



**FACULTAD
DE INGENIERIA**

Universidad de Buenos Aires

Red de sensores WiFi para sistema productivo

Autor:

Francisco G. Timez

Director:

Marcelo Pistarelli (pertenencia)

Jurados:

Nombre y Apellido (1) (pertenencia (1))

Nombre y Apellido (2) (pertenencia (2))

Nombre y Apellido (3) (pertenencia (3))

*Este trabajo fue realizado en el curso de Gestión de proyectos
entre el 22 de junio de 2020 y el 22 de Agosto de 2020.*

Índice

Registros de cambios	3
Acta de constitución del proyecto.	4
Descripción técnica-conceptual del proyecto a realizar	5
Identificación y análisis de los interesados.	6
1. Propósito del proyecto	6
2. Alcance del proyecto	6
3. Supuestos del proyecto.	6
4. Requerimientos	7
Historias de usuarios (<i>Product backlog</i>)	7
5. Entregables principales del proyecto	8
6. Desglose del trabajo en tareas	8
7. Diagrama de Activity On Node	9
8. Diagrama de Gantt.	10
9. Matriz de uso de recursos de materiales	12
10. Presupuesto detallado del proyecto	12
11. Matriz de asignación de responsabilidades	12
12. Gestión de riesgos	13
13. Gestión de la calidad	14
14. Comunicación del proyecto	14
15. Gestión de Compras	15
16. Seguimiento y control.	15
17. Procesos de cierre	15

Registros de cambios

Revisión	Detalles de los cambios realizados	Fecha
1.0	Creación del documento	22/06/2020
1.1	Avances hasta capítulo 6. Desglose de tareas	10/07/2020
1.2	Se atendieron a las correcciones enviadas el día 14/07/2020	15/07/2020
1.3	Avances hasta capítulo 11. Matriz de asignación de responsabilidades.	30/07/2020

Acta de constitución del proyecto

Buenos Aires, 22 de junio de 2020

Por medio de la presente se acuerda con el Ing. Francisco G. Timez que su Trabajo Final de la Carrera de Especialización en Sistemas Embebidos se titulará “Red de sensores WiFi para sistema productivo”, consistirá esencialmente en el prototipo preliminar de un sensor de fácil configuración e instalación, para el registro de datos ambientales o de procesos específicos, y tendrá un presupuesto preliminar estimado en 640 hs y un costo estimado en xxxx pesos argentinos, con fecha de inicio 22 de junio de 2020 y fecha de presentación pública 22 de Julio de 2021.

Se adjunta a esta acta la planificación inicial.

Ariel Lutenberg
Director posgrado FIUBA

Pablo Scherf
Cerámica FELI

Marcelo Pistarelli
Director del Trabajo Final

Nombre y Apellido (1)
Jurado del Trabajo Final

Nombre y Apellido (2)
Jurado del Trabajo Final

Nombre y Apellido (3)
Jurado del Trabajo Final

Descripción técnica-conceptual del proyecto a realizar

En las PyMEs dedicadas a la industria ceramista, en la mayoría de las situaciones los emprendedores corrigen, a prueba y error, los parámetros de sus procesos productivos en base a los resultados obtenidos de la producción. Las correcciones se realizan según la experiencia propia del emprendedor y en la mayoría de los casos no se realizan registro de las variables del proceso.

Partiendo de la premisa que “lo que no se puede medir, no se puede mejorar”, se propone un sistema de fácil configuración e instalación, que les permita a estos emprendedores, en un principio, utilizar los criterios formados en la experiencia, y poder darles una base sólida en los datos para poder mejorar de manera continua.

Este proyecto debe ser de implementación sencilla, por dos motivos. Primero, no suelen tener un departamento dentro de la PyME dedicado al mantenimiento, pero si personal con conocimientos de electricidad industrial. Segundo, la estructura edilicia de la industria se modifica constantemente. Entonces debe ser un producto que se pueda reinstalar en otro sitio sin mayores inconvenientes.

Uno de los desafíos más importantes de este proyecto radica en reducir los costos de implementación, tiene que permitirle a la PyME instalar, desinstalar y reubicar los sensores con recursos propios, sin recurrir a mano de obra especializada.

El sistema consiste en nodos que se desarrollan en forma genérica y que pueden ser configurados según la necesidad de la PyME. Como se puede ver en la figura 1, los nodos son similares, pero pueden tener distintas funciones asignadas, el Nodo 01 sensa temperatura y humedad, el Nodo 02 sensa temperatura y un switch (podría funcionar como contador) y el Nodo 03 tiene un módulo de expansión I2C. De esta manera, si algún Nodo pierde utilidad en el lugar donde se encuentra instalado, puede ser reubicado cambiando su configuración o no.

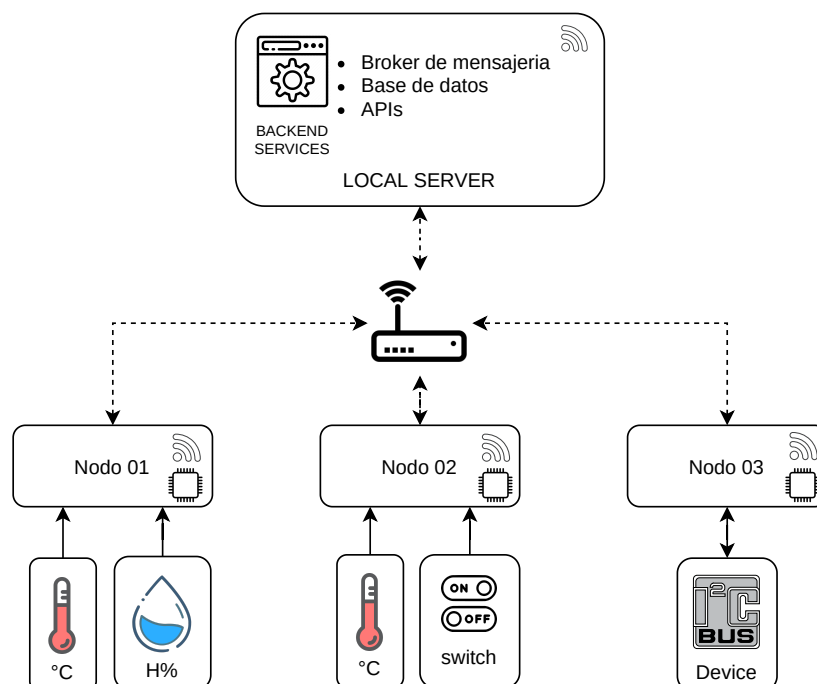


Figura 1: Diagrama en bloques del sistema

Identificación y análisis de los interesados

Rol	Nombre y Apellido	Organización	Puesto
Auspiciante Cliente Impulsor	Pablo Scherf	Cerámica FELI	Gerente
Responsable	Francisco G. Timez	FIUBA	Alumno
Orientador	Marcelo Pistarelli	pertenencia	Director Trabajo final
Usuario final	Personal técnico	PyME	-

1. Propósito del proyecto

El propósito de este proyecto es brindarle a la PyME un recurso técnico económico para lograr implementar un sistema de seguimiento a su proceso o línea productiva; que le permita sensar variables de producción y tener los datos disponibles en gráficos actualizados en tiempo real.

2. Alcance del proyecto

El desarrollo del presente proyecto incluye:

- Análisis, investigación y elección del hardware para el nodo.
- Desarrollo de un prototipo de nodo que soporte distintos sensores detallados en los requerimientos.
- Desarrollo del firmware del nodo.
- Software *backend* para almacenar los datos de los sensores en una base de datos tipo SQL.
- Instalación de una interfaz gráfica estándar para visualización de los datos almacenados en la base de datos.

El proyecto NO incluye:

- Desarrollo de una interfaz web o gráfica específica para interactuar con los datos.
- Desarrollo de una interfaz gráfica para configuración de los nodos.
- Desarrollo de módulos de sensores para el nodo.
- Pruebas de validación en campo.

3. Supuestos del proyecto

Para el desarrollo del presente proyecto se supone que:

- Los componentes electrónicos necesarios se consiguen dentro de territorio Argentino.

- Se realizará un solo proceso de compra.
- Los sensores son todos con salida digital, se supone que no requieren un proceso de calibración y ajuste.
- La estructura de red WiFi existe y está en funcionamiento en la PyME.
- La cobertura de la red WiFi es la adecuada para la línea productiva de la PyME.

4. Requerimientos

Requerimientos del proyecto:

1. Requerimientos de hardware del nodo:

- 1.1. Debe soportar tensiones de alimentación de 5 Vdc a 24 Vdc.
- 1.2. Debe basarse en el microcontrolador ESP8266 ó ESP32.
- 1.3. Debe tener puerto de I2C para conectar otros módulos de expansión.
- 1.4. Entradas:
 - 1) Sensor de temperatura y humedad DHT22.
 - 2) Sensor de temperatura termopar K con MAX6675.
 - 3) Al menos una entrada para sensores con salida relé o transistorizados NPN.

2. Requerimientos de firmware del nodo:

- 2.1. Comunicación WiFi y por protocolo MQTT.
- 2.2. Se debe poder configurar los sensores mediante un archivo JSON, con posibilidad de actualización mediante OTA.
- 2.3. Se debe soportar actualización del firmware mediante OTA.
- 2.4. Se debe soportar el módulo de expansión PCF8574.

3. Requerimientos de software backend:

- 3.1. Todos los servicios deben correr en una Raspberry Pi 3 o 4.
- 3.2. Broker MQTT alojado en red local.
- 3.3. Backend basado en Node-RED o NodeJS.
- 3.4. Generación de tablas en base de datos SQL, según configuración del nodo.
- 3.5. Dashboard web de variables sensadas mediante Grafana.

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.

5. Entregables principales del proyecto

- Manual de configuración
- Diagrama esquemático
- Código fuente
- Informe final

6. Desglose del trabajo en tareas

1. Planificación del Proyecto (40 hs)
 - 1.1. Elaboración del documento de planificación del proyecto (20 hs)
 - 1.2. Diseño de la arquitectura global del proyecto (20 hs)
2. Desarrollo del hardware del nodo (150 hs)
 - 2.1. Diseño del diagrama esquemático (40 hs)
 - 2.2. Selección y compra de componentes (20 hs)
 - 2.3. Routeo PCB (40 hs)
 - 2.4. Fabricación del PCB (30 hs)
 - 2.5. Verificación y testing básico del prototipo (20 hs)
3. Desarrollo del firmware del nodo (210 hs)
 - 3.1. Tests con freeRTOS (50 hs)
 - 1) Generar tareas con los parámetros cargados desde un archivo JSON (25 hs)
 - 2) Actualización de tareas con la actualización del archivo JSON (25 hs)
 - 3.2. Diseño de la arquitectura de software (20 hs)
 - 3.3. Desarrollo de tareas para comunicación WiFi con broker de mensajería (20 hs)
 - 3.4. Desarrollo de las tareas para gestión de sensores (40 hs)
 - 3.5. Desarrollo de las tareas para gestión de puerto de expansión I2C (40 hs)
 - 3.6. Integración de todas las tareas desarrolladas (40 hs)
4. Desarrollo del backend (240 hs)
 - 4.1. Diseño de la arquitectura de software (40 hs)
 - 4.2. Instalación de broker de mensajería (20 hs)
 - 4.3. Instalación de base de datos (20 hs)
 - 4.4. Desarrollo software de backend (100 hs)
 - 1) Introducción a NodeJS (50 hs)
 - 2) Desarrollo bloque para comunicación con broker de mensajería (25 hs)
 - 3) Desarrollo bloque para inserción de datos en la base de datos (25 hs)
 - 4.5. Instalación y configuración de Grafana (20 hs)
 - 4.6. Integración de los bloques desarrollados (40 hs)

Cantidad total de horas: (640 hs)

7. Diagrama de Activity On Node

En el diagrama de Activity On Node se utiliza “hora” como unidad de tiempo y las flechas gruesas marcan el camino crítico del proyecto.

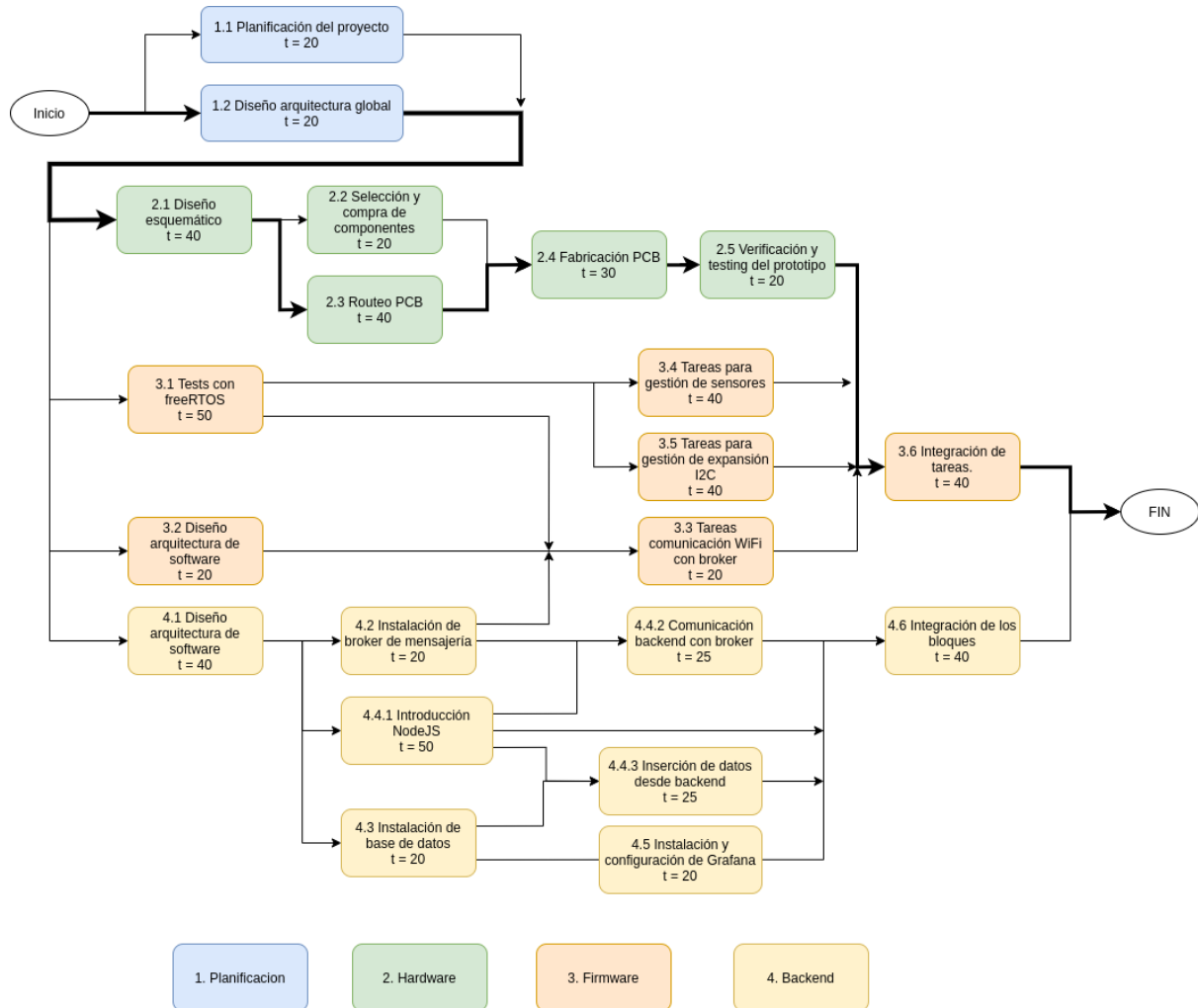


Figura 2: Diagrama en *Activity on Node*

8. Diagrama de Gantt

En el diagrama de Gantt se supone que al proyecto se le dedicará 2 horas de trabajo por día, los 7 días de la semana. La cantidad de horas de trabajo por día es un estimativo promedio mensual. De esta forma la unidad de tiempo en el diagrama de Gantt es “día”.



Nombre	Fecha de inicio	Fecha de fin	Duración
1. Planificación del Proyecto	17/06/20	06/07/20	20
1.1 Elaboración del documento de planificación del proyecto	17/06/20	26/06/20	10
1.2 Diseño de la arquitectura global del proyecto	27/06/20	06/07/20	10
2. Desarrollo del Hardware del nodo	07/07/20	19/09/20	75
2.1 Diseño del diagrama esquemático	07/07/20	26/07/20	20
2.2 Selección y compra de componentes	27/07/20	05/08/20	10
2.3 Routeo PCB	06/08/20	25/08/20	20
2.4 Fabricación del PCB	26/08/20	09/09/20	15
2.5 Verificación y testing básico del prototipo	10/09/20	19/09/20	10
3. Desarrollo del firmware del nodo	20/09/20	22/01/21	125
3.1 Tests con freeRTOS	20/09/20	14/10/20	25
3.1.1 Generar tareas con los parámetros dargados desde un JSON	20/09/20	01/10/20	12
3.1.2 Actualización de tareas con la actualización del archivo JSON	02/10/20	14/10/20	13
3.2 Diseño de la arquitectura de software	15/10/20	24/10/20	10
3.3 Desarrollo de tareas para comunicación WiFi con broker de mensajería	14/11/20	23/11/20	10
3.4 Desarrollo de las tareas para gestión de sensores	24/11/20	13/12/20	20
3.5 Desarrollo de las tareas para gestión de puerto de expansión I2C	14/12/20	02/01/21	20
3.6 Integración de todas las tareas desarrolladas	03/01/21	22/01/21	20
4. Desarrollo del backend	15/10/20	22/04/21	190
4.1 Diseño de la arquitectura de software	15/10/20	03/11/20	20
4.2 Instalación de broker de mensajería	04/11/20	13/11/20	10
4.3 Instalación de base de datos	23/01/21	01/02/21	10
4.4 Desarrollo software de backend	12/02/21	02/04/21	50
4.4.1 Introducción a NodeJS	12/02/21	08/03/21	25
4.4.2 Desarrollo bloque para comunicación con broker de mensajería	09/03/21	21/03/21	13
4.4.3 Desarrollo bloque para inserción de datos en la base de datos	22/03/21	02/04/21	12
4.5 Instalación y configuración de Grafana	02/02/21	11/02/21	10
4.6 Integración de los bloques desarrollados	03/04/21	22/04/21	20

Figura 3: Diagrama de *Gantt*

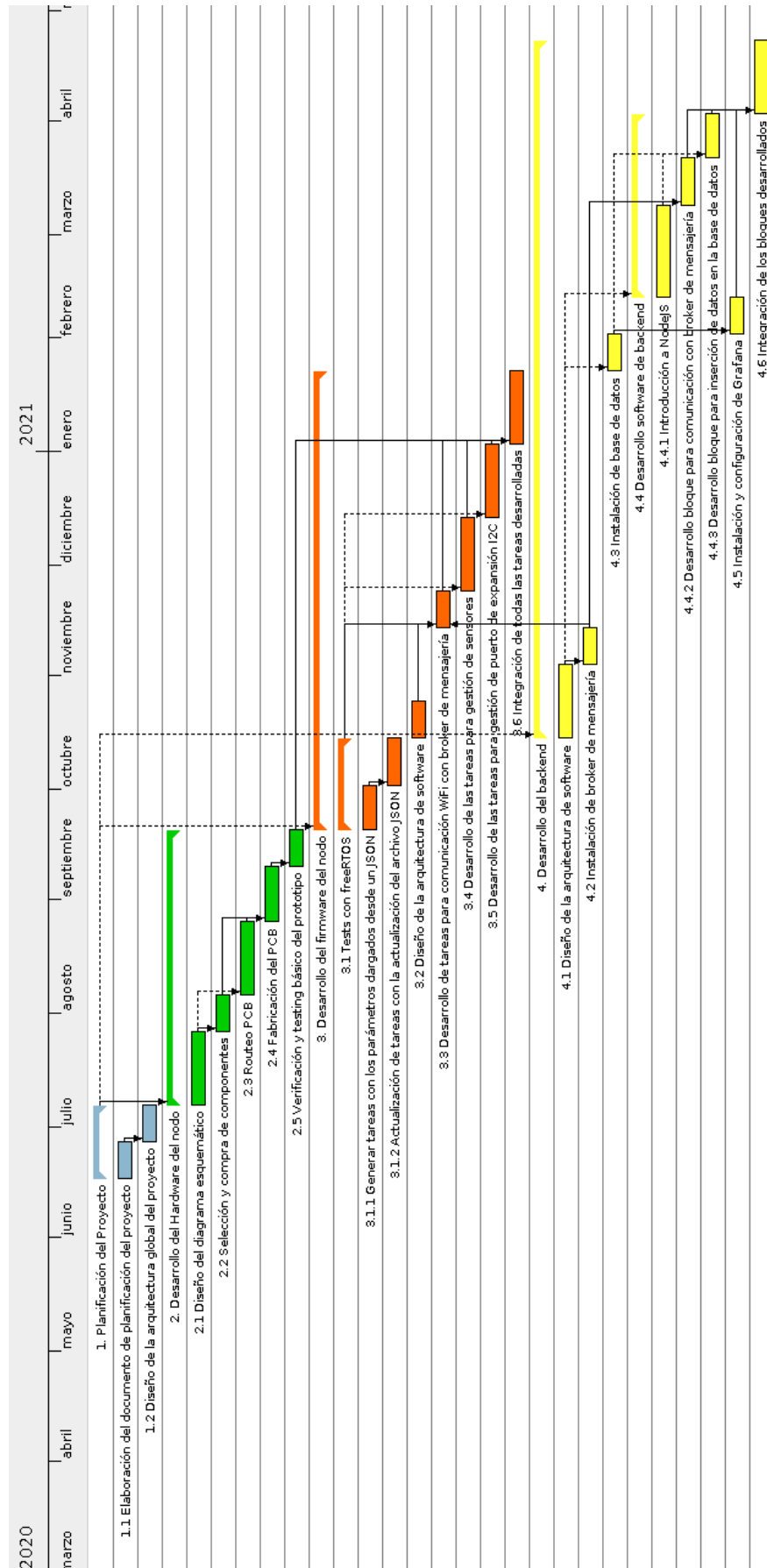


Figura 4: Diagrama de *Gantt* (Gráfico)

9. Matriz de uso de recursos de materiales

codigo WBS	Nombre tarea	Recursos requeridos (horas)				
		PC	Raspberri Pi	Laboratorio	Kit de desarrollo	PCB
1	Planificación del Proyecto					
1.1	Elaboración del documento de planificación del proyecto	20				
1.2	Diseño de la arquitectura global del proyecto	20				
2	Desarrollo del hardware del nodo					
2.1	Diseño del diagrama esquemático	40				
2.2	Selección y compra de componentes	20				
2.3	Routeo PCB	40				
2.4	Fabricación del PCB	5		25		
2.5	Verificación y testing básico del prototipo	20		20		
3	Desarrollo del firmware del nodo					
3.1	Tests con freeRTOS	50			50	
3.2	Diseño de la arquitectura de software	20				
3.3	Desarrollo de tareas para comunicación WiFi con broker de mensajería	20	20			
3.4	Desarrollo de las tareas para gestión de sensores	40			40	
3.5	Desarrollo de las tareas para gestión de puerto de expansión I2C	40			40	
3.6	Integración de todas las tareas desarrolladas	40				40
4	Desarrollo del backend					
4.1	Diseño de la arquitectura de software	40				
4.2	Instalación de broker de mensajería	20	20			
4.3	Instalación de base de datos	20	20			
4.4	Desarrollo software de backend					
4.4.1	Introducción a NodeJS	50				
4.4.2	Desarrollo bloque para comunicación con broker de mensajería	25	25			
4.4.3	Desarrollo bloque para inserción de datos en la base de datos	25	25			
4.5	Instalación y configuración de Grafana	20	20			
4.6	Integración de los bloques desarrollados	40	40			40
	Total de horas por recurso	615	170	45	130	80

10. Presupuesto detallado del proyecto

COSTOS DIRECTOS			
Descripcion	Cantidad	Valor unitario	Valor total
Trabajo directo	640 hs	\$750,00	\$480.000,00
Raspberry Pi	1	\$15.000,00	\$15.000,00
Fabricacion del PCB	10	\$5.000,00	\$50.000,00
Kit de desarrollo	2	\$3.000,00	\$6.000,00
SUBTOTAL			\$551.000,00
COSTOS INDIRECTOS			
Descripcion	Cantidad	Valor unitario	Valor total
30 % de trabajo directo	192 hs	\$750,00	\$144.000,00
SUBTOTAL			\$144.000,00
TOTAL			\$695.000,00

11. Matriz de asignación de responsabilidades

Referencias:

- P = Responsabilidad Primaria
- S = Responsabilidad Secundaria
- A = Aprobación
- I = Informado
- C = Consultado

codigo WBS	Nombre tarea	Responsable	Orientador	Cliente
		Francisco G. Timez	Marcelo Pistarelli	Pablo Scherf
1	Planificación del Proyecto			
1.1	Elaboración del documento de planificación del proyecto	P	I	I
1.2	Diseño de la arquitectura global del proyecto	P	I	I
2	Desarrollo del hardware del nodo			
2.1	Diseño del diagrama esquemático	P		C
2.2	Selección y compra de componentes	P		C
2.3	Routeo PCB	P		
2.4	Fabricación del PCB	P		I
2.5	Verificación y testing básico del prototipo	P		I
3	Desarrollo del firmware del nodo			
3.1	Tests con freeRTOS			
3.1.1	Generar tareas con los parámetros cargados desde un archivo JSON	P		
3.1.2	Actualización de tareas con la actualización del archivo JSON	P		
3.2	Diseño de la arquitectura de software	P	C	
3.3	Desarrollo de tareas para comunicación WiFi con broker de mensajería	P	I	
3.4	Desarrollo de las tareas para gestión de sensores	P	I	
3.5	Desarrollo de las tareas para gestión de puerto de expansión I2C	P	I	
3.6	Integración de todas las tareas desarrolladas	P	I	I
4	Desarrollo del backend			
4.1	Diseño de la arquitectura de software	P	C	
4.2	Instalación de broker de mensajería	P		
4.3	Instalación de base de datos	P		C
4.4	Desarrollo software de backend			
4.4.1	Introducción a NodeJS	P		
4.4.2	Desarrollo bloque para comunicación con broker de mensajería	P		
4.4.3	Desarrollo bloque para inserción de datos en la base de datos	P		
4.5	Instalación y configuración de Grafana	P		I
4.6	Integración de los bloques desarrollados	P	I	I

12. 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)

- 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):
- Ocurrencia (O):

Riesgo 3:

- Severidad (S):
- Ocurrencia (O):

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

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

Riesgo	S	O	RPN	S*	O*	RPN*

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)

13. Gestión de la calidad

Para cada uno de los requerimientos del proyecto indique:

- Req #1: Copiar acá el requerimiento.

Verificación y validación:

- 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, etc.

14. Comunicación del proyecto

El plan de comunicación del proyecto es el siguiente:

PLAN DE COMUNICACIÓN DEL PROYECTO					
¿Qué comunicar?	Audiencia	Propósito	Frecuencia	Método de comunicac.	Responsable

15. Gestión de Compras

En caso de tener que comprar elementos o contratar servicios: a) Explique con qué criterios elegiría a un proveedor. b) Redacte el Statement of Work correspondiente.

16. Seguimiento y control

Para cada tarea del proyecto establecer la frecuencia y los indicadores con los se seguirá su avance y quién será el responsable de hacer dicho seguimiento y a quién debe comunicarse la situación (en concordancia con el Plan de Comunicación del proyecto).

El indicador de avance tiene que ser algo medible, mejor incluso si se puede medir en % de avance. Por ejemplo, se pueden indicar en esta columna cosas como “cantidad de conexiones ruteadas” o “cantidad de funciones implementadas”, pero no algo genérico y ambiguo como “%”, porque el lector no sabe porcentaje de qué cosa.

SEGUIMIENTO DE AVANCE					
Tarea del WBS	Indicador de avance	Frecuencia de reporte	Resp. de seguimiento	Persona a ser informada	Método de comunic.

17. 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 utilizaron, y 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.