



Monitoreo de red de sensores Bluetooth en invernaderos

Autor:

Ing. Laura Andrea Moreno Rodríguez

Director:

Ing. Federico Roux (pertenencia)

*Esta planificación fue realizada en el curso de Gestión de proyectos
entre el 11 de marzo de 2025 y el 22 de abril de 2025.*

Índice

1. Descripción técnica-conceptual del proyecto a realizar	5
1.1 Contexto y Objetivo	5
1.2 Red de sensores Bluetooth Mesh	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	9
9. Desglose del trabajo en tareas	10
10. Diagrama de Activity On Node.	10
11. Diagrama de Gantt	11
12. Presupuesto detallado del proyecto	14
13. Gestión de riesgos	14
14. Gestión de la calidad	15
15. Procesos de cierre	16

Registros de cambios

Revisión	Detalles de los cambios realizados	Fecha
0	Creación del documento	11 de marzo de 2025
1	Se completa hasta el punto 5 inclusive	16 de marzo de 2025

Acta de constitución del proyecto

Buenos Aires, 11 de marzo de 2025

Por medio de la presente se acuerda con la Ing. Laura Andrea Moreno Rodríguez que su Trabajo Final de la Carrera de Especialización en Sistemas Embebidos se titulará “Monitoreo de red de sensores Bluetooth en invernaderos” y consistirá en el desarrollo del protocolo de comunicación basado en Bluetooth Mesh para interconectar los sensores, optimizando el monitoreo y control local de la red. El trabajo tendrá un presupuesto preliminar estimado de 600 horas y un costo estimado de \$ XXX, con fecha de inicio el 11 de marzo de 2025 y fecha de presentación pública en noviembre 2025.

Se adjunta a esta acta la planificación inicial.

Dr. Ing. Ariel Lutenberg
Director posgrado FIUBA

Pablo Lodetti
Wentux Tecnoagro

Ing. Federico Roux
Director del Trabajo Final

1. Descripción técnica-conceptual del proyecto a realizar

1.1. Contexto y Objetivo

Este proyecto surge como una necesidad de la empresa Wentux Tecnoagro y ha sido propuesto por Pablo Lodetti dentro del programa de vinculación con empresas de la Carrera de Especialización en Sistemas Embebidos.

Wentux Tecnoagro desarrolla y comercializa diversos dispositivos para la automatización de salas de cultivo. Uno de estos dispositivos es un sensor de suelo diseñado para medir la temperatura y humedad en invernaderos. Actualmente, este sensor utiliza el microcontrolador ESP32-C3 y transmite las mediciones vía Wi-Fi a un servidor local del usuario. Como resultado, cada sensor instalado en el invernadero debe estar dentro del alcance de la red Wi-Fi para funcionar correctamente.

El objetivo principal de este proyecto es aprovechar las capacidades Bluetooth del ESP32-C3 para desarrollar una solución de transmisión de datos basada en una red de sensores Bluetooth Mesh. Esta tecnología permitirá ampliar el rango de comunicación de los sensores, eliminando la necesidad de que cada uno esté dentro de un área específica de cobertura Wi-Fi. Además, se implementará un servidor web local para la configuración y monitoreo de la red, optimizando la gestión y operación del sistema para el usuario final.

1.2. Red de sensores Bluetooth Mesh

Una red de sensores Bluetooth Mesh es un sistema de comunicación inalámbrica en el que múltiples dispositivos, llamados nodos, se interconectan para formar una red descentralizada y de amplio alcance. A diferencia de las conexiones punto a punto tradicionales, en una red Mesh cada nodo puede retransmitir datos, lo que permite extender la cobertura de comunicación más allá del rango de un solo dispositivo y mejorar la confiabilidad del sistema.

En el contexto de sensores para invernaderos, una red Bluetooth Mesh permite que los datos recopilados por cada sensor sean transmitidos de manera eficiente a través de otros nodos hasta llegar a un punto central, sin necesidad de que todos los dispositivos estén dentro del alcance directo de una única fuente de comunicación, como una red Wi-Fi. Esto optimiza el consumo energético, reduce la infraestructura necesaria y facilita la escalabilidad del sistema.

Diagrama

utilizado es el ESP32-C3 de Espressif Systems. Los datos recolectados por los sensores Bluetooth se envían al módulo central, el cual los transmite al servidor mediante el protocolo MQTT para la comunicación cliente-servidor. Se busca que el módulo central gestione la comunicación con los diferentes nodos sensores del invernadero, permitiendo el monitoreo de variables y el estado de los actuadores conectados, así como la ejecución de acciones programadas. Asimismo, se desarrollará un servidor web que facilite el control y monitoreo del equipo dentro de la red local, integrando a los distintos nodos BLE conectados.

El objetivo es que el lector, en una o dos páginas, exponga de qué se trata el proyecto y cuáles son sus desafíos, cuál es la motivación para realizarlo y su importancia.

Se debe introducir el contexto del proyecto, el estado del arte en la temática, describir la propuesta de valor, cuál es el problema que atiende y cuál es la solución que se propone. Se debe dar una descripción funcional de la solución que incluya un diagrama en bloques.

Puede ser útil incluir en esta sección la respuesta a alguna de estas preguntas:

- ¿Cuál es el contexto del proyecto, es un emprendimiento personal, un proyecto para una empresa, es parte del programa de vinculación con empresas del posgrado?
- ¿Existen o aplican condiciones especiales al proyecto, financiamiento de algún programa público o privado, acuerdos de confidencialidad, acuerdos sobre la propiedad intelectual de los entregables u otros?
- ¿Cómo se compara la solución propuesta con el estado del arte en el campo de aplicación?
¿En qué aspectos destaca?
- ¿Ayuda a la explicación si se incluye un lienzo Canvas del Modelo de Negocio?
- ¿En qué estado del ciclo de vida está la solución que se propone?
- ¿Cuáles son las características del cliente (el adoptante de los entregables del proyecto) qué valora, qué necesita?
- ¿Por dónde pasa la innovación?

La descripción técnica-conceptual **debe incluir al menos un diagrama en bloques del sistema** y descripción funcional de la solución propuesta.

Las figuras se deben mencionar en el texto ANTES de que aparezcan con una frase como la siguiente: “En la figura 1 se presenta el diagrama en bloques del sistema. Se observa que...”. La regla es que las figuras nunca pueden ir antes de ser mencionadas en el texto, porque sino el lector no entiende por qué de pronto aparece una figura.

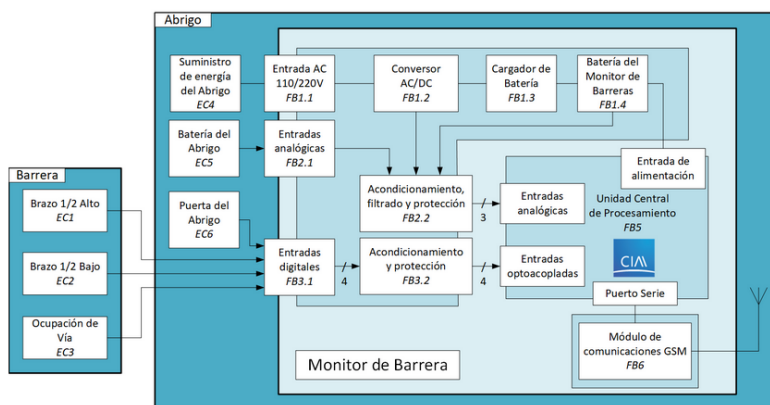


Figura 1. Diagrama en bloques del sistema.

El tamaño del texto en TODAS las figuras debe ser adecuado **para que NO pase lo que ocurre en la figura 1**, donde el lector debe esforzarse para poder leer el texto.

Los colores usados en el diagrama deben ser adecuados, tal que ayuden a comprender mejor el diagrama. Se recomienda evitar colores primarios (como rojo, verde o cyan) y usar la gama de colores pastel.

2. Identificación y análisis de los interesados

Rol	Nombre y Apellido	Organización	Puesto
Auspiciante			
Cliente	Pablo Lodetti	Wentux Tecnoagro	
Responsable	Ing. Laura Andrea Moreno Rodríguez	FIUBA	Alumno
Orientador	Ing. Federico Roux	pertenencia	Director del Trabajo Final
Equipo	miembro1 miembro2		
Opositores			
Usuario final			

No dejar celdas vacías; si no hay nada que poner en una celda colocar un signo “-”.

Es deseable listar a continuación las principales características de cada interesado.

Por ejemplo:

- Cliente:
- Orientador: el... Dra. Ing. María Gómez es experto en la temática y va a ayudar con la definición de los requerimientos y el desarrollo del firmware del embebido.
- Auspiciante: es riguroso y exigente con la rendición de gastos. Tener mucho cuidado con esto.
- Equipo: Juan Perez, suele pedir licencia porque tiene un familiar con una enfermedad. Planificar considerando esto.

3. Propósito del proyecto

Aprovechar las capacidades Bluetooth del microcontrolador ESP32-C3 para desarrollar una solución de transmisión de datos basada en una red de sensores Bluetooth Mesh para los sensores de suelo de Pablo Lodetti. Esta tecnología permitirá ampliar el rango de comunicación de los sensores, eliminando la necesidad de que cada uno esté dentro de un área específica de cobertura Wi-Fi. Además, se implementará un servidor web local para la configuración y monitoreo de la red, optimizando la gestión y operación del sistema para el usuario final.

¿Por qué se hace el proyecto? ¿Qué se quiere lograr?

Se recomienda que sea solo un párrafo que continúe con la idea de la frase “el propósito de este proyecto es...” (omitir la frase, ya que está en el título de la sección).

4. Alcance del proyecto

¿Qué se incluye y que no se incluye en este proyecto?

Se refiere al trabajo que se va a hacer para entregar el producto o resultado especificado.

Explicitar todo lo quede comprendido dentro del alcance del proyecto. Por ejemplo:

El proyecto incluye:

- Ítem 1.
- Ítem 2.
 - Subítem 1.
 - Subítem 2.
 - ...
- ...

Explicitar además todo lo que no quede incluido (“El presente proyecto no incluye...”)

5. Supuestos del proyecto

“Para el desarrollo del presente proyecto se supone que: ...”

- Supuesto 1.
- Supuesto 2.
- ...

Por ejemplo, se podrían incluir supuestos respecto a disponibilidad de tiempo y recursos humanos y materiales, sobre la factibilidad técnica de distintos aspectos del proyecto, sobre otras cuestiones que sean necesarias para el éxito del proyecto como condiciones macroeconómicas o reglamentarias.

6. Requerimientos

Los requerimientos deben enumerarse y de ser posible estar agrupados por afinidad, por ejemplo:

1. Requerimientos funcionales:
 - 1.1. El sistema debe...
 - 1.2. Tal componente debe...
 - 1.3. El usuario debe poder...
2. Requerimientos de documentación:
 - 2.1. Requerimiento 1.
 - 2.2. Requerimiento 2 (prioridad menor)

3. Requerimiento de testing...
4. Requerimientos de la interfaz...
5. Requerimientos interoperabilidad...
6. etc...

Leyendo los requerimientos se debe poder interpretar cómo será el proyecto y su funcionalidad.

Indicar claramente cuál es la prioridad entre los distintos requerimientos y si hay requerimientos opcionales.

!!!No olvidarse de que los requerimientos incluyen a las regulaciones y normas vigentes!!!

Y al escribirlos seguir las siguientes reglas:

- Ser breve y conciso (nadie lee cosas largas).
- Ser específico: no dejar lugar a confusiones.
- Expresar los requerimientos en términos que sean cuantificables y medibles.

7. Historias de usuarios (*Product backlog*)

Descripción: en esta sección se deben incluir las historias de usuarios y su ponderación (*history points*). Recordar que las historias de usuarios son descripciones cortas y simples de una característica contada desde la perspectiva de la persona que desea la nueva capacidad, generalmente un usuario o cliente del sistema. La ponderación es un número entero que representa el tamaño de la historia comparada con otras historias de similar tipo.

Se debe indicar explícitamente el criterio para calcular los *story points* de cada historia.

El formato propuesto es:

1. “Como [rol] quiero [tal cosa] para [tal otra cosa].”
Story points: 8 (complejidad: 3, dificultad: 2, incertidumbre: 3)

8. Entregables principales del proyecto

Los entregables del proyecto son (ejemplo):

- Manual de usuario.
- Diagrama de circuitos esquemáticos.
- Código fuente del firmware.

- Diagrama de instalación.
- Memoria del trabajo final.
- etc...

9. Desglose del trabajo en tareas

El WBS debe tener relación directa o indirecta con los requerimientos. Son todas las actividades que se harán en el proyecto para dar cumplimiento a los requerimientos. Se recomienda mostrar el WBS mediante una lista indexada:

1. Grupo de tareas 1 (suma h)
 - 1.1. Tarea 1 (tantas h)
 - 1.2. Tarea 2 (tantas h)
 - 1.3. Tarea 3 (tantas h)
2. Grupo de tareas 2 (suma h)
 - 2.1. Tarea 1 (tantas h)
 - 2.2. Tarea 2 (tantas h)
 - 2.3. Tarea 3 (tantas h)
3. Grupo de tareas 3 (suma h)
 - 3.1. Tarea 1 (tantas h)
 - 3.2. Tarea 2 (tantas h)
 - 3.3. Tarea 3 (tantas h)
 - 3.4. Tarea 4 (tantas h)
 - 3.5. Tarea 5 (tantas h)

Cantidad total de horas: tantas.

¡Importante!: la unidad de horas es h y va separada por espacio del número. Es incorrecto escribir “23hs”.

Se recomienda que no haya ninguna tarea que lleve más de 40 h. De ser así se recomienda dividirla en tareas de menor duración.

10. Diagrama de Activity On Node

Armar el AoN a partir del WBS definido en la etapa anterior.

Una herramienta simple para desarrollar los diagramas es el Draw.io (<https://app.diagrams.net/>). Draw.io

Indicar claramente en qué unidades están expresados los tiempos. De ser necesario indicar los caminos semi críticos y analizar sus tiempos mediante un cuadro. Es recomendable usar colores y un cuadro indicativo describiendo qué representa cada color.



Figura 2. Diagrama de *Activity on Node*.

11. Diagrama de Gantt

Existen muchos programas y recursos *online* para hacer diagramas de Gantt, entre los cuales destacamos:

- Planner
- GanttProject
- Trello + *plugins*. En el siguiente link hay un tutorial oficial:
<https://blog.trello.com/es/diagrama-de-gantt-de-un-proyecto>
- Creately, herramienta online colaborativa.
<https://creately.com/diagram/example/ieb3p3ml/LaTeX>
- Se puede hacer en latex con el paquete *pgfgantt*
<http://ctan.dcc.uchile.cl/graphics/pgf/contrib/pgfgantt/pgfgantt.pdf>

Pegar acá una captura de pantalla del diagrama de Gantt, cuidando que la letra sea suficientemente grande como para ser legible. Si el diagrama queda demasiado ancho, se puede pegar primero la “tabla” del Gantt y luego pegar la parte del diagrama de barras del diagrama de Gantt.

Configurar el software para que en la parte de la tabla muestre los códigos del EDT (WBS).
Configurar el software para que al lado de cada barra muestre el nombre de cada tarea.
Revisar que la fecha de finalización coincida con lo indicado en el Acta Constitutiva.

En la figura 3, se muestra un ejemplo de diagrama de gantt realizado con el paquete de *pgfgantt*. En la plantilla pueden ver el código que lo genera y usarlo de base para construir el propio.

Las fechas pueden ser calculadas utilizando alguna de las herramientas antes citadas. Sin embargo, el siguiente ejemplo fue elaborado utilizando [esta hoja de cálculo](#).

Es importante destacar que el ancho del diagrama estará dado por la longitud del texto utilizado para las tareas (Ejemplo: tarea 1, tarea 2, etcétera) y el valor *x unit*. Para mejorar la apariencia del diagrama, es necesario ajustar este valor y, quizás, acortar los nombres de las tareas.

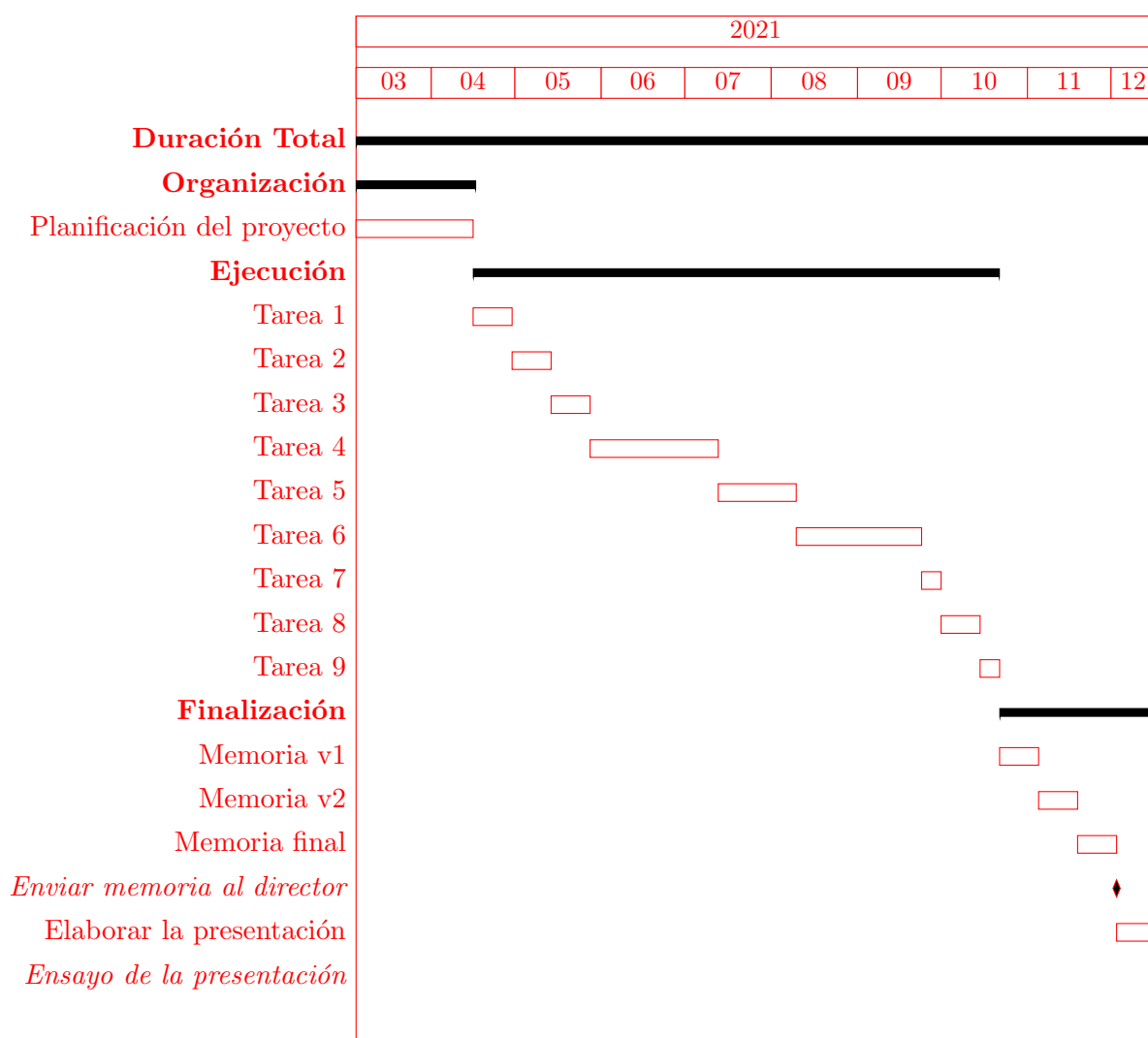


Figura 3. Diagrama de gantt de ejemplo



Figura 4. Ejemplo de diagrama de Gantt (apaisado).

12. Presupuesto detallado del proyecto

Si el proyecto es complejo entonces separarlo en partes:

- Un total global, indicando el subtotal acumulado por cada una de las áreas.
- El desglose detallado del subtotal de cada una de las áreas.

IMPORTANTE: No olvidarse de considerar los **COSTOS INDIRECTOS**.

Incluir la aclaración de si se emplea como moneda el peso argentino (ARS) o si se usa moneda extranjera (USD, EUR, etc). Si es en moneda extranjera se debe indicar la tasa de conversión respecto a la moneda local en una fecha dada.

COSTOS DIRECTOS			
Descripción	Cantidad	Valor unitario	Valor total
SUBTOTAL			
COSTOS INDIRECTOS			
Descripción	Cantidad	Valor unitario	Valor total
SUBTOTAL			
TOTAL			

13. Gestión de riesgos

a) Identificación de los riesgos (al menos cinco) y estimación de sus consecuencias:

Riesgo 1: detallar el riesgo (riesgo es algo que si ocurre altera los planes previstos de forma negativa)

- Severidad (S): mientras más severo, más alto es el número (usar números del 1 al 10). Justificar el motivo por el cual se asigna determinado número de severidad (S).
- Probabilidad de ocurrencia (O): mientras más probable, más alto es el número (usar del 1 al 10). Justificar el motivo por el cual se asigna determinado número de (O).

Riesgo 2:

- Severidad (S): X.
Justificación...

- Ocurriencia (O): Y.
Justificación...

Riesgo 3:

- Severidad (S): X.
Justificación...
- Ocurriencia (O): Y.
Justificación...

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

Riesgo	S	O	RPN	S*	O*	RPN*

Criterio adoptado:

Se tomarán medidas de mitigación en los riesgos cuyos números de RPN sean mayores a...

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: plan de mitigación (si por el RPN fuera necesario elaborar un plan de mitigación).
Nueva asignación de S y O, con su respectiva justificación:

- Severidad (S*): mientras más severo, más alto es el número (usar números del 1 al 10). Justificar el motivo por el cual se asigna determinado número de severidad (S).
- Probabilidad de ocurrencia (O*): mientras más probable, más alto es el número (usar del 1 al 10). Justificar el motivo por el cual se asigna determinado número de (O).

Riesgo 2: plan de mitigación (si por el RPN fuera necesario elaborar un plan de mitigación).

Riesgo 3: plan de mitigación (si por el RPN fuera necesario elaborar un plan de mitigación).

14. Gestión de la calidad

Elija al menos diez requerimientos que a su criterio sean los más importantes/críticos/que aportan más valor y para cada uno de ellos indique las acciones de verificación y validación que permitan asegurar su cumplimiento.

- Req #1: copiar acá el requerimiento con su correspondiente número.

- Verificación para confirmar si se cumplió con lo requerido antes de mostrar el sistema al cliente. Detallar.
- Validación con el cliente para confirmar que está de acuerdo en que se cumplió con lo requerido. Detallar.

Tener en cuenta que en este contexto se pueden mencionar simulaciones, cálculos, revisión de hojas de datos, consulta con expertos, mediciones, etc.

Las acciones de verificación suelen considerar al entregable como “caja blanca”, es decir se conoce en profundidad su funcionamiento interno.

En cambio, las acciones de validación suelen considerar al entregable como “caja negra”, es decir, que no se conocen los detalles de su funcionamiento interno.

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:
 - Indicar quién se ocupará de hacer esto y cuál será el procedimiento a aplicar.
- Identificación de las técnicas y procedimientos útiles e inútiles que se emplearon, los problemas que surgieron y cómo se solucionaron:
 - Indicar quién se ocupará de hacer esto y cuál será el procedimiento para dejar registro.
- Indicar quién organizará el acto de agradecimiento a todos los interesados, y en especial al equipo de trabajo y colaboradores:
 - Indicar esto y quién financiará los gastos correspondientes.