



Sistema de monitoreo de servicios de planta

Autor:

Ing. Marcelo Roberto García

Director:

Mg. Ing. Gonzalo Nahuel Vaca (INVAP)

*Esta planificación fue realizada en el curso de Gestión de proyectos
entre el 21 de junio de 2022 y el 9 de agosto de 2022.*

Índice

1. Descripción técnica-conceptual del proyecto a realizar	5
2. Identificación y análisis de los interesados	7
3. Propósito del proyecto	7
4. Alcance del proyecto	7
5. Supuestos del proyecto.	8
6. Requerimientos	8
7. Historias de usuarios (<i>Product backlog</i>).	9
8. Entregables principales del proyecto	10
9. Desglose del trabajo en tareas	10
10. Diagrama de Activity On Node.	11
11. Diagrama de Gantt	13
12. Presupuesto detallado del proyecto	16
13. Gestión de riesgos	16
14. Gestión de la calidad	18
15. Procesos de cierre	21

Registros de cambios

Revisión	Detalles de los cambios realizados	Fecha
0	Creación del documento	21 de junio de 2022
1	Se completa hasta el punto 5 inclusive	5 de julio de 2022
1.1	Se corrigen errores de redacción y se modifican gráficos	8 de julio de 2022
2	Se completa hasta el punto 9 inclusive	11 de julio de 2022
2.1	Se corrigen errores de redacción	14 de julio de 2022
3	Se completa hasta el punto 12 inclusive	25 de julio de 2022
4	Se completa el plan	31 de julio de 2022
4.1	Se corrigen errores de redacción	5 de agosto 2022

Acta de constitución del proyecto

Buenos Aires, 21 de junio de 2022

Por medio de la presente se acuerda con el Ing. Marcelo Roberto García que su Trabajo Final de la Carrera de Especialización en Internet de las Cosas se titulará “Sistema de monitoreo de servicios de planta”, consistirá esencialmente en la implementación de un servidor y una red de dispositivos distribuidos en planta para la lectura del estado de los servicios, y tendrá un presupuesto preliminar estimado de 600 hs de trabajo y USD 150, con fecha de inicio 21 de junio de 2022 y fecha de presentación pública 22 de abril de 2023.

Se adjunta a esta acta la planificación inicial.

Dr. Ing. Ariel Lutenberg
Director posgrado FIUBA

Ing. Guillermo Horacio Vidal
ROEMMERS SAICF

Mg. Ing. Gonzalo Nahuel Vaca
Director del Trabajo Final

1. Descripción técnica-conceptual del proyecto a realizar

El proyecto a realizar es un sistema de monitoreo de servicios de planta. La empresa ROEMMERS elabora medicamentos en distintas presentaciones bajo las normas BPF (Buenas Prácticas de Fabricación), estas normas son exigidas por la A.N.M.A.T para autorizar su comercialización en el país.

Para el cumplimiento de las reglamentaciones y normas vigentes se cuenta con los siguientes sistemas de control:

- Sistema de control HVAC (Heating and Ventilating Air Conditioned).
- Sistema de control de agua purificada, agua destilada y agua WFI (Water For Injection).
- Sistema de control de vapor sanitario.
- Sistema de control de tratamiento de efluentes.

Los sistemas de control se operan mediante SCADAS, la operación es llevada a cabo por el departamento de mantenimiento de servicios, que también tiene como tarea asegurar los suministros de vapor, aire comprimido, agua potable, electricidad y gas natural para el funcionamiento de los sistemas.

Los SCADAS se encuentran distribuidos en dos salas de control denominadas DDC1 y DDC2. La conexión con los sistemas de control se realiza por medio de una red de fibra óptica (FO) compuesta por siete switches conectados en anillo. En la figura 1 se observa un diagrama conceptual de la red.

En la actualidad, los suministros no se encuentran monitoreados mediante un SCADA, esto se debe a la distribución física de los servicios en la planta y a la escasa cantidad de variables que se requieren visualizar en comparación a los sistemas de control. Estas características vuelven inviable el despliegue de una red cableada y su hardware, motivo por el cual, la lectura del estado de los servicios se realiza in situ mediante la implementación de un calendario de revisiones diarias. Dichas revisiones son realizadas por los técnicos de mantenimiento de servicios.

En una tarea conjunta del departamento de mantenimiento de servicios y del departamento de mantenimiento electrónico, se propone la creación de un sistema de monitoreo de servicios de planta. El sistema utilizará la red de FO actual a la que se accederá con tecnología de tipo inalámbrica, esta tecnología permitirá reducir significativamente los costos de implementación.

En la figura 2 se observa el diagrama en bloques de una interfaz de conexión a la red, mientras que en la figura 3, se observa el diagrama en bloques de una interfaz de adquisición, ambas interfaces conforman el enlace entre la red y los puntos de servicio.

Se espera que el proyecto agregue valor de la siguiente manera:

- Optimizando el tiempo empleado en el relevamiento de los servicios.
- Aumentando la productividad del sector.
- Suministrando datos que aporten el desarrollo de estrategias de mantenimiento predictivo.
- Fomentando la iniciativa de ambos departamentos mediante equipos de trabajo.

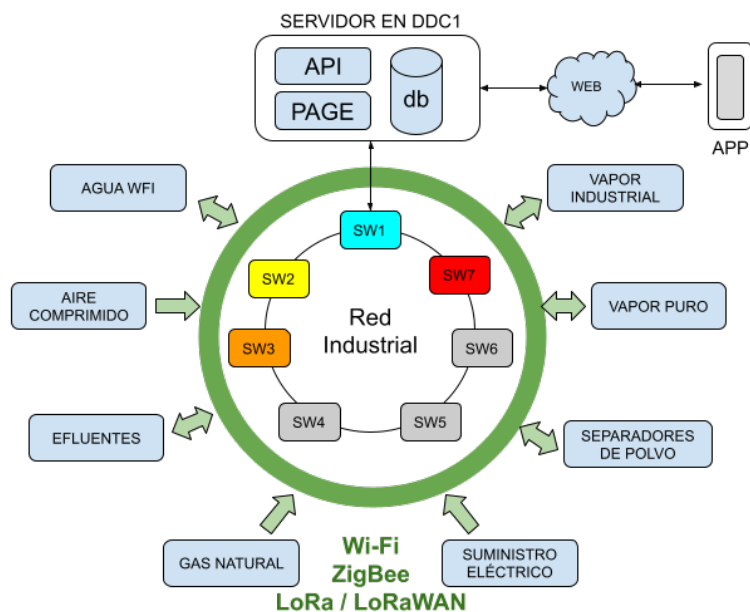


Figura 1. Diagrama de la red.

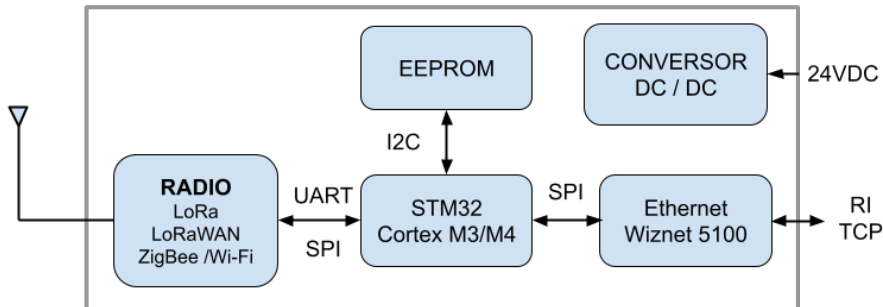


Figura 2. Diagrama en bloques de la interfaz de conexión.

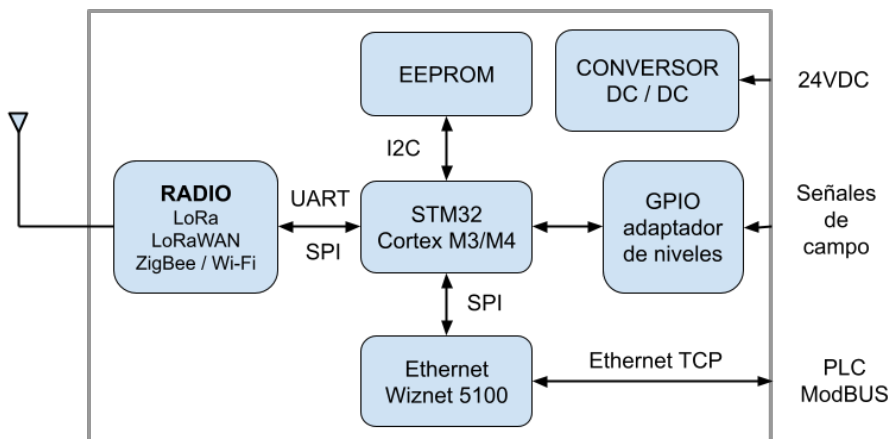


Figura 3. Diagrama en bloques de la interfaz de adquisición.

2. Identificación y análisis de los interesados

Rol	Nombre y Apellido	Organización	Puesto
Cliente	Ing. Guillermo Horacio Vidal	ROEMMERS SAICF	Jefe de Servicios
Responsable	Ing. Marcelo Roberto García	FIUBA	Alumno
Orientador	Mg. Ing. Gonzalo Nahuel Vaca	INVAP	Director Trabajo final
Usuario final	Supervisor y técnicos de manatenimiento de servicios	ROEMMERS SAICF	-

- Cliente: cumple también el rol de usuario final.

3. Propósito del proyecto

El propósito de este proyecto es desarrollar una solución tecnológica al sector de mantenimiento de servicios que permita optimizar sus tareas y brindar información para el registro y análisis de los datos de los sistemas. Además, incorporar el uso de nuevas tecnologías que permitan un rápido despliegue de la red.

4. Alcance del proyecto

El proyecto incluye en su alcance:

- Instalación de un servidor en sala de control DDC1.
- Diseño e instalación de las bases de datos.
- Desarrollo de una API (Application Programming Interface) para la comunicación con los dispositivos.
- Desarrollo de una SPA (Single Page Application) para el monitoreo de las variables.
- Desarrollo de una interfaz de conexión y una interfaz de adquisición capaces de transmitir información de manera inalámbrica utilizando los siguientes protocolos a evaluar: LoRa, LoRaWAN, Wi-Fi o Zigbee.

El proyecto no incluye en su alcance:

- Conexión del sistema a Internet.
- Desarrollo de aplicación para teléfonos móviles.

5. Supuestos del proyecto

Para el desarrollo del presente proyecto se supone que:

- Se tendrá acceso a un punto de servicio designado sobre el cual se realizará la instalación de la interfaz.
- Se dispondrá de recursos para la instalación de un servidor en la sala DDC1.
- Se tendrá acceso irrestricto al instrumental de laboratorio del departamento de mantenimiento electrónico.
- Se contará con la participación de un técnico del departamento de mantenimiento de servicios y de un técnico del departamento de mantenimiento electrónico durante el desarrollo del proyecto.

6. Requerimientos

1. Requerimientos funcionales

- 1.1. La operación del sistema se debe realizar mediante un navegador de web.
- 1.2. El sistema permitirá visualizar el estado de los servicios conectados.
- 1.3. Las interfaces deben comunicarse entre si mediante tecnología LoRA, LoRaWAN, Zigbee o Wi-Fi.
- 1.4. El sistema permitirá la visualización de alarmas de los servicios conectados.
- 1.5. La interfaz debe conectarse a la red industrial cableada mediante un jack RJ-45.
- 1.6. La interfaz de adquisición contará con entradas aisladas.
- 1.7. Las interfaces contarán con indicadores visuales de alimentación, falla y conexión.
- 1.8. El sistema permitirá visualizar el registro histórico de variables en intervalos configurables.
- 1.9. El sistema permitirá configurar usuarios y parámetros de conexión de los dispositivos de campo.
- 1.10. El usuario podrá reiniciar la interfaz mediante un pulsador de reinicio.
- 1.11. Las interfaces contarán con un puerto para debugging/programming.
- 1.12. La alimentación de las interfaces debe ser de 24V DC/AC.
- 1.13. Las interfaces tendrán un gabinete que permita su montaje en pared con opción de montaje en riel DIN.

2. Requerimientos de documentación

- 2.1. Se debe crear un manual de instalación del sistema.
- 2.2. Se debe crear un manual de instalación de las interfaces.
- 2.3. Se debe crear un manual de uso del sistema.
- 2.4. Se debe crear un manual de uso de las interfaces.
- 2.5. Se debe crear un protocolo de pruebas para validar el funcionamiento del sistema.
- 2.6. Se debe generar un informe con las pruebas de funcionamiento del sistema en campo.
- 2.7. Se debe generar un informe de avance del proyecto.
- 2.8. Se debe generar una memoria del proyecto.

7. Historias de usuarios (*Product backlog*)

Las historias de usuarios se clasifican numéricamente de acuerdo al grado de complejidad de su implementación, a continuación se detallan dichos valores:

- 1 punto: la historia demanda un desafío básico, no requiere del uso de tecnologías adicionales.
- 2 puntos: la historia demanda conocimientos de una tecnología.
- 4 puntos: la historia demanda conocimientos de múltiples tecnologías.
- 8 puntos: la historia demanda conocimientos avanzados de múltiples tecnologías.
- 16 puntos: la historia demanda conocimientos avanzados de múltiples tecnologías y del hardware instalado.

A continuación se detallan las historias de usuario:

- Historia 1
 - Como jefe de mantenimiento de servicios quiero poder verificar el estado general de los sistemas para saber si se encuentran operativos.
 - *Story points: 4*, la historia requiere del uso de tecnologías web, networking y conocimiento del protocolo ModBUS.
- Historia 2
 - Como supervisor de servicios quiero poder visualizar las alarmas de los sistemas para determinar una intervención inmediata.
 - *Story points: 8*, la historia requiere del uso de tecnologías web, networking, gestión de base de datos básica y conocimiento del hardware utilizado.
- Historia 3
 - Como técnico de mantenimiento quiero poder visualizar las alarmas y variables históricas de los sistemas para poder asistir su mantenimiento.
 - *Story points: 8*, la historia requiere del uso de tecnologías web, networking, gestión de base de datos avanzada y conocimiento del hardware utilizado.
- Historia 4
 - Como técnico de mantenimiento electrónico necesito acceder a todos los componentes del sistema para verificar su funcionamiento.
 - *Story points: 16*, la historia requiere del uso de tecnologías web, networking, gestión de base de datos avanzada y conocimiento avanzado del hardware utilizado.
- Historia 5
 - Como miembro de seguridad de planta quiero saber si existe algún problema para reportarlo al responsable del sector.
 - *Story points: 1*, la historia requiere una instalación cableada básica.

8. Entregables principales del proyecto

Los entregables del proyecto son:

- Backend y frontend operativo en servidor de la red industrial.
- Prototipos de ambas interfaces en funcionamiento.
- Planos eléctricos de conexión de ambas interfaces.
- Diagrama de red de la instalación.
- Informe de la instalación con la configuración de las interfaces y las variables del proceso.
- Manual de uso y configuración del sistema.
- Manual de uso, configuración e instalación de las interfaces.

9. Desglose del trabajo en tareas

1. Planificación (15 hs)

- 1.1. Análisis de la problemática actual (8 hs).
- 1.2. Definición del servicio de planta con el que se va a trabajar (1 hs).
- 1.3. Análisis y definición de datos a extraer del servicio (2 hs).
- 1.4. Nombramiento de los técnicos que participarán en las tareas del proyecto (1 hs).
- 1.5. Gestión del calendario de intervenciones en el servicio (3 hs).

2. Investigación (62 hs)

- 2.1. Prueba en campo de tecnologías LoRA / LoRAWAN (24 hs).
- 2.2. Prueba en campo de tecnologías Zigbee / Wi-Fi (24 hs).
- 2.3. Determinar método de medición de datos (2 hs).
- 2.4. Evaluar herramientas de representación de datos con dashboards y gráficos (12 hs).

3. Backend (63 hs)

- 3.1. Instalación del servidor Linux (3 hs).
- 3.2. Diseño e instalación de la base de datos (15 hs).
- 3.3. Creación de la API (40 hs).

4. Frontend (75 hs)

- 4.1. Creación de la SPA (38 hs).
- 4.2. Integración de las herramientas para la representación de datos (32 hs).
- 4.3. Integración con backend (6 hs).

5. Interfaz de comunicación (146 hs)

- 5.1. Desarrollo del firmware de la interfaz de comunicación (40 hs).
- 5.2. Creación de biblioteca ModBUS (18 hs).

- 5.3. Creación de biblioteca SPI para modulo Ethernet W5100 (35 hs).
- 5.4. Creación de biblioteca para radio del dispositivo (25 hs).
- 5.5. Diseño del circuito impreso de la interfaz de comunicación (12 hs).
- 5.6. Armado y prueba del circuito impreso en laboratorio (8 hs).
- 5.7. Diseño del gabinete (8 hs).
- 6. Interfaz de adquisición (88 hs)
 - 6.1. Desarrollo del firmware de la interfaz de adquisición (35 hs).
 - 6.2. Diseño del circuito GPIO adaptador de niveles (12 hs).
 - 6.3. Prueba del circuito en laboratorio (4 hs).
 - 6.4. Diseño del circuito impreso de la interfaz de adquisición (18 hs).
 - 6.5. Armado y prueba del circuito impreso de la interfaz de adquisición (8 hs).
 - 6.6. Diseño del gabinete (11 hs).
- 7. Pruebas del sistema (64 hs)
 - 7.1. Creación y ejecución del protocolo de pruebas del sistema (25 hs)
 - 7.2. Seguimiento del funcionamiento del sistema en campo (39 hs).
- 8. Cierre (91 hs)
 - 8.1. Creación de manuales de uso e instalación (18 hs).
 - 8.2. Creación de informes de avance de proyecto (15 hs).
 - 8.3. Creación de informe final de desempeño del proyecto (20 hs).
 - 8.4. Creación de la memoria del trabajo (29 hs).
 - 8.5. Creación del video de demostración (8 hs).
 - 8.6. Defensa pública y agradecimientos(1 hs).

Cantidad total de horas: (600 hs)

10. Diagrama de Activity On Node

EL diagrama de Activity On Node representa la dependencia entre las tareas listadas en la sección 9. Las tareas se agrupan por categorías: planificación, investigación, backend, frontend, interfaz de comunicación, interfaz de adquisición, pruebas del sistema y cierre.

El tiempo empleado para ejecutar cada tarea se representa mediante la variable " T ", cuya unidad es cantidad de horas. Además, las tareas se agrupan en categorías identificadas mediante colores los cuales se detallan en el cuadro de referencias de la figura 4.

Finalmente se obtiene el camino crítico del diagrama de Activity On Node.

Descripción	Tareas	T
Camino crítico	1.1 - 1.5 - 2.1 - 2.4 - 4.1 - 4.2 - 4.3 - 5.1 - 5.2 - 5.3 - 6.1 - 7.2 - 8.2 - 8.3 - 8.4 - 8.5 - 8.6	364

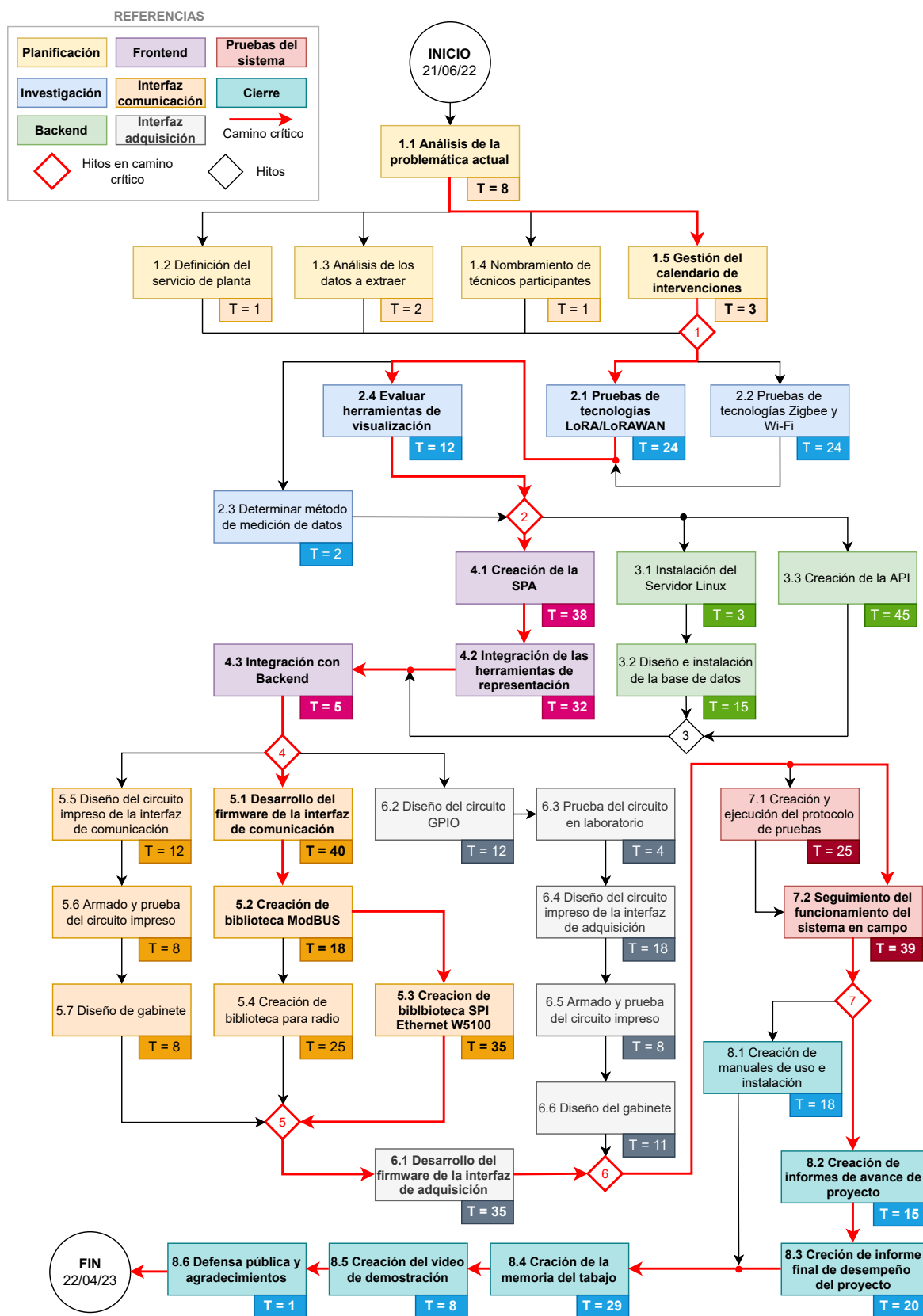


Figura 4. Diagrama en *Activity on Node*.

11. Diagrama de Gantt

A partir de los diagramas de *Activity On Node* de la sección 10 se realizó un diagrama de Gantt.

GANTT	Inicio	Fin
Proyecto - Sistema de monitoreo de servicios de planta	21/7/2022	22/4/2023
1 - Planificación	21/7/2022	2/8/2022
1.1 Análisis de la problemática actual	21/7/2022	27/7/2022
1.2 Definición del servicio de planta con el que se va a trabajar	28/7/2022	28/7/2022
1.3 Análisis y definición de datos a extraer del servicio	29/7/2022	29/7/2022
1.4 Nombramiento de los técnicos que participarán en las tareas del proyecto	30/7/2022	30/7/2022
1.5 Gestión de calendario de intervenciones en el servicio	1/8/2022	1/8/2022
Hito 1 - Finalización de la Planificación	2/8/2022	2/8/2022
2 - Investigación	3/8/2022	30/8/2022
2.1 Prueba en campo de tecnologías LoRA / LoRAWAN	3/8/2022	12/8/2022
2.2 Prueba en campo de tecnologías Zigbee / Wi-Fi	14/8/2022	23/8/2022
2.3 Determinar método de medición de datos	24/8/2022	24/8/2022
2.4 Evaluar herramientas de representación de datos con dashboards y gráficos	25/8/2022	29/8/2022
Hito 2 - Investigación de tecnologías realizada	30/8/2022	30/8/2022
3 - Backend	31/8/2022	24/9/2022
3.1 Instalación del Servidor Linux	31/8/2022	31/8/2022
3.2 Diseño e instalación de la base de datos	1/9/2022	5/9/2022
3.3 Creación de la API	4/9/2022	23/9/2022
Hito 3 - Finalización del Backend	24/9/2022	24/9/2022
4 - Frontend	4/9/2022	9/10/2022
4.1 Creación de la SPA	4/9/2022	25/9/2022
4.2 Integración de las herramientas para la representación de datos	26/9/2022	8/10/2022
4.3 Integración con Backend	26/9/2022	27/9/2022
Hito 4 - Finalización del Frontend	9/10/2022	9/10/2022
5 - Interfaz de comunicación	10/10/2022	11/12/2022
5.1 Desarrollo del firmware de la interfaz de comunicación	10/10/2022	29/10/2022
5.2 Creación de biblioteca ModBUS	31/10/2022	12/11/2022
5.3 Creación de biblioteca SPI para modulo Ethernet W5100	14/11/2022	3/12/2022
5.4 Creación de biblioteca para radio del dispositivo	28/11/2022	10/12/2022
5.5 Diseño del circuito impreso de la interfaz de comunicación	7/11/2022	12/11/2022
5.6 Armado y prueba del circuito impreso en laboratorio	16/11/2022	19/11/2022
5.7 Diseño del gabinete	24/11/2022	26/11/2022
Hito 5 - Interfaz de comunicación finalizada	11/12/2022	11/12/2022
6 - Interfaz de adquisición	12/12/2022	24/1/2023
6.1 Desarrollo del firmware de la interfaz de adquisición	12/12/2022	24/12/2022
6.2 Diseño del circuito GPIO adaptador de niveles	22/12/2022	27/12/2022
6.3 Prueba del circuito en laboratorio	29/12/2022	30/12/2022
6.4 Diseño del circuito impreso de la interfaz de adquisición	2/1/2023	7/1/2023
6.5 Armado y prueba del circuito impreso de la interfaz de adquisición	9/1/2023	14/1/2023
6.6 Diseño del gabinete	16/1/2023	18/1/2023
Hito 6 - Desarrollo del hardware finalizado	24/1/2023	24/1/2023
7 - Pruebas del sistema	25/1/2023	9/3/2023
7.1 Creación y ejecución del protocolo de pruebas del sistema	25/1/2023	4/2/2023
7.2 Seguimiento del funcionamiento del sistema en campo	6/2/2023	7/3/2023
Hito 7 - Pruebas de funcionamiento y evaluación finalizadas	9/3/2023	9/3/2023
8 - Cierre	10/3/2023	22/4/2023
8.1 Creación de manuales de uso e instalación	10/3/2023	18/3/2023
8.2 Creación de informes de avance de proyecto	13/3/2023	20/3/2023
8.3 Creación de informe final de desempeño del proyecto	22/3/2023	1/4/2023
8.4 Creación de la memoria del trabajo	3/4/2023	15/4/2023
8.5 Creación del video de demostración	17/4/2023	20/4/2023
8.6 Defensa pública y agradecimientos	21/4/2023	21/4/2023
Hito 8 - Fin del proyecto	22/4/2023	22/4/2023

Figura 5. Tabla de Gantt.

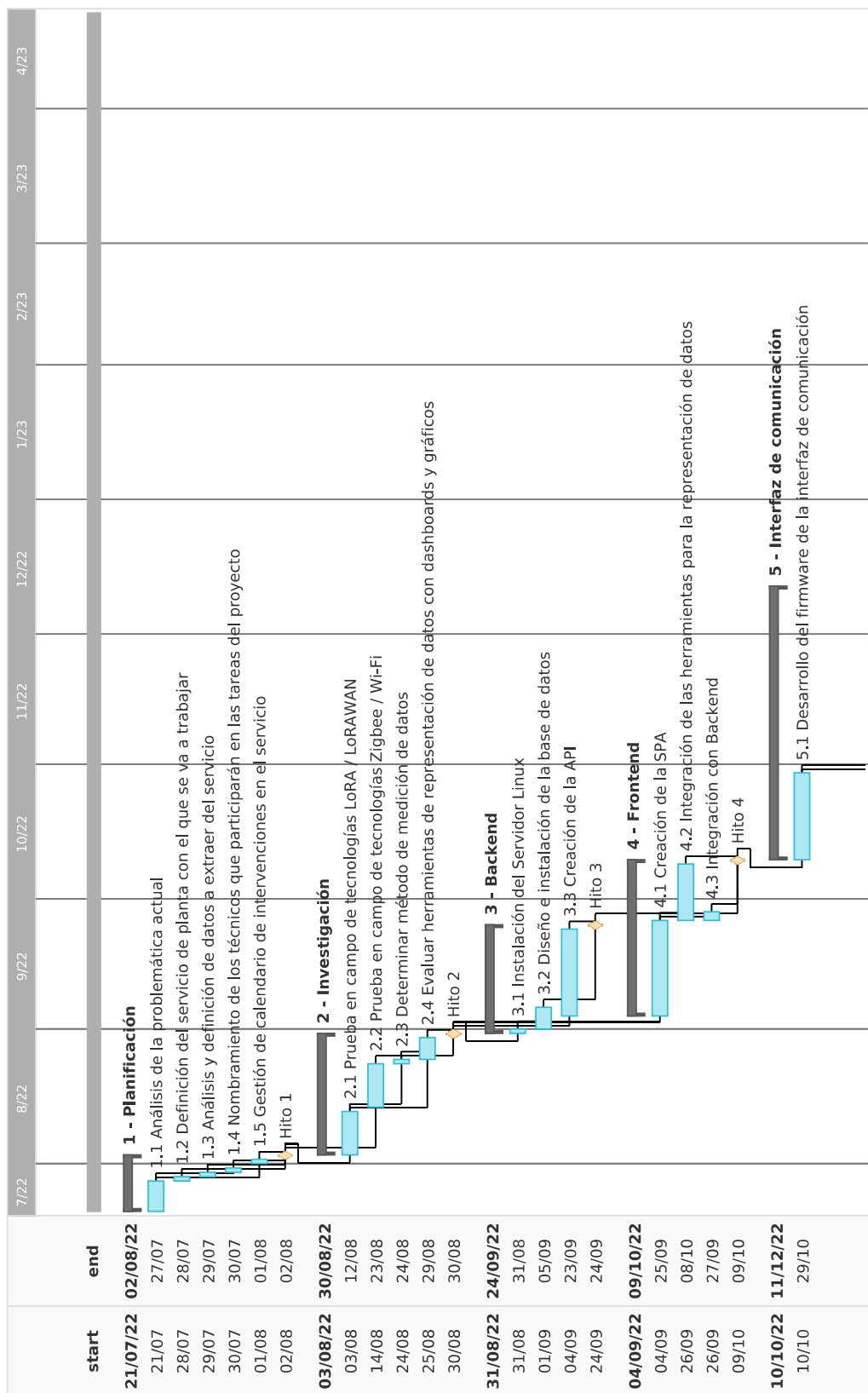


Figura 6. Diagrama de Gantt parte 1.

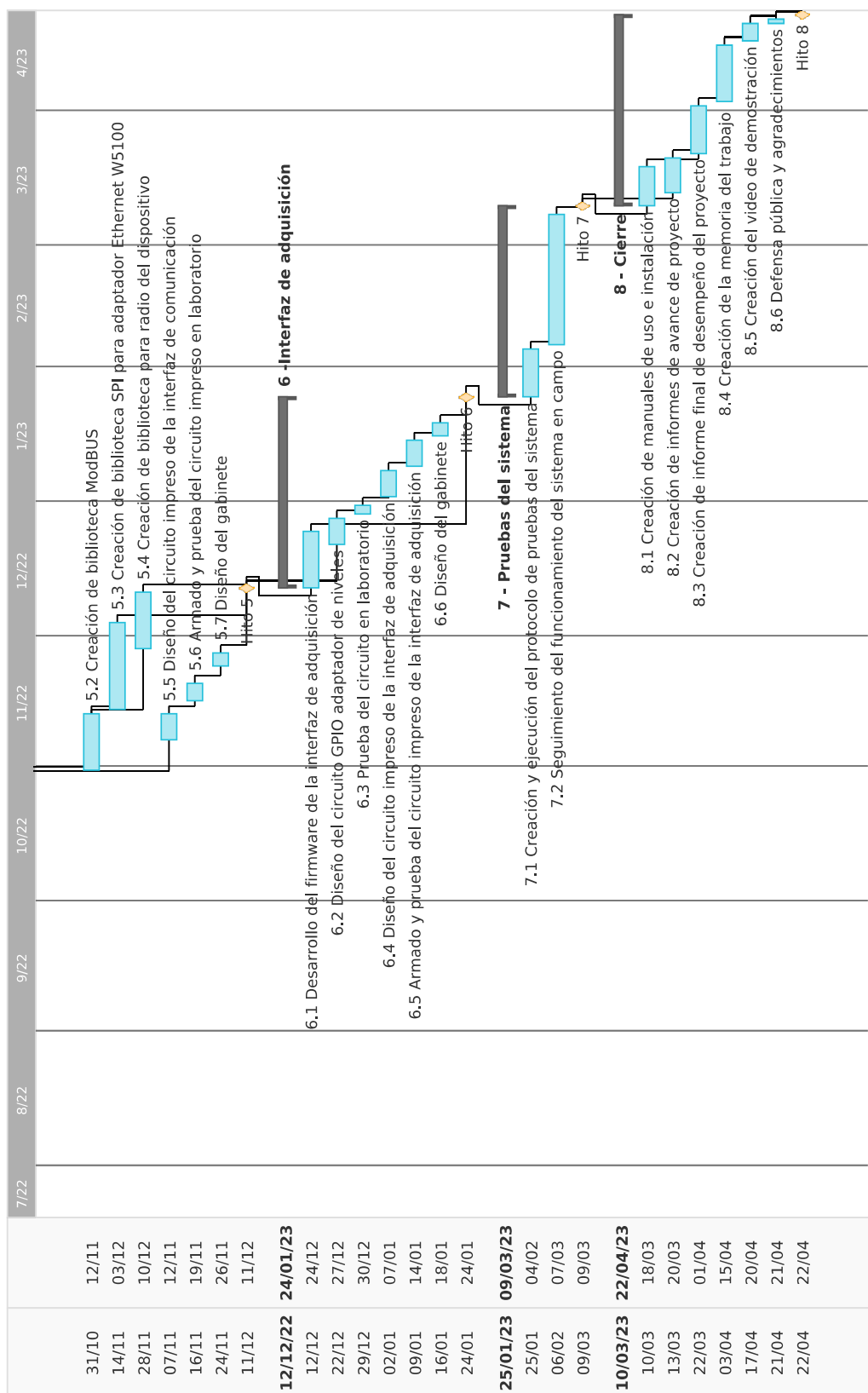


Figura 7. Diagrama en Gantt parte 2.

12. Presupuesto detallado del proyecto

A continuación se detallan los costos del proyecto.

COSTOS DIRECTOS			
Descripción	Cantidad	Valor unitario	Valor total
Placa STM32F411	2	USD 11,23	USD 22,46
Placa ESP32S	2	USD 7,17	USD 14,34
Modulo LoRA RYLR896	2	USD 9,98	USD 19,96
Modulo Ethernet W5100	2	USD 12,9	USD 25,8
Modulo Zigbee CC2530	2	USD 11,4	USD 22,8
Materiales para PCB / gabinete	1	USD 45	USD 45
SUBTOTAL			USD 150
TOTAL			USD 150

13. Gestión de riesgos

a) Identificación de los riesgos :

Riesgo 1: demora en la adquisición de los módulos de radio

- Severidad (S): 7.
La evaluación de los módulos de radio puede generar demoras dado que se encuentra en el camino crítico.
- Ocurrencia (O): 5.
El tiempo de entrega informado por el proveedor es de aproximadamente 60 días. El proceso de compras de la compañía es de hasta 15 días para emitir la orden de compra, esto eleva el tiempo de entrega a 75 días.

Riesgo 2: deterioro de los prototipos.

- Severidad (S): 10.
La reposición de los prototipos puede tomar hasta 75 días.
- Ocurrencia (O): 3.
No se someterán los dispositivos a ensayos destructivos.

Riesgo 3: falta de disponibilidad de máquina para ensayos.

- Severidad (S): 6.
No se dispone del equipo para la instalación de la interfaz de adquisición.
- Ocurrencia (O): 4.
En tal caso, se optará por una máquina de similares características.

Riesgo 4: retrasos por ejecución de otros proyectos o tareas.

- Severidad (S): 6.
Genera demoras en la ejecución del plan de trabajo.
- Ocurrencia (O): 5.
La demanda de horas extras es habitual en momentos de producción elevada.

Riesgo 5: cambio de tecnología de radio a utilizar.

- Severidad (S): 7.
Impacta en el tiempo de desarrollo de bibliotecas y firmware de las interfaces.
- Ocurrencia (O): 2.
Se someterá los módulos de radio a pruebas de campo para verificar el cumplimiento de los requerimientos.

Riesgo 6: falta de presupuesto por aumento de precios.

- Severidad (S): 6.
Limita la adquisición de materiales para el desarrollo del proyecto.
- Ocurrencia (O): 2.
Las variaciones del presupuesto pueden absorberse mediante el pedido de extensiones presupuestarias. Al momento de la compra se comenzaría con los materiales mas necesarios de acuerdo a la proyección de los trabajos.

b) Tabla de gestión de riesgos: (El RPN se calcula como $RPN = S \times O$)

Riesgo	S	O	RPN	S*	O*	RPN*
Demora en la adquisición de los módulos de radio	7	5	35	4	5	20
Deterioro de los prototipos	10	4	40	10	1	10
Falta de disponibilidad de máquina para ensayos	6	4	24	4	4	16
Retrasos por ejecución de otros proyectos o tareas	6	5	30	3	5	15
Cambio de tecnología de radio a utilizar	7	2	14			
Falta de presupuesto por aumento de precios	6	2	12			

Criterio adoptado: Se tomarán medidas de mitigación en los riesgos cuyos números de RPN sean mayores a 22

Nota: los valores marcados con (*) en la tabla corresponden luego de haber aplicado la mitigación.

c) Plan de mitigación de los riesgos que originalmente excedían el RPN máximo establecido:

Riesgo 1: simulación de los módulos

- Severidad (S): 4
Utilización de software en PC para la simulación de los módulos de radio.
- Probabilidad de ocurrencia (O): 5
No hay cambios en la posibilidad de ocurrencia

Riesgo 2: protecciones de alimentación y montaje.

- Severidad (S): 10

No hay cambios en la severidad.

- Probabilidad de ocurrencia (O): 1

El uso de protecciones para la alimentación y montaje reduce el riesgo eléctrico y mecánico.

Riesgo 3: cambio de máquina.

- Severidad (S): 4

La instalación en otra máquina permitirá continuar con el desarrollo del proyecto.

- Probabilidad de ocurrencia (O): 4

No hay cambios en la posibilidad de ocurrencia

Riesgo 4: delegación de tareas en colaboradores del sector.

- Severidad (S): 3

Al delegar tareas se optimiza el tiempo empleado en el proyecto.

- Probabilidad de ocurrencia (O): 5

No hay cambios en la posibilidad de ocurrencia

14. Gestión de la calidad

Para cada uno de los requerimientos del proyecto indique:

- Req #1: la operación del sistema se debe realizar mediante un navegador web.
 - Verificación: se realizará la programación del frontend para el acceso web.
 - Validación: se le mostrará la cliente la operación del sistema mediante un browser.
- Req #2: las interfaces deben comunicarse entre si mediante tecnología LoRA, LoRaWAN, Zigbee o Wi-Fi.
 - Verificación: se desarrollarán las bibliotecas para la comunicación de los equipos de radio.
 - Validación: se especificará la ruta al endpoint para el acceso a los dispositivos conectados.
- Req #3: el sistema permitirá visualizar el estado de los servicios conectados.
 - Verificación: se creará un endpoint para el acceso a los dispositivos conectados.
 - Validación: se especificará la ruta del endpoint para que el cliente pueda verificar el acceso a los dispositivos conectados.
- Req #4: el sistema permitirá la visualización de alarmas de los servicios conectados.
 - Verificación: se creará un endpoint para el acceso a las alarmas los dispositivos conectados.

- Validación: se especificará la ruta del endpoint para que el cliente pueda verificar las alarmas de los dispositivos conectados.
- Req #5: la interfaz debe conectarse a la red industrial cableada mediante un jack RJ-45.
 - Verificación: se instalará en la placa un módulo con conector RJ45.
 - Validación: se le mostrará al cliente la conexión mediante el conector RJ-45.
- Req #6: la interfaz de adquisición contará con entradas aisladas.
 - Verificación: se utilizarán opto acopladores en el diseño de la interfaz.
 - Validación: se verificará con el cliente la aislación de los circuitos en el laboratorio.
- Req #7: las interfaces contarán con indicadores visuales de alimentación, falla y conexión.
 - Verificación: se asignan 3 salidas del microcontrolador a leds de visualización.
 - Validación: se visualizará el estado de los 3 leds montados en el gabinete de las interfaces.
- Req #8: el sistema permitirá visualizar el registro histórico de variables en intervalos configurables.
 - Verificación: se generarán tablas en la base de datos para el registro histórico de eventos.
 - Validación: se brindará acceso al endpoint para la consulta de los registros históricos.
- Req #9: el sistema permitirá configurar usuarios y parámetros de conexión de los dispositivos de campo.
 - Verificación: se generarán tablas en la base de datos para la gestión de usuarios y parámetros de los dispositivos de campo.
 - Validación: se brindará acceso al endpoint para la generación de usuarios y parámetros de conexión de los dispositivos de campo.
- Req #10: el usuario podrá reiniciar la interfaz mediante un pulsador de reinicio.
 - Verificación: se instalará un pulsador en las interfaces que permitirá su reinicio.
 - Validación: se tendrá acceso al pulsador para su activación.
- Req #11: las interfaces contarán con un puerto para debugging/programming.
 - Verificación: se instalará un conector para realizar el debugging/programming.
 - Validación: se realizará la conexión con la interfaz para realizar el debugging/programming.
- Req #12: la alimentación de las interfaces debe ser de 24V DC/AC.
 - Verificación: se instalará un convertor DC/DC con rectificador de onda completa.
 - Validación: se alimentará la interfaz con 24V DC y luego con 24V AC.

- Req #13: las interfaces tendrán un gabinete que permita su montaje en pared con opción de montaje en riel DIN.
 - Verificación: se diseñará el gabinete con ambas opciones de montaje.
 - Validación: se montará una interfaz en pared y otra en riel DIN.
- Req #14: se debe crear un manual de instalación del sistema.
 - Verificación: se creará un manual con los pasos a realizar para la instalación del sistema.
 - Validación: se entregará el manual en formato PDF.
- Req #15: se debe crear un manual de instalación de las interfaces.
 - Verificación: se creará un manual con los pasos a realizar para la instalación de las interfaces.
 - Validación: se entregará el manual en formato PDF.
- Req #16: se debe crear un manual de uso del sistema.
 - Verificación: se creará un manual con las instrucciones de uso del sistema.
 - Validación: se entregará el manual en formato PDF.
- Req #17: se debe crear un manual de uso de las interfaces.
 - Verificación: se creará un manual con las instrucciones de uso de las interfaces.
 - Validación: se entregará el manual en formato PDF.
- Req #18: se debe crear un protocolo de pruebas para validar el funcionamiento del sistema.
 - Verificación: se creará el protocolo de pruebas y se realizará su ejecución.
 - Validación: se entregará el protocolo de pruebas ejecutado en formato PDF.
- Req #19: se debe generar un informe con las pruebas de funcionamiento del sistema en campo.
 - Verificación: se creará un informe con las pruebas de funcionamiento realizadas en campo.
 - Validación: se entregará el informe en formato PDF.
- Req #20: se debe generar un informe de avance del proyecto.
 - Verificación: se generarán informes de avance del proyecto.
 - Validación: se entregará el informe en formato PDF.
- Req #21: se debe generar una memoria del proyecto.
 - Verificación: se generará la memoria del proyecto.
 - Validación: se entregará la memoria en formato PDF.

15. Procesos de cierre

Establecer las pautas de trabajo para realizar una reunión final de evaluación del proyecto, tal que contemple las siguientes actividades:

- Pautas de trabajo que se seguirán para analizar si se respetó el plan de proyecto original:
 - El análisis de correspondencia entre el plan de proyecto original y el ejecutado estará a cargo del responsable del proyecto, luego de cada etapa se evaluarán las causas de éxito o fracaso para incorporar modificaciones en la ejecución de las etapas siguientes.
- Identificación de las técnicas y procedimientos útiles e inútiles que se emplearon, y los problemas que surgieron y cómo se solucionaron:
 - El responsable del proyecto se encargará del seguimiento del proyecto y documentará su estado.
- Luego de realizar la presentación ante el jurado, el responsable del proyecto efectuará el agradecimiento público de todas las personas involucradas en el proyecto.