



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA, AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL

TEMA:

“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MONITOREO Y GESTIÓN IOT DE LOS PUENTES GRÚA DE LA EMPRESA SEDEMI S.C.C. USANDO ZIGBEE Y SIMATIC IOT2040”

Elaborador por:
Renny David Coro Maisincho

Director del Proyecto:
Ing. Daniel Triviño, MSc

Sangolquí - 2022



AGENDA

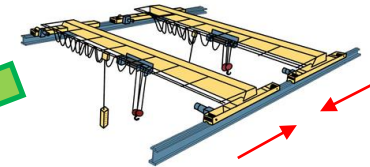
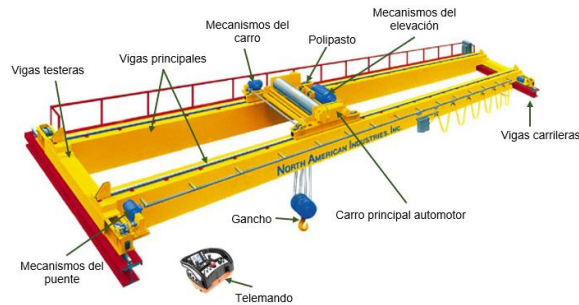
- 1.- Antecedentes
- 2.- Justificación e importancia
- 3.- Objetivos del proyecto
- 4.- Desarrollo
- 5.- Implementación
- 6.- Pruebas de funcionamiento
- 7.- Conclusiones y Recomendaciones

ANTECEDENTES

SEDEMI



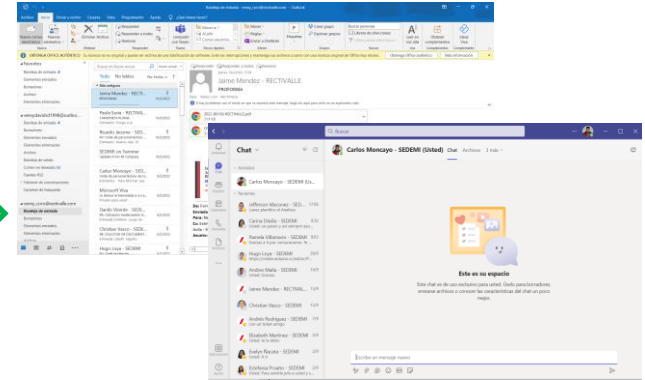
Puentes grúa



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

Requerimiento para el mantenimiento



Equipos de monitorización



Automatismos



Equipos y sistemas desarrollados por los fabricantes

OBJETIVOS DEL PROYECTO

Objetivo general

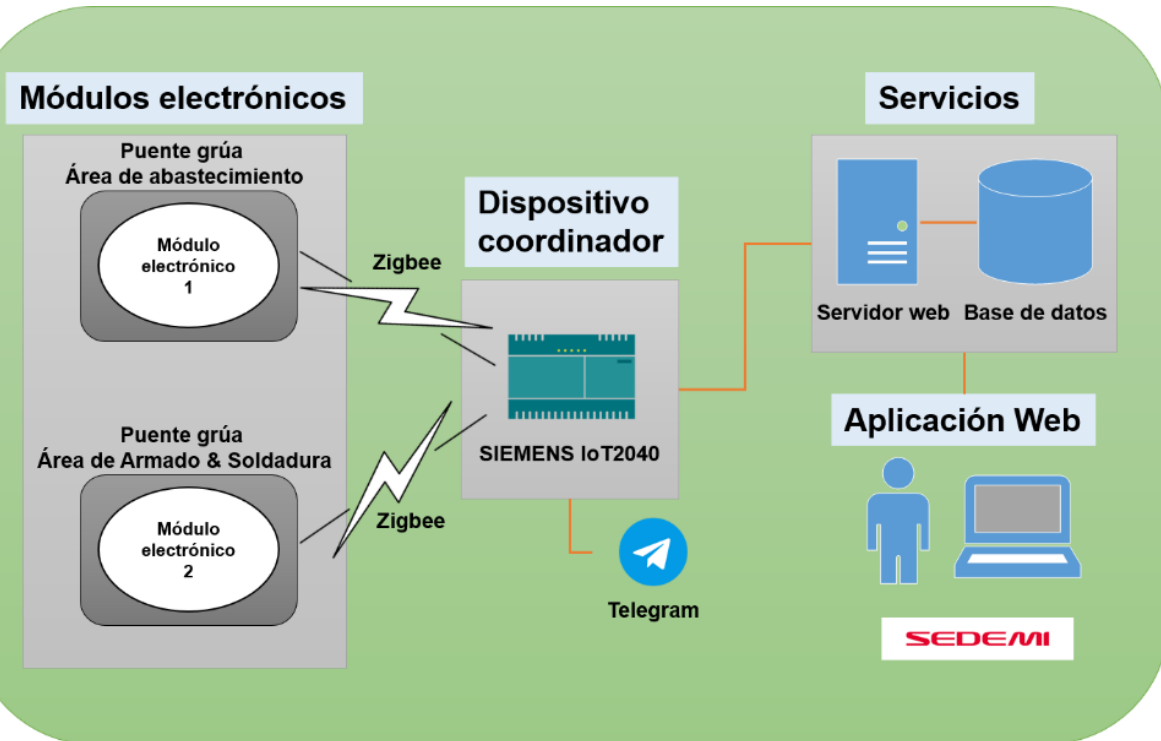
Diseñar e implementar un sistema de monitoreo y gestión del uso y funcionamiento de los puentes grúa de la empresa SEDEMI S.C.C. a través de tecnología ZigBee y la pasarela SIMATIC IOT2040.

Objetivos específicos

- Caracterizar el sistema de control actual de los puentes grúa para identificar las señales control que permitan obtener los parámetros solicitados por el área de mantenimiento de la empresa SEDEMI S.C.C.
- Diseñar los módulos electrónicos para la adquisición de datos sobre el uso de los puentes grúa y transmisión a través del protocolo de comunicación ZigBee dentro de las áreas de Abastecimiento y Armado Y Soldadura.
- Diseñar una aplicación web empleando indicadores y gráficas históricas para la visualización del funcionamiento de los puentes grúa.
- Desarrollar un sistema de notificación basado en un chatbot de Telegram para la comunicación sobre el estado de los puentes grúa durante su funcionamiento.
- Comprobar el desempeño del sistema implementado a base de un protocolo de pruebas.

DESARROLLO

Esquema general del sistema



Requerimientos de hardware funcionales

- Voltajes de alimentación
- Elemento de protección
- Elementos de mando o maniobra
- Microcontrolador
- Dispositivo de comunicación inalámbrica
- Pasarela inteligente

Requerimiento de hardware no funcional

- Periféricos de salida

Requerimientos de software funcionales

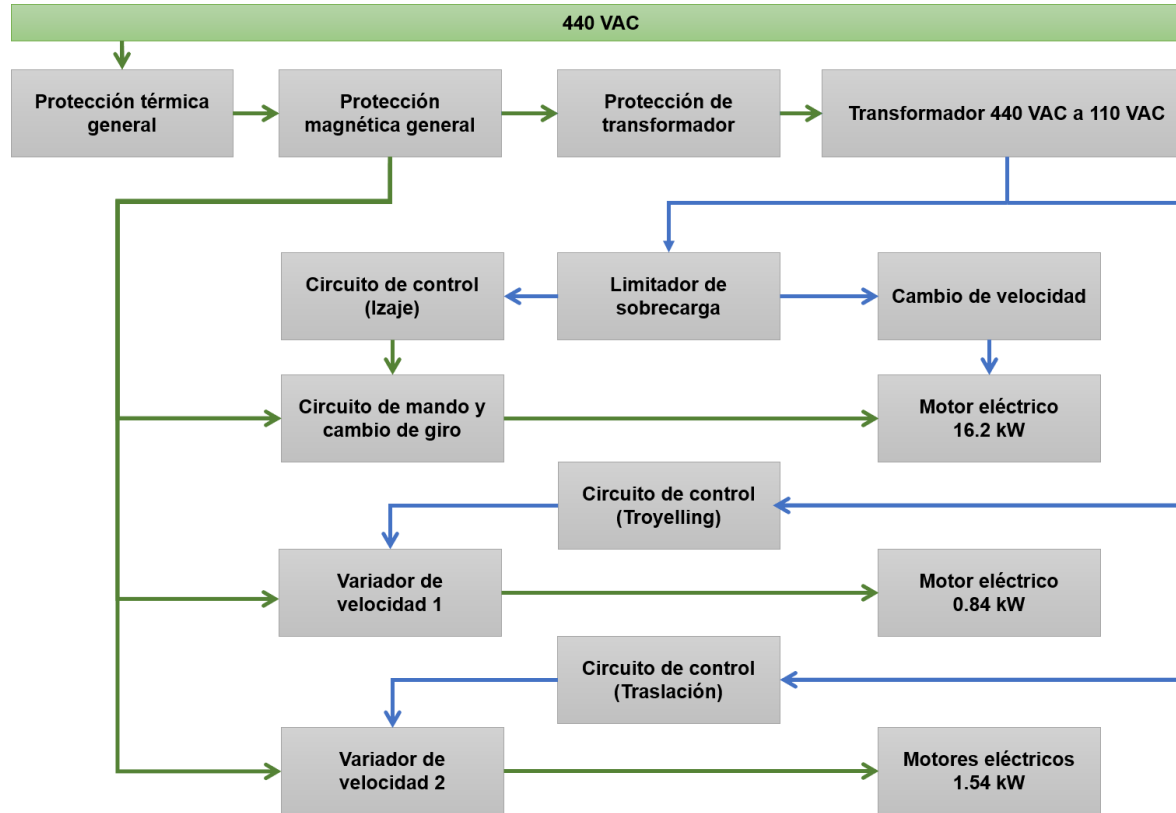
- Adquisición de datos del tablero de control del puente grúa
- Envío y recepción de datos
- Procesamiento y análisis de datos
- Almacenamiento de información
- Monitorización e histórico del funcionamiento del puente grúa
- Planificación de actividades de mantenimiento

Requerimientos de software no funcionales

- Notificación al usuario
- Registro de reinicio de tiempos de funcionamiento

DESARROLLO

Caracterización de sistema de control



Velocidades de movimiento

Traslación: 35 m/min

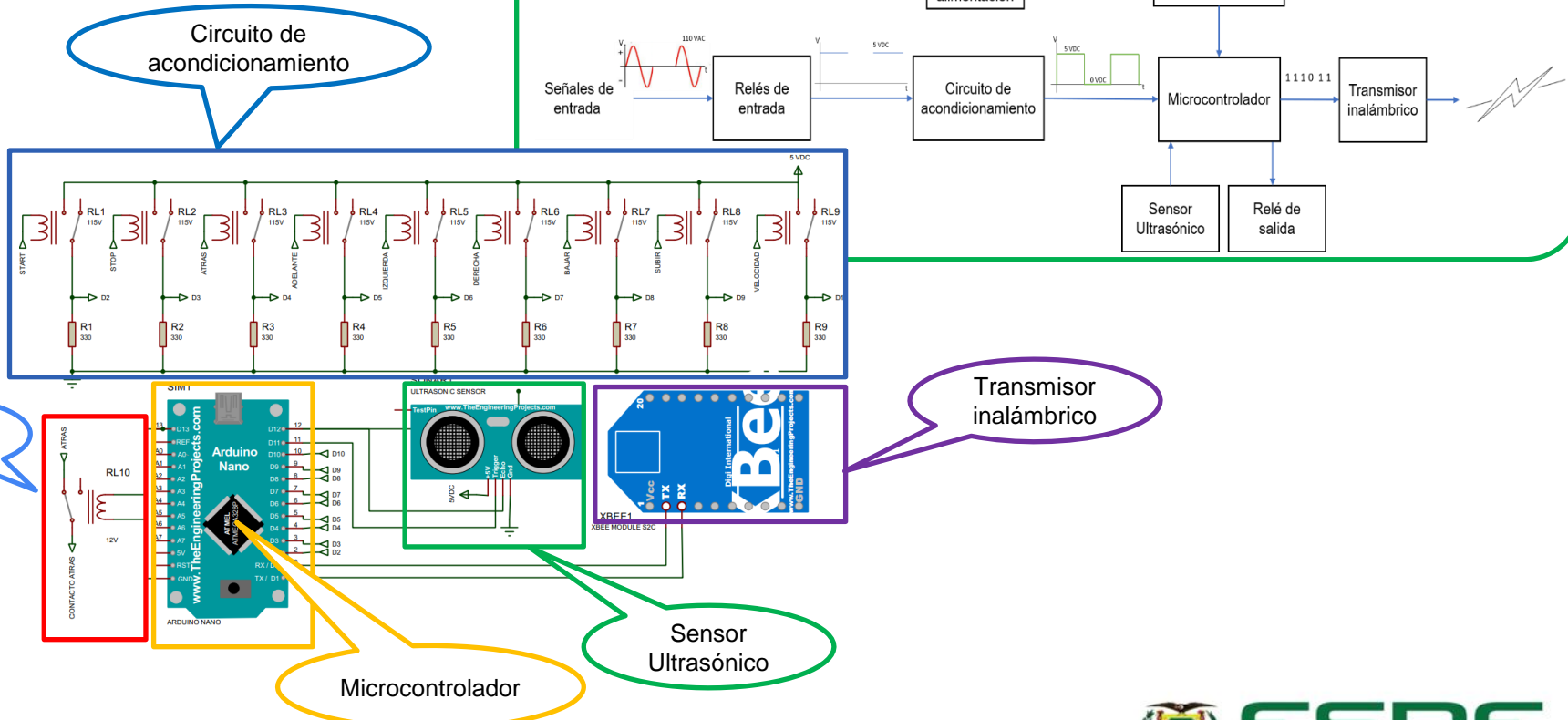
Troyelling: 24 m/min

Izaje: 6 m/min

DESARROLLO

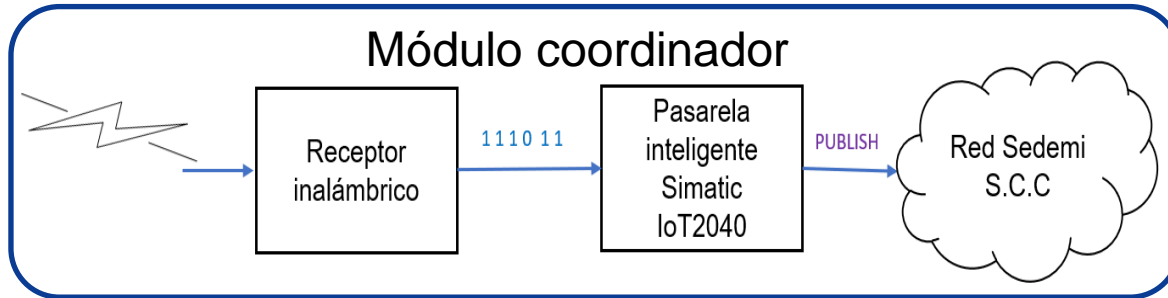
Diseño de hardware

Módulo electrónico



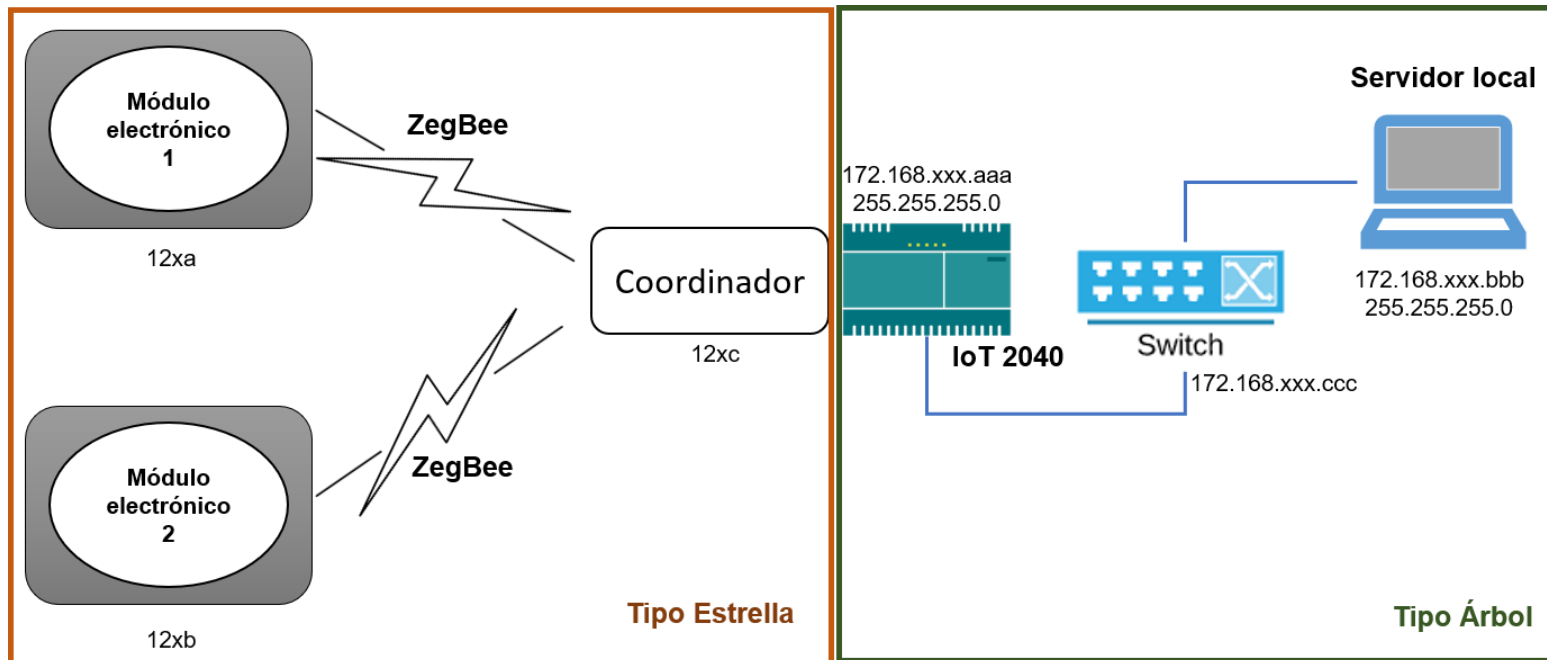
DESARROLLO

Diseño de hardware



DESARROLLO

Diseño de red



DESARROLLO

Diseño de software

Microcontrolador

{Identificador/Estado de puente, atrás, adelante, izquierda, derecha, abajo, arriba, velocidad, 0,0, distancia}

Parámetro

Identificador

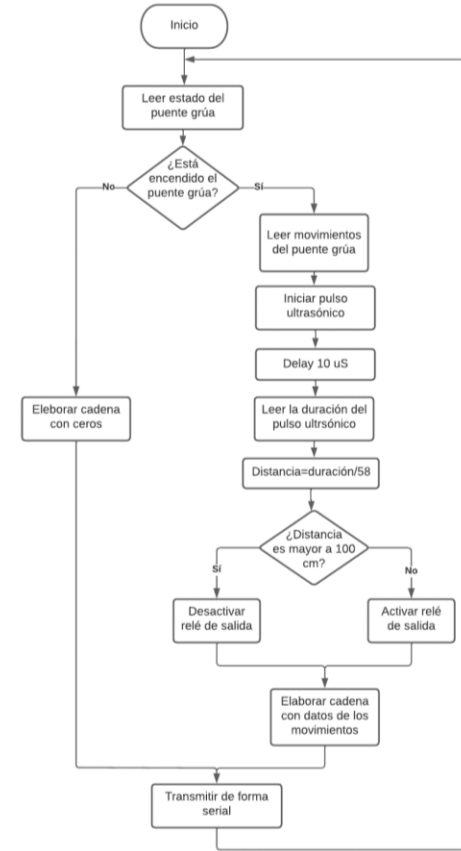
Puente grúa 1: P1

Puente grúa 2: P2

Otros parámetros

Activado: 1

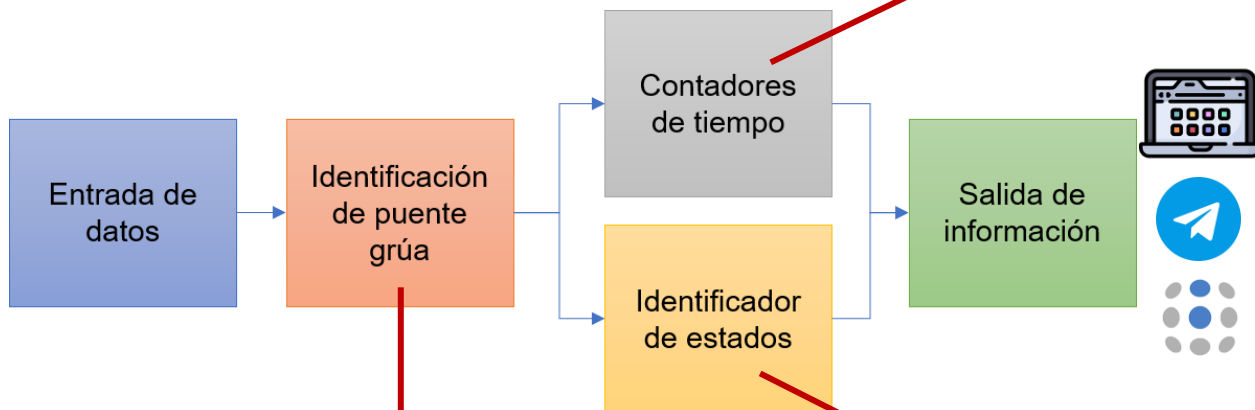
Desactivado: 0



DESARROLLO

Diseño de software

Procesamiento de datos



P1 o P2

Estado del puente grúa	Encendido/Apagado
Velocidad de movimiento	Lento/Rápido
Dirección del movimiento	Traslación/Troyelling/Izaje
Estado de motor 1	Puente Atrás/Puente Adelante
Estado de motor 2	Puente Izquierda/Puente Derecha
Estado de motor 3	Subir/Bajar

$$\text{Tiempo parcial} = \frac{\text{contador parcial por parámetro}}{3600} [h]$$

$$\begin{aligned} \text{Motor1} &= \text{TAPX} + \text{TADPX} \\ \text{Motor2} &= \text{TIPX} + \text{TDPX} \\ \text{Motor3} &= \text{TBPX} + \text{TSPX} \end{aligned}$$

$$\text{TFPX} = \text{Motor1} + \text{Motor2} + \text{Motor3}$$

Traslación Troyelling Izaje

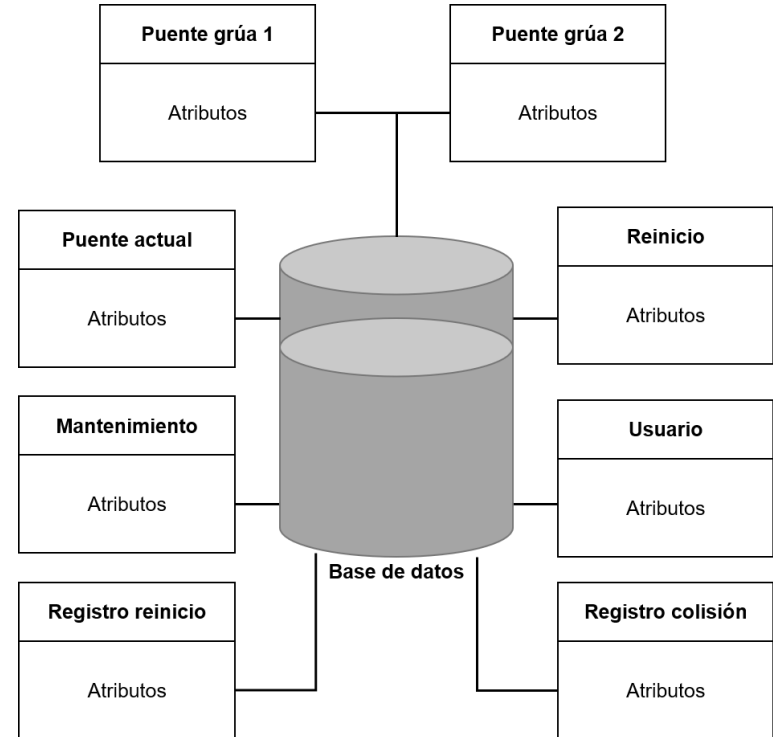
Atrás	TAPX
Adelante	TADPX
Izquierda	TIPX
Derecha	TDPX
Bajar	TBPX
Subir	TSPX

DESARROLLO

Diseño de software

Base de datos

- Monitoreo actual de los puentes grúa
- Tiempos de funcionamiento del puente grúa 1
- Tiempos de funcionamiento del puente grúa 2
- Reinicio de contadores
- Planificación de actividades de mantenimiento
- Registro de usuarios
- Registro de reinicios y colisiones

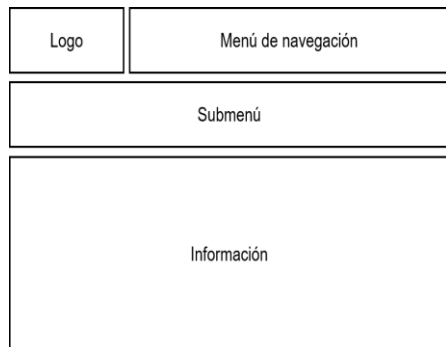


DESARROLLO

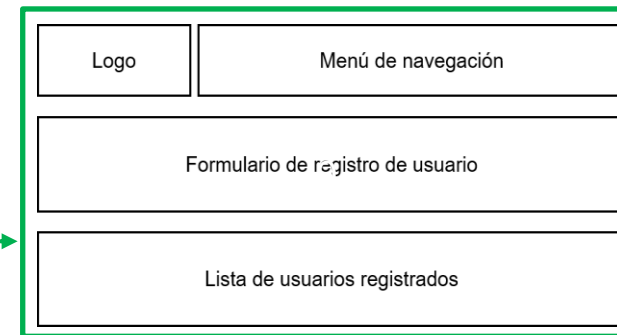
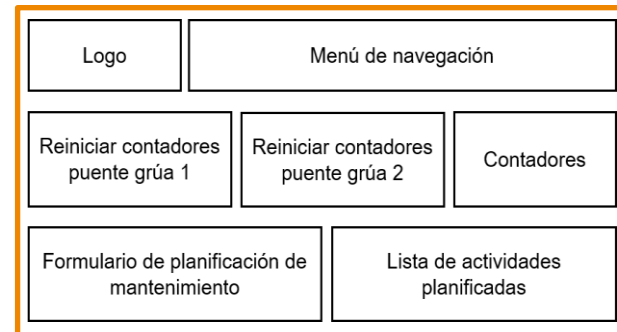
Diseño de software

Aplicación Web

Distribución de pantalla

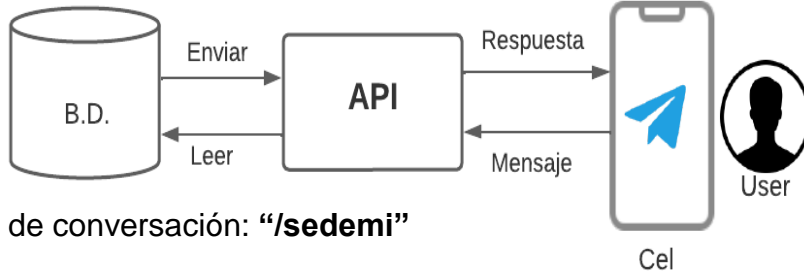


Pantallas	Administrador	Visualizador
Inicio	✓	✓
Puente grúa 1	✓	✓
Puente grúa 2	✓	✓
Histórico general	✓	✓
Histórico puente grúa 1	✓	✓
Histórico puente grúa 2	✓	✓
Registro contadores y colisiones	✓	✓
Mantenimiento	✓	X
Usuarios	✓	X
Ayuda	✓	✓



DESARROLLO

Diseño de software Chatbot



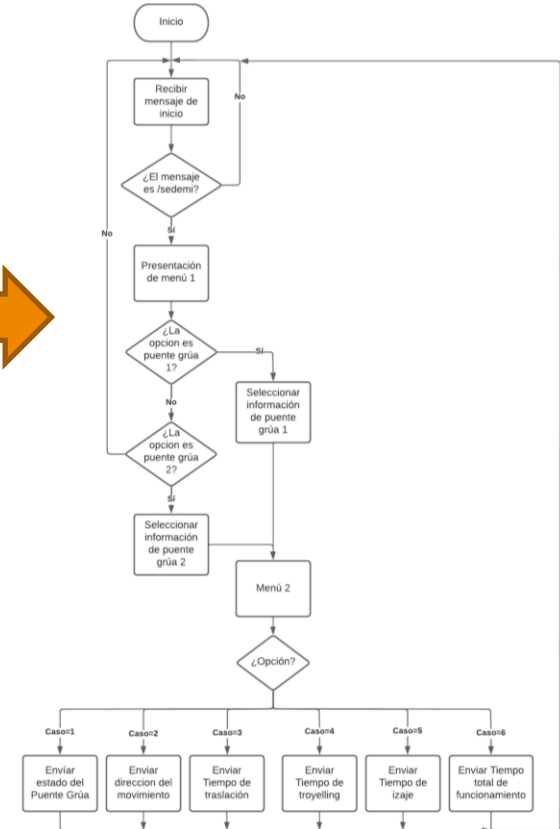
Palabra para inicio de conversación: **“/sedemi”**

- Estado del puente grúa
- Dirección del movimiento
- Tiempo de traslación
- Tiempo de troylelling
- Tiempo de izaje
- Tiempo de funcionamiento total

- Los motores eléctricos alcanzan un tiempo de uso promedio superior a 500 horas.

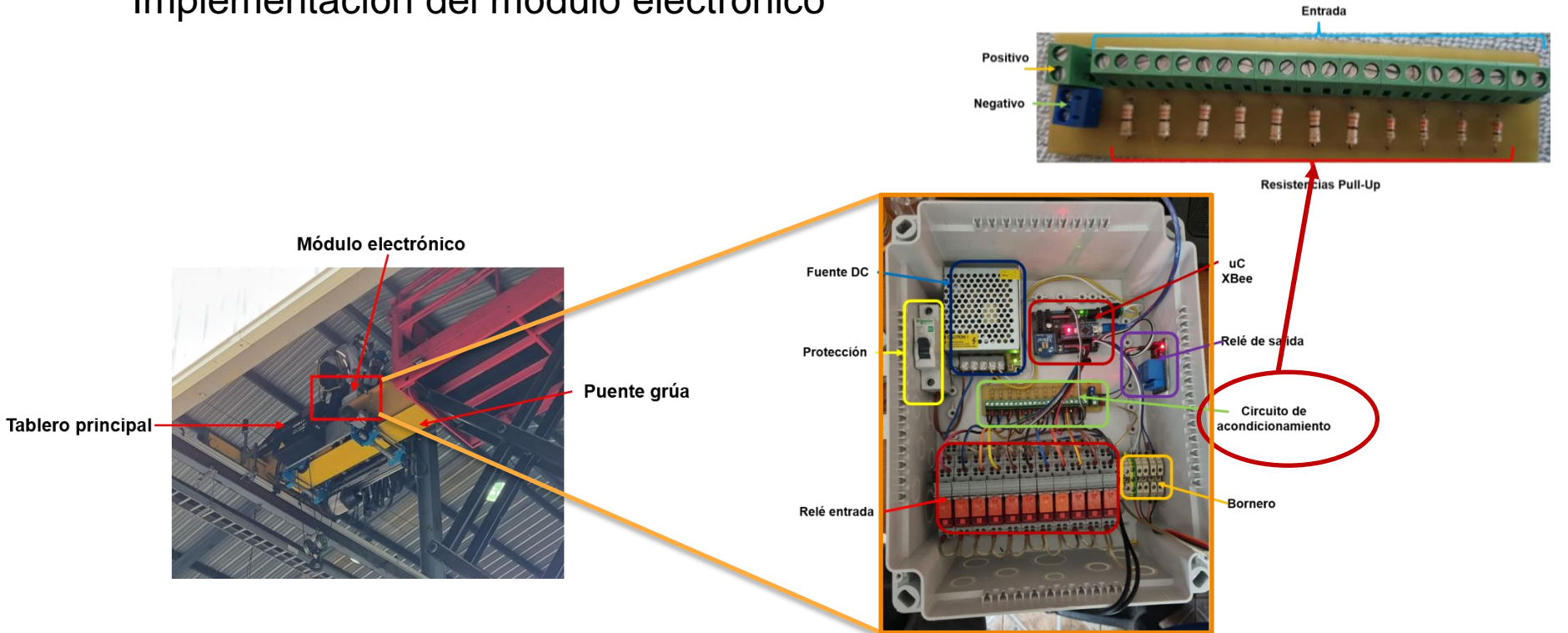


- Notificación de planificación de tareas de mantenimiento dos días antes a la fecha establecida.



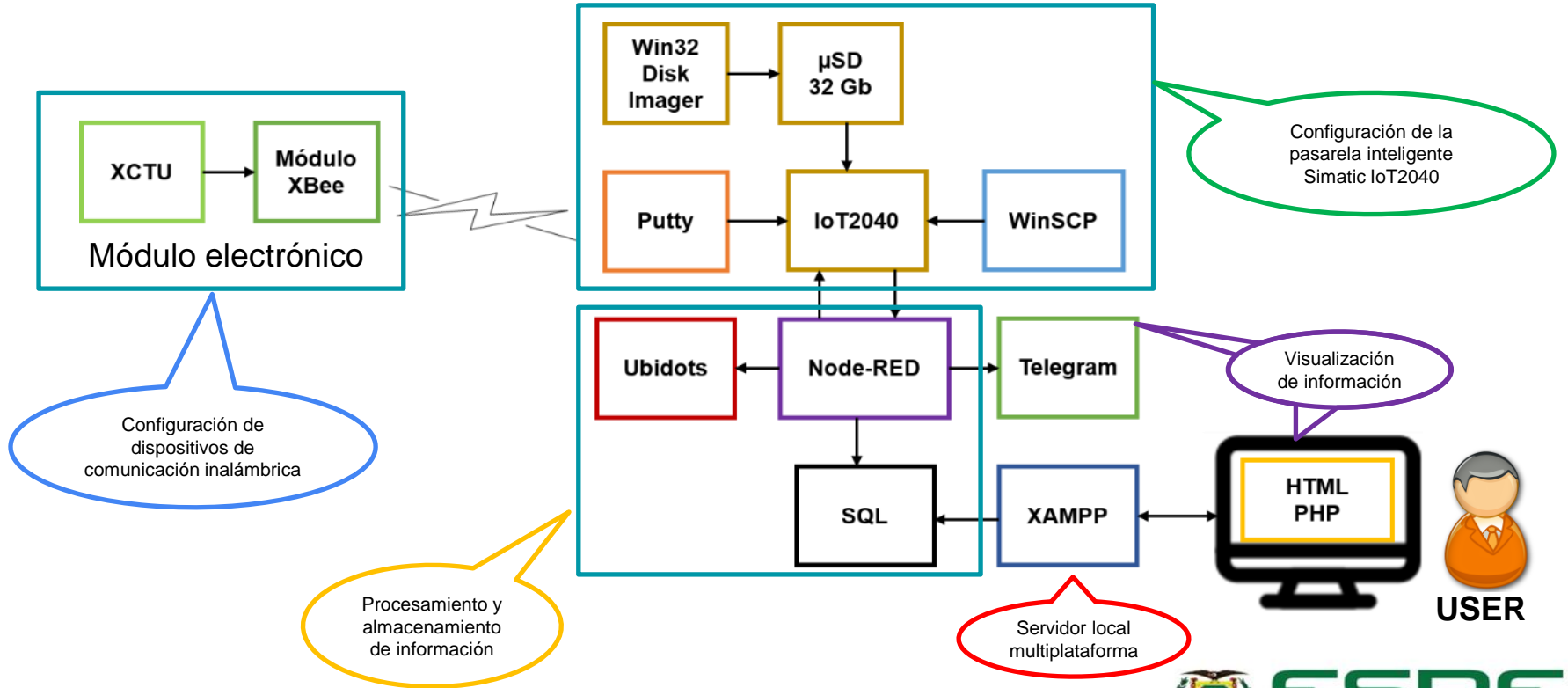
IMPLEMENTACIÓN

Implementación del módulo electrónico



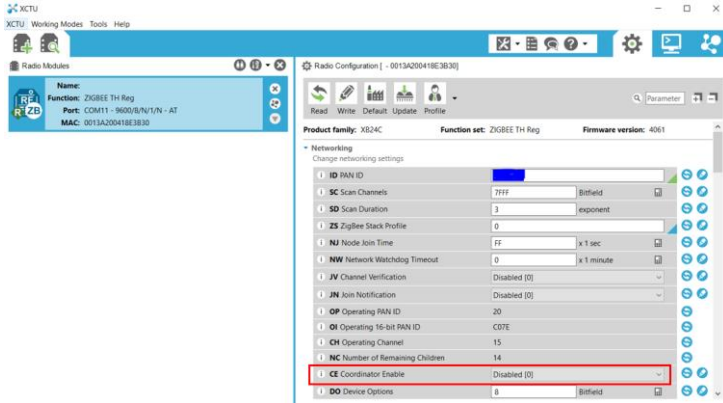
IMPLEMENTACIÓN

Diagrama de tecnologías para configuración y programación



IMPLEMENTACIÓN

Configuración de dispositivo de comunicación inalámbrica



Parámetro: CE Coordinator Enable

Enable [1]: Dispositivo coordinador

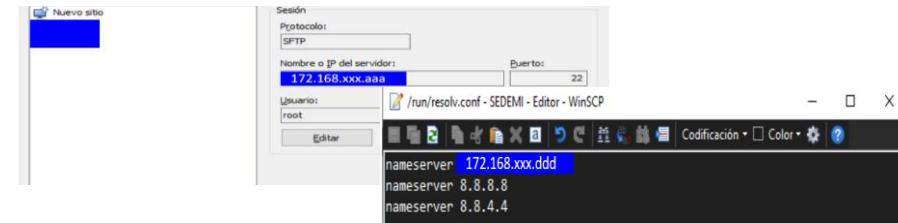
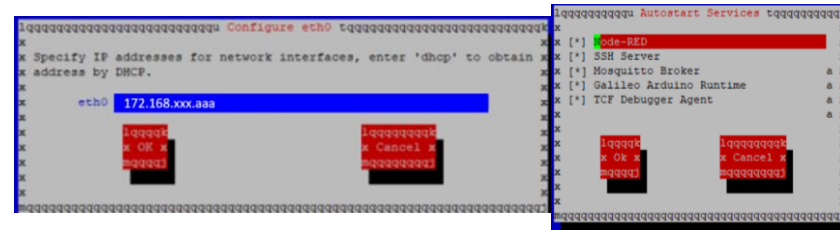
Disabled [0]: Dispositivo final

Módulo XBee S2C



Configuración de la Simatic IoT2040

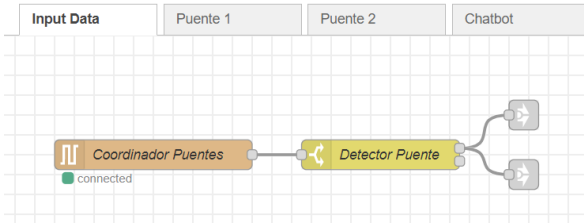
- Obtención de sistema operativo.
- Configuración de dirección IP 172.168.xxx.aaa
- Servicios de autoinicio Node-RED y Mosquito Broker
- Establecimiento de servidores



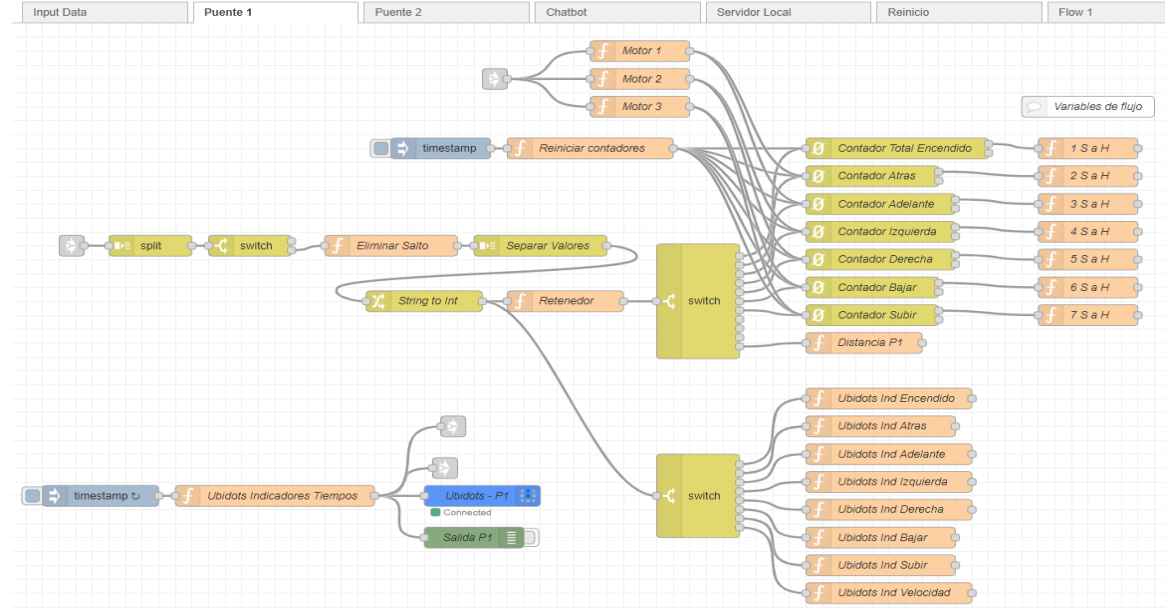
IMPLEMENTACIÓN

Programación de la Simatic IoT2040

Ingreso de datos



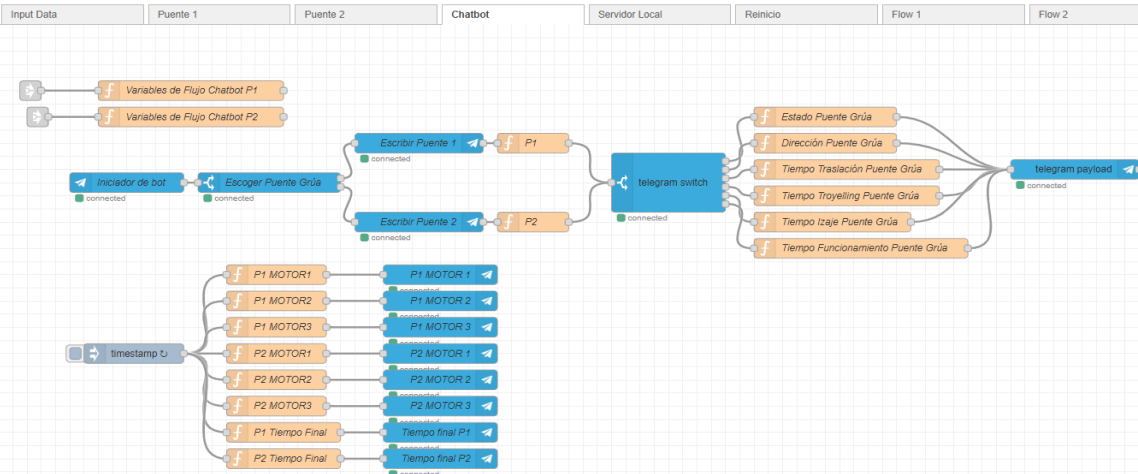
Obtención de información



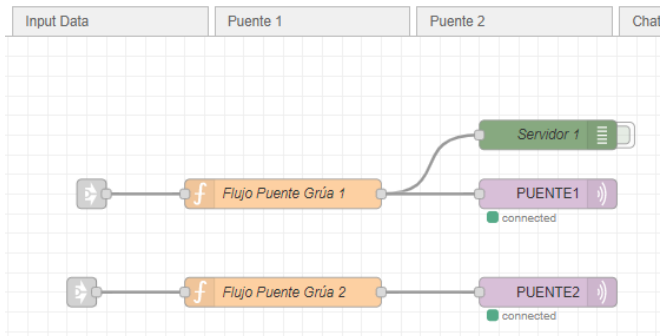
IMPLEMENTACIÓN

Programación de IoT 2040

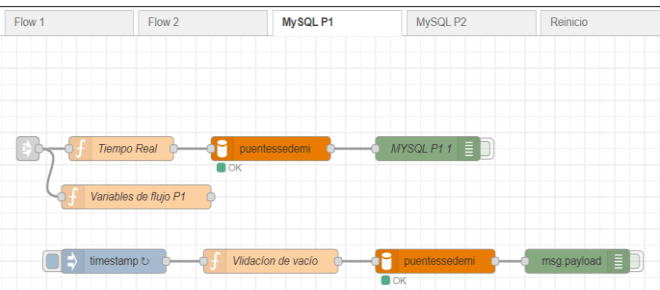
Manejo de chatbot



Comunicación con servidor local

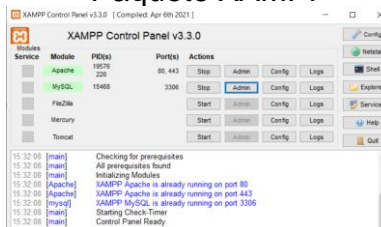


Almacenamiento de datos

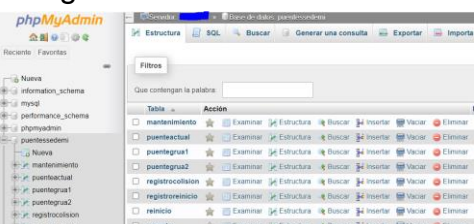


Creación de base de datos

Paquete XAMPP



Programación base de datos



IMPLEMENTACIÓN

Implementación de aplicación web

Login

Inicio de Sesión

SEDEMI
COLABORADORES

Usuario:

Contraseña:

 Iniciar Sesión

SEDEMI INICIO PUENTE GRUA 1 PUENTE GRUA 2 HISTORICOS MANTENIMIENTO USUARIOS AYUDA CERRAR

PUENTE GRUA 1

Puente Grúa 1 Velocidad Movimiento Movimiento Tradación Movimiento Troyelling Movimiento Izaje

Estado de los Mecanismos de Accionamiento

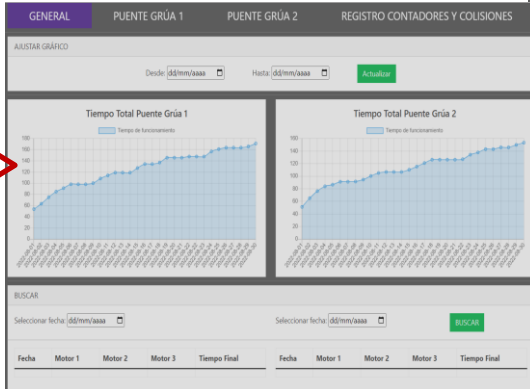
Puente Atrás Puente Adelante Puente Izquierda Puente Derecha Puente Bajar Puente Subir

Tempos de Funcionamiento Puente Grúa 1

Tiempo Motor 1: 0.00056 Horas
Tiempo Motor 2: 0.00806 Horas
Tiempo Motor 3: 0.01139 Horas
Tiempo de Funcionamiento: 0.02 Horas

Puente Grúa

Históricos



Registro de contadores y colisiones

GENERAL PUENTE GRUA 1 PUENTE GRUA 2 REGISTRO CONTADORES Y COLISIONES

Registro de reinicio de contadores

Fecha	Hora	Contador	Usuario
2022-07-17	09:45:17	Puente Grúa 1: Motor 1	Renny David
2022-07-17	09:47:27	Puente Grúa 1: Motor 2	Renny David
2022-07-17	09:47:28	Puente Grúa 1: Motor 3	Renny David
2022-07-17	09:47:28	Puente Grúa 2: Motor 1	Renny David
2022-07-17	09:47:29	Puente Grúa 2: Motor 2	Renny David
2022-07-17	09:47:29	Puente Grúa 2: Motor 3	Renny David
2022-07-18	07:06:51	Puente Grúa 1: Motor 1	Renny David
2022-07-18	07:07:00	Puente Grúa 1: Motor 2	Renny David
2022-07-18	07:07:59	Puente Grúa 1: Motor 3	Renny David
2022-07-18	07:08:02	Puente Grúa 2: Motor 1	Renny David
2022-07-18	07:08:36	Puente Grúa 2: Motor 2	Renny David
2022-07-18	07:08:51	Puente Grúa 2: Motor 3	Renny David
2022-07-19	07:01:02	Puente Grúa 1: Motor 1	Renny David
2022-07-19	07:01:23	Puente Grúa 1: Motor 2	Renny David
2022-07-19	07:01:42	Puente Grúa 1: Motor 3	Renny David

Registro de reinicio de colisiones

Fecha	Hora	Puente Grúa	Distancia [cm]
2022-07-25	12:24:01	Puente Grúa 2	65
2022-07-25	13:43:44	Puente Grúa 1	60

IMPLEMENTACIÓN

Implementación de aplicación web

Mantenimiento

REINICIAR CONTADORES

Reinicio de contadores Puente Grúa 1

Aviso: Reiniciar contadores Puente Grúa 1

Motor 1 Motor 2 Motor 3

Reinicio de contadores Puente Grúa 2

Aviso: Reiniciar contadores Puente Grúa 2

Motor 1 Motor 2 Motor 3

Contadores Actuales

Puente Grúa 1			Puente Grúa 2		
Motor 1	Motor 2	Motor 3	Motor 1	Motor 2	Motor 3
0.00056	0.00806	0.01139	0.00056	0.00806	0.01139

PLANIFICACIÓN DE MANTENIMIENTO

Datos de mantenimiento

Puente Grúa: -selecciona-
Mantenimiento: -selecciona-
Actividad: Actividad
Encargado: -selecciona-
Fecha: dd/mm/aaaa

Agregar Modificar Cancelar

Registro de mantenimiento

Puente Grúa	Mantenimiento	Actividad	Encargado	Fecha	Acciones
Puente Grúa 1	Correctivo	Cambio de polea 1	Carlos Moncayo	2022-07-02	Seleccionar Borrar
Puente Grúa 2	Preventivo	Cambio de matriz	Carlos Moncayo	2022-08-05	Seleccionar Borrar

Usuario

Datos de usuario

Nombres: Nombres
Apellidos: Apellidos
Ekon: Ekon
Cargo: Cargo

Acceso: -selecciona-
Usuario: Usuario
Contraseña: Contraseña

Agregar Modificar Cancelar

Registro de usuarios

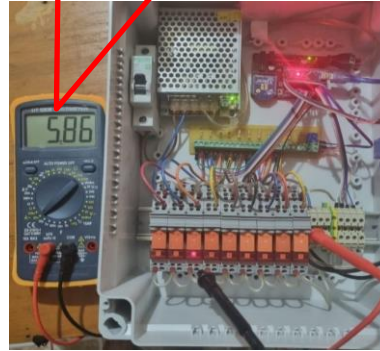
Nombres	Apellidos	Ekon	Cargo	Acceso	Usuario	Contraseña	Acciones
Renny David	Coro Maisincho	4862	Asistente Eléctrico	administrador			Seleccionar Borrar
Carlos	Moncayo	3736	Analista Electrónico	visualizador			Seleccionar Borrar
Hugo	Loya	1234	Coordinador	visualizador			Seleccionar Borrar

PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

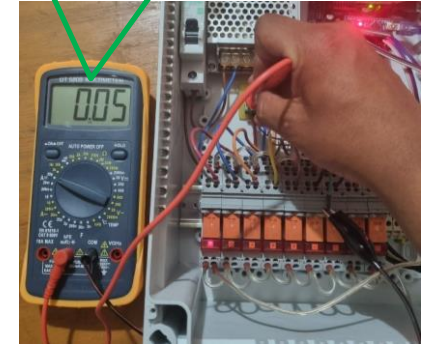
Medición de corriente en módulo electrónico

Relé de entrada	Señal eléctrica	Corriente
Relé 1	Start	5.86 mA
Relé 2	Stop	5.91 mA
Relé 3	Atrás	5.85 mA
Relé 4	Adelante	5.86 mA
Relé 5	Izquierda	5.90 mA
Relé 6	Derecha	5.86 mA
Relé 7	Bajar	5.88 mA
Relé 8	Subir	5.90 mA
Relé 9	Velocidad	5.86 mA

- Consumo menor a 6 mA
- Consumo máximo en el transformador es de 4 A

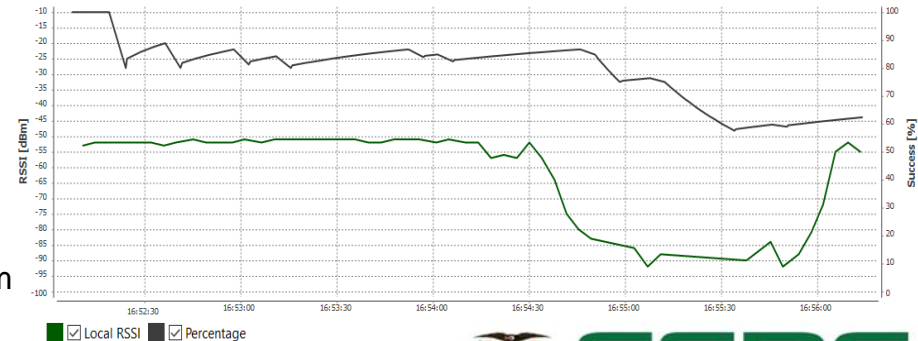


- Consumo de corriente en pines de entrada de tarjeta Arduino Nano es menor a 0,06 uA



Envío y recepción de datos bajo el protocolo ZigBee

- Software XCTU
- Horario de 4:00 a 5:00 pm
- Distancia entre el módulo electrónico y el módulo coordinador
- Parámetro RSSI menor a -90dBm a distancias mayores a 30 m



PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

Visualización de información de los puentes grúa



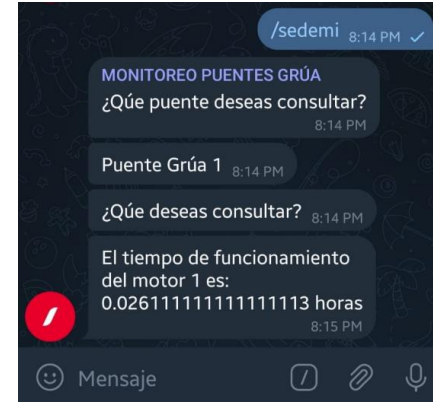
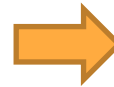
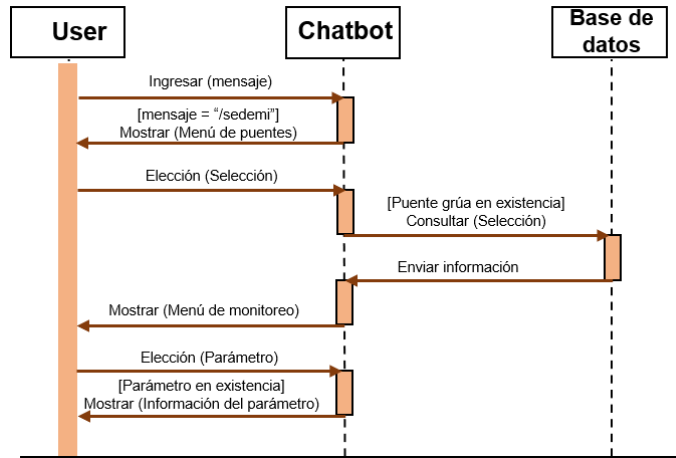
- Visualización en la plataforma Ubidots forma parte del requerimiento del departamento de Mantenimiento



Ubidots

PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

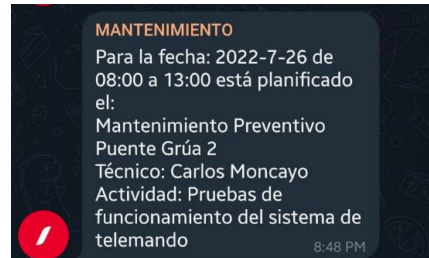
Consulta de información por el chatbot



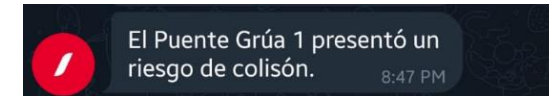
Tiempo máximo de funcionamiento de los motores



Planificación de mantenimiento



Colisión entre puentes grúa



PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

Datos de funcionamiento del puente grúa 1

Fecha	TMM1 [h]	TAM1 [h]	TMM2 [h]	TAM2 [h]	TMM3 [h]	TAM3 [h]	TM total [h]	TA total [h]
18/07/2022	2,6	2,77	1,4	1,45	3,1	3,14	7,1	7,37
19/07/2022	1,5	1,52	2	2,11	3,1	3,22	6,6	6,85
20/07/2022	1,05	1,11	0,6	0,65	2	2,14	3,65	3,91
21/07/2022	0,6	0,65	0	0	2,15	2,22	2,75	2,87
22/07/2022	1,51	1,55	0,6	0,88	2,2	2,33	4,31	4,77
23/07/2022	0,4	0,43	0	0	2,66	2,77	3,06	3,21

Datos de funcionamiento del puente grúa 2

Fecha	TMM1 [h]	TAM1 [h]	TMM2 [h]	TAM2 [h]	TMM3 [h]	TAM3 [h]	TM total [h]	TA total [h]
18/07/2022	0,21	0,22	0	0	0	0	0,21	0,22
19/07/2022	1,12	1,18	0,2	0,22	3	3,11	4,32	4,52
20/07/2022	3,5	3,66	0	0	2,1	2,33	5,6	6,00
21/07/2022	0,7	0,88	0	0	3,3	3,45	4	4,34
22/07/2022	0	0	0	0	0	0	0	0
23/07/2022	0,7	0,77	0	0	0,42	0,45	1,12	1,23

PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

Porcentaje de error en el funcionamiento del puente grúa 1

Fecha	Motor 1 [%]	Motor 2 [%]	Motor 3 [%]	Tiempo Total [%]
18/7/2022	6,84	3,72	1,46	3,88
19/7/2022	1,48	5,56	3,94	3,87
20/7/2022	5,82	9,43	7,22	7,18
21/7/2022	9,43	0,00	3,36	4,68
22/7/2022	3,02	48,15	6,06	10,85
23/7/2022	8,61	0,00	4,43	4,97

Porcentaje de error en el funcionamiento del puente grúa 2

Fecha	Motor 1 [%]	Motor 2 [%]	Motor 3 [%]	Tiempo Total [%]
18/7/2022	5,82	0,00	0,00	5,82
19/7/2022	6,15	11,11	3,70	4,68
20/7/2022	4,76	0,00	11,11	7,14
21/7/2022	26,98	0,00	4,68	8,59
22/7/2022	0,00	0,00	0,00	0,00
23/7/2022	11,11	0,00	8,47	10,12

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- En este trabajo se desarrolló un **sistema de monitoreo y gestión IoT** para que el **Departamento de Mantenimiento de la empresa SEDEMI S.C.C.** pueda monitorear el funcionamiento de los puentes grúa y gestionar las **diferentes actividades de mantenimiento** con la finalidad de salvaguardar la integridad de los elementos eléctricos y mecánicos.
- Los dos módulos electrónicos desarrollados permiten adquirir datos sobre el estado, tipo de movimiento, dirección de movimiento y velocidad de funcionamiento de los puentes grúa. Los **circuitos de relé de entrada y acondicionamiento integrados** en los módulos electrónicos **consiguen aislar el sistema de control del sistema de monitoreo implementado** para no interferir con el funcionamiento individual de los puentes grúa.
- El enlace de comunicación entre los módulos electrónicos y el módulo coordinador se establece mediante **una red inalámbrica de área personal (WPAN) bajo el protocolo ZigBee**, de este modo **se logra suprimir la estructura cableada, reducir el consumo energético**. Mientras que, la comunicación entre la pasarela inteligente Simatic IoT2040 y el servidor local se realiza bajo **el protocolo MQTT por medio de la red empresarial logrando seguridad y ligereza por el bajo consumo de energía y ancho de banda**.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Usando **la aplicación de mensajería se consigue un acceso a la información** por parte del usuario **desde cualquier lugar y en cualquier momento usando un teléfono inteligente.**
- Se evidenció que el **consumo de corriente de los relés de entrada es menor a 6 mA, lo que no perjudica al funcionamiento del sistema de control actual de los puentes grúa.** Así también, cuando la distancia entre el módulo electrónico y el módulo coordinador es **mayor a los 30 metros** el indicador de fuerza de la señal recibida (RSSI) es menor a los -90 dBm lo que significa que **la señal es muy débil y puede perder la comunicación.** Finalmente, la información que se presenta en **la plataforma IoT Ubidots** corresponde con la información mostrada en la aplicación web desarrollada, **logrando redundancia de información en tiempo real y por distintos medios.**
- Las ventajas del sistema implementado radican en el uso de **herramientas de programación libres y tecnologías que reducen el consumo de energía, el número de interferencias y por ende costo de los elementos.** El costo aproximado es de 813 USD por módulo electrónico y módulo coordinador, lo que representa ser rentable debido a que los equipos y sistemas de monitoreo IoT actuales ofertados por los propios fabricantes de los puentes grúas son más costosos por encima de los 1000 USD.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Recomendaciones

- Debido a las políticas de seguridad dentro de las redes empresariales, se recomienda revisar la configuración de la pasarela inteligente Simatic IoT2040 de tal manera que el dispositivo pueda acceder a Internet y comunicarse con otros dispositivos de la red de área local.
- Se recomienda la instalación de una unidad de alimentación ininterrumpida (UPS) previa a la instalación y configuración de la pasarela inteligente Simatic IoT2040. De esta manera, se previene que las configuraciones de conexión a la red se borren una vez que la alimentación de la pasarela inteligente IoT2040 es interrumpida por posibles cortes de energía.
- Para la utilización de nuevos paquetes de nodos en la herramienta Node-RED, es recomendable la instalación de versiones anteriores, con el fin de suprimir los problemas de comunicación y compilación, debido a que el sistema operativo de la pasarela inteligente Simatic IoT2040 puede presentar incompatibilidad con ciertas versiones actuales de paquetes de nodos disponibles en la biblioteca.
- Una consideración para el desarrollo de aplicaciones IoT empleado la herramienta Node-RED, es ampliar los conocimientos de programación con lenguaje JavaScript debido a que no todas las acciones y tareas se encuentran disponibles en los paquetes de nodos de la biblioteca, y esto puede ser solucionado por medio programación en el nodo "function".

GRACIAS POR LA ATENCIÓN

