como se muestra en la Figura 34.

Figura 34

Latencia de la red



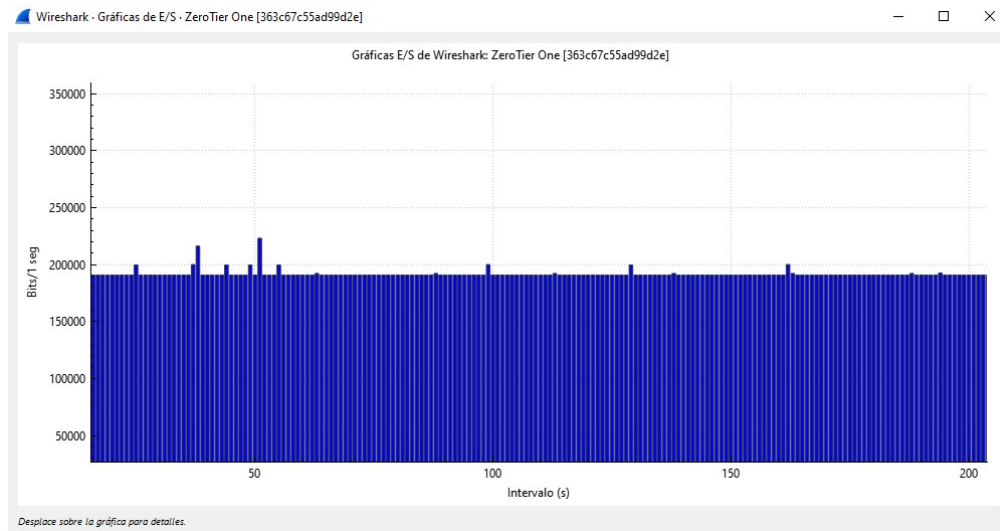
Se puede observar que el tiempo de ida y vuelta de protocolo TCP entre la dirección **192.168.192.40:55946** hasta **192.168.0.110:1880**, está por debajo de los 40 ms y en algunas ocasiones alcanzó un máximo de 50ms, teniendo como resultado que la latencia de red es baja lo cual garantiza que el tiempo de respuesta entre el medio virtual y físico es inmediato por lo tanto la comunicación remota es garantizada y efectiva.

Ancho de banda Consumido

La herramienta Gráficas E/S de Wireshark proporciona un análisis del tráfico de información de la comunicación remota. El tiempo que se llevó a cabo el estudio es de 200s.

Figura 35

Consumo del Ancho de Banda



Una vez realizado el análisis del protocolo de comunicación TCP en la red de comunicación remota se obtuvo que el consumo del ancho de banda alcanza un valor de 180000 bis/s es decir que para conectarse desde la red remota hacia el servidor Node-red y PLC el ancho de banda requerido para garantizar dicha comunicación es de 0.18Mbits/s

CONCLUSIONES

En base a los resultados y hallazgos obtenidos durante el proceso de investigación, se llegaron a determinar las siguientes conclusiones.

- Al realizar la automatización en el sistema de bombeo del conjunto habitacional Rivortorto, se identificaron los sensores de nivel con las características necesarias para monitorizar el nivel de las cisternas, pressure switch para detectar estado de presión que existe en la tubería, de la misma manera la capacidad de procesamiento del PLC para el control de las bombas encargadas de suministrar agua a todo el conjunto.
- Mediante la utilización del software TIA-PORTAL y el diagrama Ladder, se llevó a cabo la programación en el controlador lógico programable cumpliendo con todas las condiciones necesarias para controlar el sistema, permitiendo de esta manera realizar todas las pruebas de la lógica de control y ejecutar cambios de manera rápida y eficiente.
- Mediante la plataforma de software libre Node-red se desarrolló el diseño de la interfaz HMI capaz de integrar estados de sensores, actuadores, botones y mostrar en una pantalla el proceso a monitorizar y controlar desde cualquier dispositivo inteligente, por medio del protocolo de comunicación TCP/IP, permitiendo que el operario pueda supervisar y controlar el sistema automatizado en línea.
- Para la configuración de conexión remota se utilizó una minicomputadora Raspberry pi con todas las características requeridas por el software Zerotier con un sistema operativo Raspbian, capaz de realizar una creación el puente entre la red virtual y la red física a la cual se quiere acceder remotamente.
- Una vez puesto en marcha el sistema se realizaron todas las pruebas requeridas con la finalidad de garantizar que el desarrollo del proyecto basado en el internet industrial de las cosas, donde se puede determinar que el control y monitoreo de forma local y remota se realiza en tiempo real y de manera eficiente. Además, esta aplicación se puede implementar en cualquier industria optimizando recursos, tiempo y ahorrando dinero.

RECOMENDACIONES

- ✓ Realizar un análisis y verificación detallado de los parámetros técnicos de cada uno de los sensores, actuadores, dispositivos de control permitirá llevar a cabo la utilización de los mismos en cualquier sistema de bombeo que se requiera automatizar.
- ✓ Es indispensable conocer los diferentes lenguajes de programación y sus aplicaciones en los sistemas de control, para de esta manera poder determinar cuál lenguaje es más adecuado y fácil de utilizar para diseñar cualquier lógica de programación y de esta manera automatizar desde procesos industriales pequeños hasta procesos sumamente grandes.
- ✓ Es importante saber las ventajas, aplicaciones de las plataformas situadas en la web y seleccionar las más adecuada de manera que cuando se desarrollen interfaces graficas (HMI) muestren al usuario toda la información necesaria de la integración de procesos industriales y a la vez que la configuración para enlazar un PLC sea rápida, eficiente y totalmente segura.
- ✓ Conocer la cantidad de aplicaciones del internet industrial de las cosas (IOT), una de ellas la conexión remota para monitorizar y controlar un proceso industrial a distancia, ayudará a las personas encargadas de los procesos industriales a que tengan la facilidad de conocer el estado de un determinado proceso, sin acudir a la planta de cualquier sitio simplemente con acceso a internet y de esta manera tomar las medidas necesarias para solucionar los problemas y mejorar el rendimiento de la producción.

BIBLIOGRAFÍA

Bibliografía

- Barahona, C. (Marzo de 2023). Automatización del Proceso de Corte de Perfilaría de la Empresa Construalvid Mediante el uso de Sistemas Inteligentes lot. Ambato, Tungurahua, Ecuador: Universidad Técnica de Ambato.
- Barahona, V. (2017). *Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE*. <https://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/21000/13718/T-ESPEL-EMI-0336.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Barahona, V. C. (2017). *Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE*. <https://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/21000/13718/T-ESPEL-EMI-0336.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Blanco, A. V. (Julio de 2017). *Universidad Politécnica de Madrid* . https://oa.upm.es/48933/1/TFG_ROBERT_ALEXANDER_VAZEUX_BLANCO.pdf
- Bustillos, O. (Noviembre de 2001). *Universida del Oriente Venezuela*. https://jorgehaph.files.wordpress.com/2012/03/manual_de_instrumentacion1.pdf
- López, J. (Marzo de 2023). Control automático de nivel del separador de gas de planta productora Shushufindi. Quito, Pichincha, Ecuador: Universidad Tecnológica Israel.
- Navas, M. (2015). El Internet Industrial de las Cosas. En *Industrial Internet of Things* (pág. 60). National Instruments.
- Ochoa, P. (2013). *Escuela Superior Politecnica de Chimborazo "ESPOCH"*. <https://es.slideshare.net/andresitoito/presin-relativa-presostatos-y-transmisores-instrumentacion>
- Pantusin, F. (1 de Septiembre de 2023). Diseño e implementación de una red industrial HART que permita el diagnóstico y configuración de los transmisores de caudal y nivel, para el monitoreo y control de procesos, con un enfoque IoT. Latacunga, Cotopaxi, Ecuador: Universidad de las Fuerzas Armadas.
- Pérez, M. Á. (Noviembre de 2021). *Universida de Jaén* . <https://weblab.ujaen.es/TFG/2021-11-NodeRed-MoralMiguelAngel-TFG.pdf>
- Rojas, D. (2017). *Universidad Nacional de Peru*. Retrieved 26 de Diciembre de 2023, from <https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/3677/Rojas%20Perez.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Segovia, L. (Septiembre de 2021). Sistema Scada basado en Raspberry pi para la Monitorización de una instalación Fotovoltaica. Córdoba, Argentina : Universidad de Córdoba.
- Siemens. (07 de Diciembre de 2015). *Manual de manejo TiaPrtaI Siemens* . <https://es.slideshare.net/johnpir/manual-manejo-tia-portal-siemens>
- Zapata Mireya, T. L. (2021). Fundamentos de Automatización y Redes Industriales. UNIVERSIDAD INDOAMERICA.

Zapata, M., Topón, L., & Tipán, E. (2021). Fundamentos de Automatización y Redes Industriales. UNIVERSIDAD INDOAMERICA.

Zerotier. (26 de 02 de 2024). *ZEROTIER*. <https://www.zerotier.com/>

ANEXOS

ANEXO 1 Ensamble y montaje del tablero de control

Ensamble y conexión de todos los elementos necesarios para el control del sistema de bombeo



Montaje del tablero en el área de control del sistema de bombeo



Pruebas FAT y SAT del sistema instalado



Funcionamiento local del sistema de control automatizado



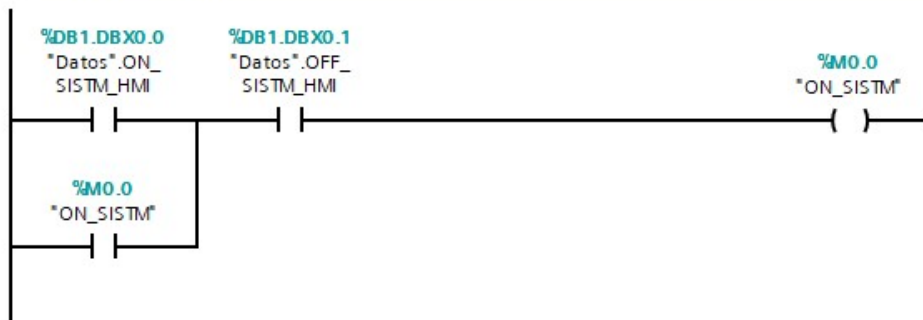
ANEXO 2 Programación de sistema de control en TIA-PORTAL

Programación en TIA PORTAL del control de bombas en el sistema de bombeo

Variables PLC									
	Nombre	Tabla de variables	Tipo de datos	Dirección	Rema...	Acces...	Escrib...	Visibl...	Comenta
1	PUMP1	Tabla de variabl...	Bool	%Q0.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
2	ENTRADA	Tabla de variables e..	Int	%IW66		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
3	FLT_CSTRN1	Tabla de variables e..	Bool	%IO.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
4	INT	Tabla de variables e..	Word	%MW100		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
5	PUMP2	Tabla de variables e..	Bool	%Q0.1		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
6	SWP_CSTRN1	Tabla de variables e..	Bool	%IO.1		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
7	FLT_CSTRN2	Tabla de variables e..	Bool	%IO.2		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
8	SWP_CSTRN2	Tabla de variables e..	Bool	%IO.3		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
9	ON_SISTM	Tabla de variables e..	Bool	%MO.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
10	I_TC_PUMP1	Tabla de variables e..	Bool	%MO.1		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
11	I_TC_PUM2	Tabla de variables e..	Bool	%MO.2		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
12	AUX_PUMP1	Tabla de variables e..	Bool	%MO.3		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
13	AUX_PUMP2	Tabla de variables e..	Bool	%MO.4		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
14	INDICADOR_FLT1	Tabla de variables e..	Bool	%MO.5		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
15	INDICADOR_SWP1	Tabla de variables e..	Bool	%MO.6		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
16	INDICADOR_FLT2	Tabla de variables e..	Bool	%MO.7		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
17	INDICADOR_SWP2	Tabla de variables e..	Bool	%M1.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
18	RELE_TERMICO_PUMP1	Tabla de variables e..	Bool	%IO.4		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
19	ALARMA_PUMP1	Tabla de variables e..	Bool	%M1.2		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
20	RELE_TERMICO_PUMP2	Tabla de variables e..	Bool	%IO.5		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
21	ALARMA_PUMP2	Tabla de variables e..	Bool	%M1.4		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	

Segmento 1:

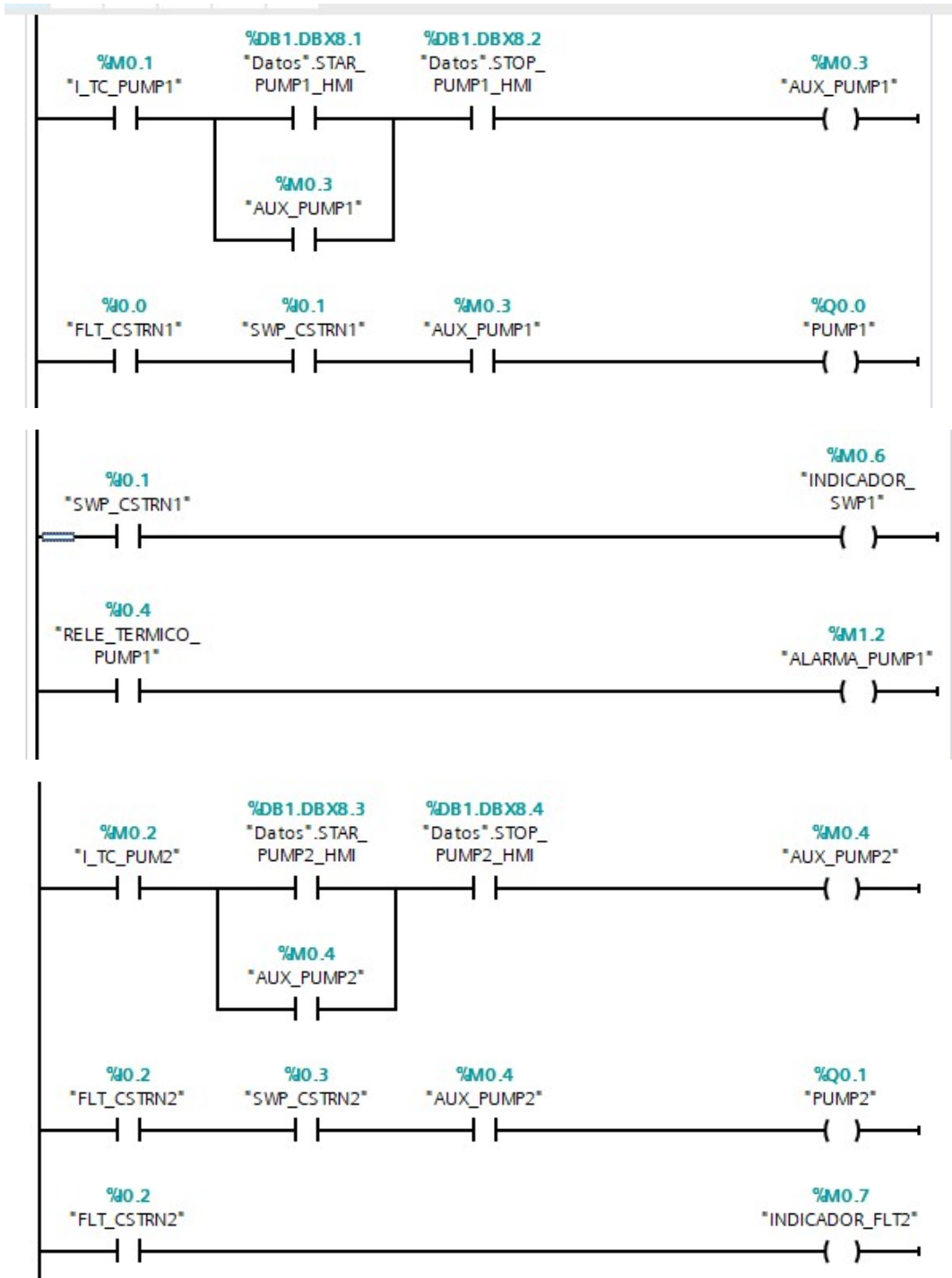
ARRANQUE DEL SISTEMA

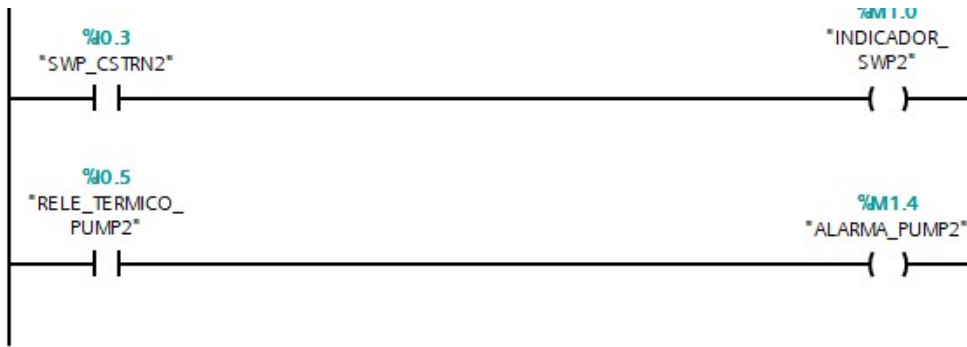


Segmento 2:

Comentario

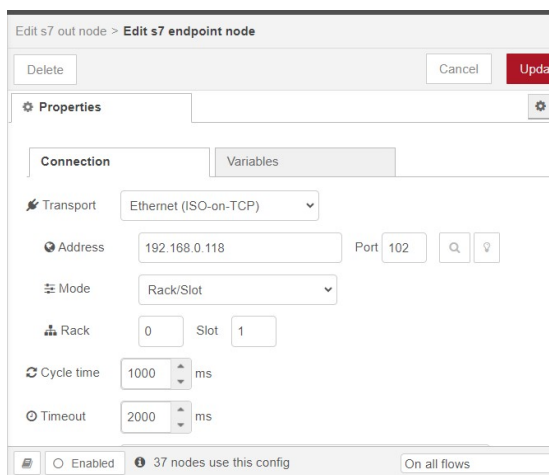




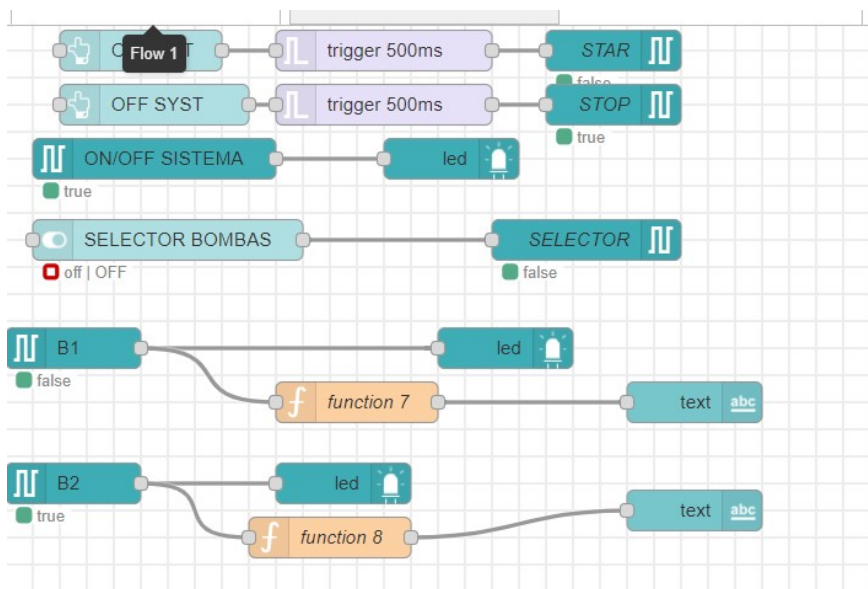


ANEXO 3: Diseño de la Interfaz HMI basado en Node-red

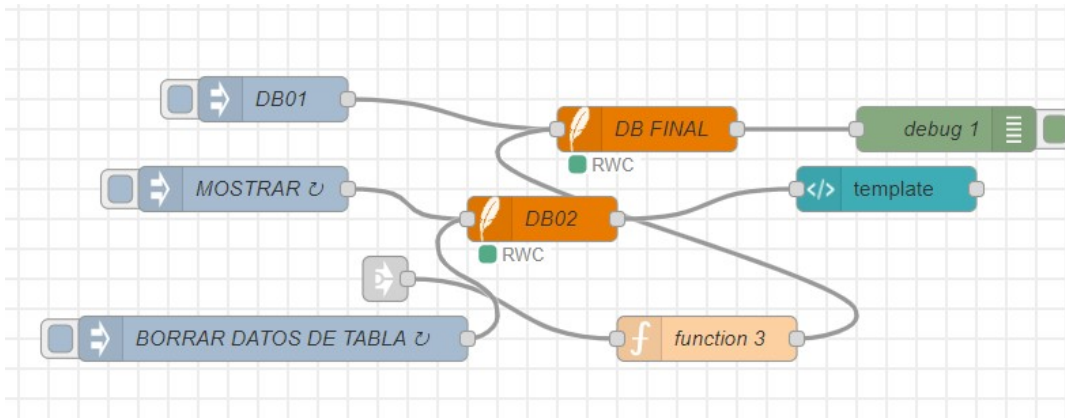
Configuración de la dirección IP del PLC con Node-red



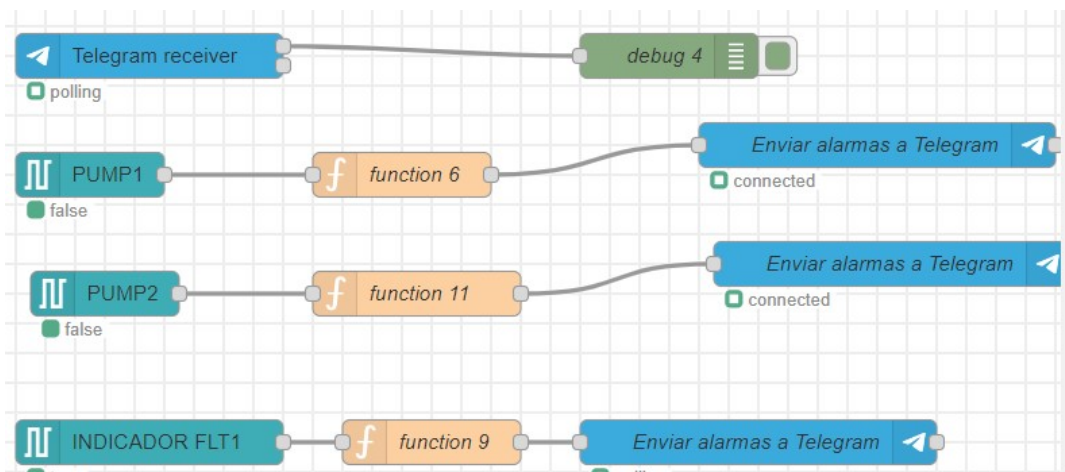
Configuración de nodos para la conexión del PLC con Node-red



Creación de una base de datos para almacenar los eventos del sistema



Creación de eventos de alarmas que se envían a la plataforma Telegram



Diseño de la interfaz HMI



Esta interfaz esta desarrollada para monitorizar estados de los dispositivos conectados en campo como por ejemplo nivel, presión, bombas

ANEXO 4: Configuración de la VPN en Raspberry PI

```
sudo apt update
sudo apt upgrade
```

```
sudo zerotier-cli join 363c67c55ad99d2e
sudo zerotier-cli listnetworks
```

----ir a zerotier----

```
sudo zerotier-cli listnetworks
```

----configuraremos un reenvió automático de nuestra IP publica hacia Zerotier----

```
sudo nano /etc/sysctl.conf
```

----Como siguiente paso debemos de habilitarlo----

```
sudo sysctl -w net.ipv4.ip_forward=1
```

----Ahora debemos agregar unas reglas iptables----

```
PHY_IFACE=eth0; ZT_IFACE=#####
sudo iptables -t nat -A POSTROUTING -o $PHY_IFACE -j MASQUERADE
sudo iptables -A FORWARD -i $PHY_IFACE -o $ZT_IFACE -m state --
state RELATED,ESTABLISHED -j ACCEPT
sudo iptables -A FORWARD -i $ZT_IFACE -o $PHY_IFACE -j ACCEPT
```

----Como último paso guarde las reglas de iptables para el próximo arranque----

```
sudo apt install iptables-persistent
sudo bash -c iptables-save > /etc/iptables/rules.v4
```

ANEXOS Características de equipos



SIMATIC S7-1200, CPU 1214C, compact CPU, DC/DC/DC, onboard I/O: 14 DI 24 V DC; 10 DO 24 V DC; 2 AI 0-10 V DC, Power supply: DC 20.4-28.8V DC, Program/data memory 75 KB

General information	
Product type designation	CPU 1214C DC/DC/DC
Engineering with	<ul style="list-style-type: none"> Programming package
	STEP 7 V11 SP2 or higher
Supply voltage	
Rated value (DC)	
<ul style="list-style-type: none"> 24 V DC 	Yes
permissible range, lower limit (DC)	20.4 V
permissible range, upper limit (DC)	28.8 V
Load voltage L+	
<ul style="list-style-type: none"> Rated value (DC) permissible range, lower limit (DC) permissible range, upper limit (DC) 	24 V 20.4 V 28.8 V
Input current	
Current consumption, max.	1.5 A; 24 V DC
Inrush current, max.	12 A; at 28.8 V
Output current	
for backplane bus (5 V DC), max.	1 600 mA; Max. 5 V DC for SM and CM
Encoder supply	
24 V encoder supply	
<ul style="list-style-type: none"> 24 V 	Permissible range: 20.4V to 28.8V
Power loss	
Power loss, typ.	12 W
Memory	
Work memory	
<ul style="list-style-type: none"> integrated 	75 kbyte



Raspberry Pi



Raspberry Pi 3 Model B

Product Name Raspberry Pi 3

Product Description The Raspberry Pi 3 Model B is the third generation Raspberry Pi. This powerful credit-card sized single board computer can be used for many applications and supersedes the original Raspberry Pi Model B+ and Raspberry Pi 2 Model B. Whilst maintaining the popular board format the Raspberry Pi 3 Model B brings you a more powerful processor: 10x faster than the first generation Raspberry Pi. Additionally it adds wireless LAN & Bluetooth connectivity making it the ideal solution for powerful connected designs.

RS Part Number 896-8660

Raspberry Pi 3 Model B

Specifications

Processor	Broadcom BCM2387 chipset. 1.2GHz Quad-Core ARM Cortex-A53 802.11 b/g/n Wireless LAN and Bluetooth 4.1 (Bluetooth Classic and LE)
GPU	Dual Core VideoCore IV® Multimedia Co-Processor. Provides Open GL ES 2.0, hardware-accelerated OpenVG, and 1080p30 H.264 high-profile decode. Capable of 1Gpixel/s, 1.5Gtexel/s or 24GFLOPs with texture filtering and DMA infrastructure
Memory	1GB LPDDR2
Operating System	Boots from Micro SD card, running a version of the Linux operating system or Windows 10 IoT
Dimensions	85 x 56 x 17mm
Power	Micro USB socket 5V1, 2.5A
<hr/>	
Connectors:	
Ethernet	10/100 BaseT Ethernet socket
Video Output	HDMI (rev 1.3 & 1.4) Composite RCA (PAL and NTSC)
Audio Output	Audio Output 3.5mm jack, HDMI USB 4 x USB 2.0 Connector
GPIO Connector	40-pin 2.54 mm (100 mil) expansion header; 2x20 strip Providing 27 GPIO pins as well as +3.3 V, +5 V and GND supply lines
Camera Connector	15-pin MIPI Camera Serial Interface (CSI-2)
Display Connector	Display Serial Interface (DSI) 15 way flat flex cable connector with two data lanes and a clock lane
Memory Card Slot	Push/pull Micro SDIO

SENSOR DE NIVEL RECTANGULAR (FLOTADOR)



o Color	Azul
o Material	Plastico
o Voltaje nominal	110V / 220V / 250 VAC
o Corriente Maxima	15 (5) A: 15 (8) A
o Clase de protección	IP 68
o Temperatura de funcionamiento:	50°C
o Frecuencia	50-60Hz
o Longitud del cable: 3m	3mts

ANEXO 6 Validación de la Propuesta



Yo, **Cristian Mauricio Chinchuña Iza**, con C.I **0503347585**, en mi calidad de validador de la propuesta del proyecto titulado: **Implementación de una interfaz HMI basado en software libre Node Red para el control, monitoreo local y remoto del sistema de bombeo en el conjunto habitacional Rivotorto.**

Elaborado por el Ing. **Galo Fabian Quintana Tenorio**, con C.I **0503387094**, estudiante de la Maestría en Electrónica y Automatización de la Universidad Tecnológica Israel (UISRAEL), como parte de los requisitos para obtener el Título de Magister, me permito declarar haber revisado el proyecto y realizado la evaluación de criterios.

Quito D.M., 08 de marzo de 2024



Cristian Mauricio Chinchuña Iza

C.I 0503347585

Registro SENESCYT: 1010-2019-2119002



Yo, **Edison Xavier López Bautista**, con C.I 0503962052, en mi calidad de validador de la propuesta del proyecto titulado: **Implementación de una interfaz HMI basado en software libre Node Red para el control, monitoreo local y remoto del sistema de bombeo en el conjunto habitacional Rivortorto.**

Elaborado por el Ing. **Galo Fabian Quintana Tenorio**, con C.I 0503387094, estudiante de la Maestría en Electrónica y Automatización de la Universidad Tecnológica Israel (UISRAEL), como parte de los requisitos para obtener el Título de Magister, me permito declarar haber revisado el proyecto y realizado la evaluación de criterios.

Quito D.M., 08 de marzo de 2024

Edison Xavier López Bautista

C.I 0503962052

Registro SENESCYT: 1020-2022-2446847



Yo, **Erick Steven Zambrano Valencia**, con C.I **1313660902**, en mi calidad de validador de la propuesta del proyecto titulado: **Implementación de una interfaz HMI basado en software libre Node Red para el control, monitoreo local y remoto del sistema de bombeo en el conjunto habitacional Rivotorto.**

Elaborado por el Ing. **Galo Fabian Quintana Tenorio**, con C.I **0503387094**, estudiante de la Maestría en Electrónica y Automatización de la Universidad Tecnológica Israel (UISRAEL), como parte de los requisitos para obtener el Título de Magister, me permito declarar haber revisado el proyecto y realizado la evaluación de criterios.

Quito D.M., 08 de marzo de 2024

Erick Steven Zambrano Valencia

C.I 1313660902

Registro SENESCYT: 1051-2022-2459312