



Monitoreo de consumo eléctrico en viviendas y departamentos

Autor:

Ing. Cristian Matias Garcia

Director:

Mg. Ing. Martin Rodriguez (PSA)

*Esta planificación fue realizada en el curso de Gestión de proyectos
entre el 17 de octubre de 2023 y el 5 de diciembre de 2023.*

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	11
9. Desglose del trabajo en tareas	11
10. Diagrama de Activity On Node.	14
11. Diagrama de Gantt	14
12. Presupuesto detallado del proyecto	16
13. Gestión de riesgos	17
14. Gestión de la calidad	18
15. Procesos de cierre	18

Registros de cambios

Revisión	Detalles de los cambios realizados	Fecha
0	Creación del documento	17/10/2023
1.0	Se completa hasta el punto 5 inclusive	31/10/2023
2.0	Se completa hasta el punto 9 inclusive, con correcciones de la version 1.0	07/11/2023
3.0	Se completa hasta el punto 12 inclusive, con correcciones de la version 2.0	14/11/2023
4.0	Se completa hasta el punto 15 inclusive, con correcciones de la version 3.0	21/11/2023

Acta de constitución del proyecto

Buenos Aires, 17 de octubre de 2023

Por medio de la presente se acuerda con el Ing. Ing. Cristian Matias Garcia que su Trabajo Final de la Carrera de Especialización en Internet de las Cosas se titulará “Monitoreo de consumo eléctrico en viviendas y departamentos”, consistirá esencialmente en la implementación de un sistema IoT aplicado al control de consumo eléctrico en viviendas y/o departamentos, y tendrá un presupuesto preliminar estimado de 625 h de trabajo y \$ 3119000, con fecha de inicio 17 de octubre de 2023 y fecha de presentación pública 21 de agosto de 2024.

Se adjunta a esta acta la planificación inicial.

Mg. Ing. Martin Rodriguez
Director posgrado

1. Descripción técnica-conceptual del proyecto a realizar

El presente proyecto es un emprendimiento personal que implementará un sistema de monitoreo de consumo eléctrico en viviendas y departamentos. El proyecto se desarrollara en el siguiente contexto:

- El consumo ineficiente de energía eléctrica en las viviendas de Argentina.
- La electricidad producida en las centrales eléctricas no permite cubrir la demanda eléctrica y provoca cortes en el suministro eléctrico de las viviendas. Debido a la demanda eléctrica las empresas imponen penalidades para los usuarios que superan ciertos umbrales de consumo eléctrico.
- El usuario solo puede verificar el consumo eléctrico con el resumen electrónico mensual y por inspección visual en el medidor de su domicilio.

En esta situación se plantean los siguientes inconvenientes:

- No se puede determinar cuál es el promedio de cada electrodoméstico y evitar consumos innecesarios.
- Dos o más casas, dentro de un mismo domicilio, no pueden saber el consumo eléctrico correspondiente a cada una.
- En edificios con luz de obra no se puede saber el consumo de cada vivienda o dividir el gasto del consumo eléctrico. Para los edificios se toma el total de consumo y se divide sobre el total de las viviendas.
- Se pierde el control del consumo eléctrico.
- Se produce el uso ineficiente de la energía eléctrica eléctrica.

Para solucionar los inconvenientes antes mencionados se propone un sistema IoT que permita monitorear el consumo eléctrico de los medidores/electrodomésticos en un domicilio por medio de una pagina web.

La aplicación debe tener la posibilidad de configurar ciertas métricas (promedio, consumo diario, consumo por dispositivo, valor promedio, etc) , alarmas de umbral eléctrico, informes sobre los cortes de suministro y consumos para cada usuario. El relevamiento de consumo eléctrico permitirá evaluar la instalación de equipamientos de suministro eléctrico con energías alternativas.

El sistema IoT se compone de las siguientes partes:

- Una red de sensores eléctricos, definidos como módulos sensores, que reporta a un nodo central el consumo eléctrico por Bluetooth.
- Un nodo central, definido como modulo transmisor, que se conecta a la red de sensores y a un servidor web por medio del protocolo MQTT, .
- Un servidor IoT que guarda los datos en una base de datos, responde a las peticiones del nodo central y a un cliente de la pagina web.

- La Arquitectura de la aplicación estará alojada en la nube.

En la Figura 1 se presenta el diagrama en bloques del sistema.

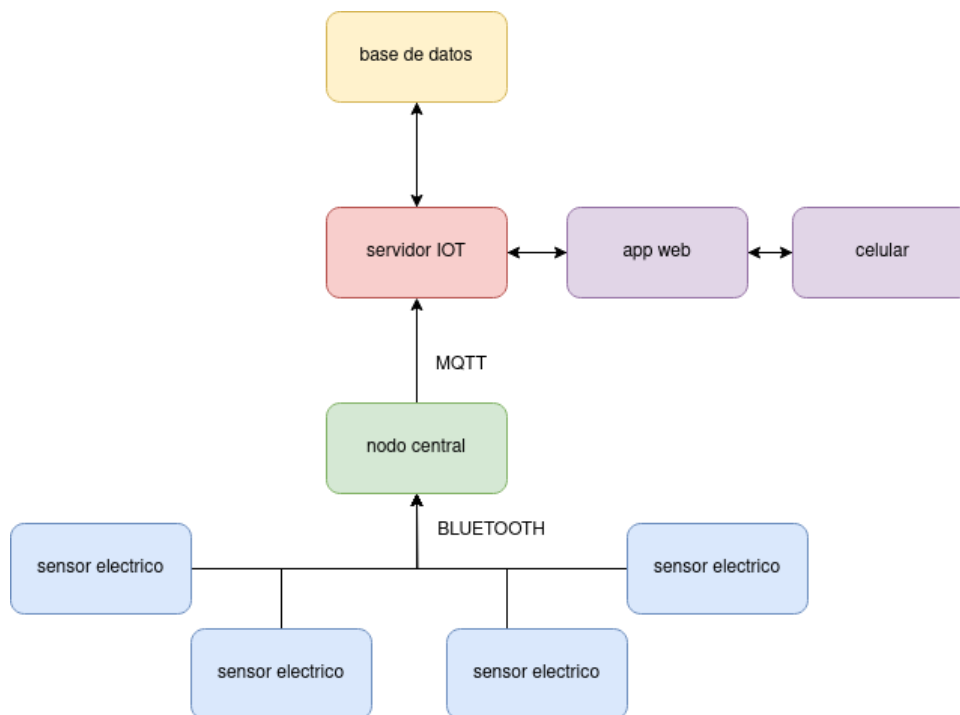


Figura 1. Diagrama en bloques del sistema.

El usuario final, conectado desde un dispositivo móvil, podrá:

- Verificar el consumo eléctrico de la red de dispositivos.
- Configurar alarmas de exceso de consumo.
- Verificar cortes en el consumo eléctrico.
- Calcular el precio diferenciado por fecha y dispositivos.

2. Identificación y análisis de los interesados

En el cuadro 1 se presentan los interesados en el proyecto.

Rol	Nombre y Apellido	Organización	Puesto
Cliente	Mg. Ing. Martin Rodriguez	PSA	Director Trabajo final
Responsable	Ing. Cristian Matias Garcia	FIUBA	Alumno
Colaboradores	Sr. Gabriel Garcia		Desempleado
Orientador	Mg. Ing. Martin Rodriguez	PSA	Director Trabajo final
Equipo	Ing. Guillermo Tala	Soft SA	Desarrollador
Usuario final	Sra. Ana Alvarez		Jubilada

Cuadro 1. Identificación de los interesados

Se describen las características de los interesados en el proyecto:

- Cliente: tiene experiencia previa en planificación, va a poder ayudar con la definición de los requerimientos y demás detalles.
- Responsable: tiene la responsabilidad y el interes suficiente para terminar el proyecto.
- Colaboradores: esta desempleado y tiene el tiempo suficiente para comprar los materiales necesarios, va a poder ayudar mucho en cuestiones de logística.
- Orientador: es el especialista en esta tecnología. Se puede tener en cuenta a la hora de evaluar alternativas. Cumple el rol de auspiciante y cliente ayudando en cuestiones económicas.
- Equipo: Es especialista en desarrollo desde hace varios años. Planificar considerando que tiene poco tiempo extra laboral.
- Usuario Final: tiene la necesidad de probar el proyecto, por motivos económicos.

3. Propósito del proyecto

El propósito de este proyecto es implementar un sistema IoT para monitorear el consumo eléctrico en viviendas y departamentos de un mismo predio. Se pretende aplicar los conocimientos adquiridos para la gestión del proyecto y el diseño del sistema en todas sus etapas.

4. Alcance del proyecto

El presente proyecto incluye:

- Desarrollo de la aplicación IoT (front-end, back-end, base de datos).

- Desarrollo de firmware para módulos sensor y transmisor
- Desarrollo de un prototipo para el modulo sensor en protoboard o placa perforada
- Desarrollo de un prototipo para el modulo transmisor (interface sensores e internet) en protoboard o placa perforada

El presente proyecto no incluye:

- La construcción y/o adaptación del PCB para los módulos sensor y transmisor.
- La construcción y/o adaptación de un gabinete para los módulos sensor y transmisor.
- El desarrollo de una aplicación de celular para sistemas Android o similares

5. Supuestos del proyecto

Para el desarrollo del presente proyecto se supone que:

- El modulo ESP32 tiene suficientes recursos para la implementación de este sistema.
- Se conseguirán los materiales necesarios en el mercado local.
- El diseño y desarrollo de código se realizará en tiempo y forma.
- No se presentarán retrasos debidos a problemas de hardware, por ejemplo, en el diseño e implementación de los módulos sensor y transmisor.
- El país no tendrá una devaluación lo suficientemente grande como para no poder contratar un servicio en la nube para alojar la aplicación.

6. Requerimientos

Se detallan los requerimientos necesarios dentro del proyecto:

1. Requerimientos funcionales

- 1.1. El sistema debe ser capaz de medir el consumo eléctrico por hora, día, semana y mes.
- 1.2. El modulo sensor y el modulo transmisor deben ser alimentados con la tension nominal de 220 Vac o en su defecto por una batería de 12 Vdc.
- 1.3. El sistema debe ser capaz de monitorear el consumo del mismo dispositivo de medición.
- 1.4. El dispositivo funcional debe poder trabajar en un rango de temperatura ambiente de 0°C a 50°C .
- 1.5. El dispositivo funcional debe poder trabajar en un rango de corriente de 0 a 25 A .
- 1.6. El dispositivo funcional debe poder trabajar a una frecuencia de 50 Hz.

2. Requerimientos de documentación

- 2.1. La documentación debe contar con un esquemático de circuito eléctrico.
 - 2.2. La documentación debe contar con un diagrama de la aplicación.
 - 2.3. La documentación debe contar con un manual de uso.
 - 2.4. La documentación debe contar con un manual de instalación.
 - 2.5. Informe de avance de proyecto.
 - 2.6. Memoria técnica del proyecto.
3. Requerimiento de testing
- 3.1. Se deben realizar pruebas de consumo eléctrico en un domicilio, con al menos dos dispositivos sensores por el período de una semana.
 - 3.2. Se deben contrastar las pruebas de consumo eléctrico con el medidor eléctrico del domicilio.
 - 3.3. Se debe controlar la correcta activación de las alarmas por exceso de consumo.
 - 3.4. Se debe controlar el correcto funcionamiento del dispositivo ante cortes en el suministro eléctrico.
4. Requerimientos de la interfaz
- 4.1. El usuario debe poder configurar y visualizar alarmas por exceso de consumo eléctrico.
 - 4.2. El usuario debe poder seleccionar y visualizar el consumo eléctrico general por hora, día, semana y mes.
 - 4.3. El usuario debe poder seleccionar y visualizar el consumo eléctrico general promedio.
 - 4.4. El usuario debe poder seleccionar y visualizar el consumo eléctrico sensado por cada dispositivo.
 - 4.5. El usuario debe poder visualizar los cortes de suministro eléctrico.
 - 4.6. El usuario debe poder configurar alarmas por exceso de consumo eléctrico.
 - 4.7. El usuario debe poder controlar el nivel de tensión de batería auxiliar del dispositivo y notificar cuando la tensión sea baja.
5. Requerimientos interoperabilidad
- 5.1. Los dispositivos sensores deben poder comunicarse via Bluetooth con el modulo transmisor.
 - 5.2. El modulo transmisor debe comunicarse con el servidor web por medio protocolo MQTT.

7. Historias de usuarios (*Product backlog*)

Las historias de usuario para el proyecto son las siguientes:

- Como administrador de un departamento necesito saber el consumo eléctrico mensual de cada domicilio para distribuir los gastos equitativamente sobre los inquilinos.
Dificultad: media (3) → Porque necesita mas dispositivos conectados en un mismo tablero.
Complejidad: baja (1) → Seria la misma implementación que para pocos dispositivos.

Riesgo: medio (3) → No tener el suficiente espacio para conectar todos los dispositivos en un mismo tablero eléctrico.

Story Point: 8

$(3 + 1 + 3 = 7 \rightarrow 8$ es el valor más cercano en Fibonacci)

- Como dueño de esta vivienda diariamente necesito saber si estoy excediendo el consumo eléctrico de una vivienda tipo, para no incurrir en multas o penalidades.

Dificultad: alta (5) → Porque necesita saber los limites de consumo eléctrico de cada empresa para cada mes.

Complejidad: baja (1) → Se podría implementar un alerta automático para el cambio de los limites de consumo por mes.

Riesgo: medio (3) → No poder actualizar obtener o estimar mensualmente los valores limites de consumo sin penalización.

Story Point: 13

$(5 + 1 + 3 = 9 \rightarrow 13$ es el valor más cercano en Fibonacci)

- Como inquilino me gustaría saber el consumo eléctrico de los electrodomésticos de mi casa para evaluar el remplazo u otra alternativa.

Dificultad: media (3) → Porque necesita más dispositivos conectados.

Complejidad: baja (1) → Seria el mismo sistema con mas dispositivos conectados.

Riesgo: alta (5) → El electrodoméstico puede ser que consuma mucha potencia.

Story Point: 13

$(3 + 1 + 5 = 9 \rightarrow 13$ es el valor más cercano en Fibonacci)

- Como propietario deseo ver desde el celular los consumos eléctricos para no registrar un control manualmente desde el medidor.

Dificultad: baja (1) → Porque necesita un solo dispositivo conectado al tablero.

Complejidad: baja (1) → La implementación más sencilla del sistema.

Riesgo: baja (1) → Solo requiere de la implementación de un dispositivo.

Story Point: 3

$(1 + 1 + 1 = 3 \rightarrow 3$ es el valor más cercano en Fibonacci)

- Como desarrollador deseo implementar la infraestructura de la aplicación en la nube para hacer mas escalable la aplicación.

Dificultad: media (3) → Porque se necesitan conocimientos técnicos para la implementación en la nube para no incurrir en gastos innecesarios.

Complejidad: alta (5) → Es un arquitectura relativamente compleja.

Riesgo: medio (3) → No disponer del tiempo y conocimiento suficiente para implementar la aplicación.

Story Point: 13

$(3 + 5 + 3 = 11 \rightarrow 13$ es el valor más cercano en Fibonacci)

Para el calculo de los story points se consideraron los siguientes criterios:

- Se asigno valores de la serie de fibonacci, de acuerdo a la severidad 1 baja, 3 media y 5 alta.
- Se sumaron los valores de dificultad, complejidad y riesgo para aproximar al numero de la serie de fibonacci mas alto(criterio para no subestimar) y se asigno ese valor a la story point.

8. Entregables principales del proyecto

Los entregables del proyecto son :

- Esquemáticos del circuito para el modulo sensor y modulo transmisor.
- Código fuente del firmware en codigo C, diseñado para la placa ESP32.
- Diagrama de la aplicación IoT.
- Código fuente de la aplicación IoT.
- Prototipo funcional verificado.
- Manual de instalación.
- Manual de uso.
- Informe de avance del proyecto.
- Memoria técnica del proyecto.

9. Desglose del trabajo en tareas

Las tareas a realizar son las siguientes:

1. Investigación inicial. (40 hs)
 - 1.1. Investigación sobre proyectos existentes. (8 hs)
 - 1.2. Investigación sobre el modulo sensor con conexión Bluetooth. (8 hs)
 - 1.3. Investigación sobre el modulo transmisor con conexión MQTT. (8 hs)
 - 1.4. Investigación sobre librerías existentes de la placa ESP32. (8 hs)
 - 1.5. Investigación sobre aplicaciones implementadas en la nube. (8 hs)
2. Materiales necesarios. (44 hs)
 - 2.1. Identificar los proveedores para los materiales necesarios. (12 hs)
 - 2.2. Comprar los materiales.(12 hs)
 - 2.3. Identificar los proveedores de servicios en la nube. (12 hs)
 - 2.4. Contratar servicios en la nube. (8 hs)
3. Desarrollo de hardware. (104 hs)

- 3.1. Diseño de circuito esquemático en protoboard. (36 hs)
- 3.2. Implementación en protoboard. (24 hs)
- 3.3. Diseño de circuito en placa perforada. (12 hs)
- 3.4. Implementación en placa perforada. (16 hs)
- 3.5. Pruebas individuales del funcionamiento de los módulos. (8 hs)
- 3.6. Pruebas de interconexión entre los módulos. (8 hs)
4. Desarrollo de firmware. (68 hs)
 - 4.1. Confección del diagrama de bloques del código. (8 hs)
 - 4.2. Desarrollo de código C para la comunicación UART (Bluetooth). (12 hs)
 - 4.3. Desarrollo de código C para la comunicación MQTT. (12 hs)
 - 4.4. Desarrollo de código para consumo de batería. (12 hs)
 - 4.5. Pruebas individuales del funcionamiento del firmware de comunicación. (8 hs)
 - 4.6. Pruebas de interconexión del firmware. (16 hs)
5. Desarrollo de aplicación. (124 hs)
 - 5.1. Confección de un diagrama de la aplicación IoT. (8 hs)
 - 5.2. Confección de un diagrama en bloques del código. (8 hs)
 - 5.3. Desarrollo del código front-end. (36 hs)
 - 5.4. Desarrollo del código back-end. (36 hs)
 - 5.5. Integración de la aplicación en la nube. (12 hs)
 - 5.6. Pruebas individuales del funcionamiento del back-end y front-end. (8 hs)
 - 5.7. Pruebas de interconexión del back-end y front-end. (16 hs)
6. Etapa de integración. (48 hs)
 - 6.1. Integración de software y hardware. (24 hs)
 - 6.2. Pruebas generales de software y hardware. (24 hs)
7. Testing del proyecto. (36 hs)
 - 7.1. Instalación del sistema en un domicilio. (8 hs)
 - 7.2. Pruebas de consumo eléctrico en un domicilio. (4 hs)
 - 7.3. Pruebas del dispositivo ante cortes de suministro eléctrico. (4 hs)
 - 7.4. Pruebas del sistema de alarmas del dispositivo. (4 hs)
 - 7.5. Pruebas de duración de la batería. (16 hs)
8. Verificación del prototipo. (8 hs)
 - 8.1. Verificación de la interfaz de usuario. (8 hs)
9. Documentación. (153 hs)
 - 9.1. Documentación de esquemáticos. (8 hs)
 - 9.2. Documentación del código C. (16 hs)
 - 9.3. Documentación de la aplicación IoT. (16 hs)
 - 9.4. Documentación del manual de instalación. (16 hs)

9.5. Documentación del manual de uso. (16 hs)

9.6. Informe de avance del proyecto. (24 hs)

9.7. Memoria técnica del proyecto. (57 hs)

Cantidad total de horas: (625 hs)

10. Diagrama de Activity On Node

Se puede ver el AON en la figura 2, el mismo se confecciono teniendo en cuenta que las tareas :

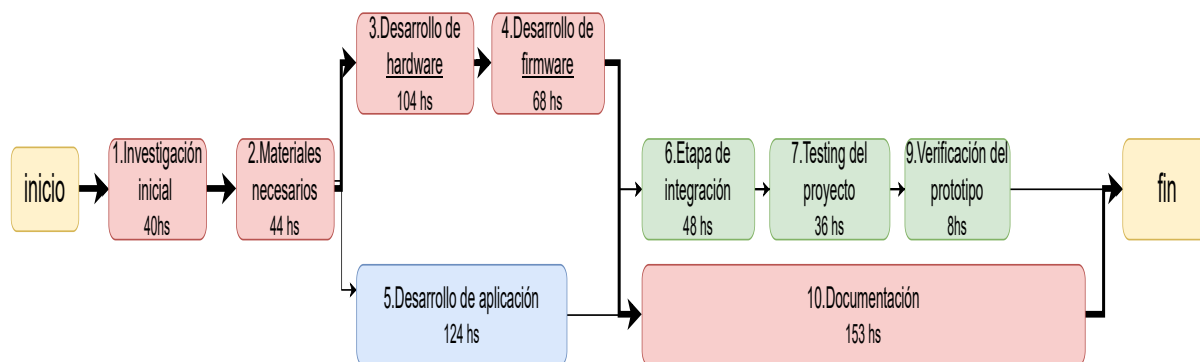


Figura 2. Diagrama de *Activity on Node*.

Observando la figura 2 se determinan las siguientes cuestiones:

- Las subtareas son todas secuenciales de acuerdo al orden establecido en la seccion 9.
- El camino critico es marcado con las tareas de color rojo, flechas de color negro y trazo grueso. La cantidad de horas para finalizar el proyecto por el camino critico es de 348 hs.
- El desarrollo de la aplicación marcado en azul puede demorarse hasta 48 hs respecto del camino critico.
- El desarrollo de las tareas de integración, testing del proyecto y verificación del proyecto marcado en verde puede demorarse hasta 61 hs respecto del camino critico.

11. Diagrama de Gantt

En la figura 3, se muestra el diagrama de Gantt del proyecto construido en ganttter:

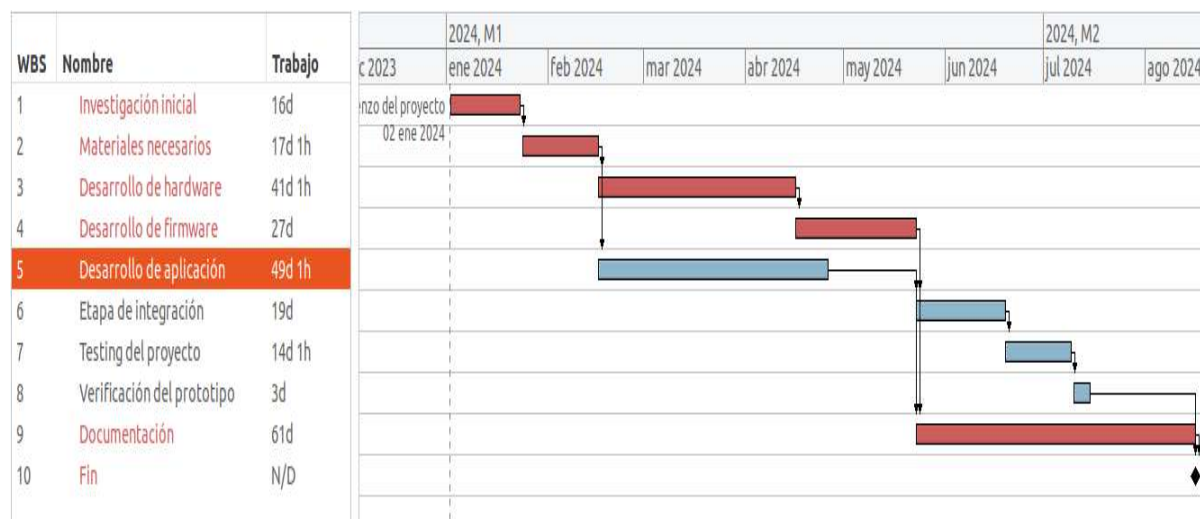


Figura 3. Diagrama de Gantt del proyecto.

Para construir el diagrama de gantt del proyecto se realizaron las siguientes consideraciones:

- Se establecen 2.5 h de trabajo diario por tarea.
- Se establecen los días laborables de lunes a viernes.
- Se establecen los días no laborables los sábados y domingos.
- El camino critico es el establecido en color rojo.
- El proyecto empieza el día 02/01/2024 y finaliza el 16/08/2024.
- Se tomaron los grupos de tareas generales para confeccionar el diagrama de Gantt de la figura 3, dado que las tareas internas son secuenciales el detalle de las mismas se puede ver en los diagramas de gantt de las figuras 4, 5 y 6.

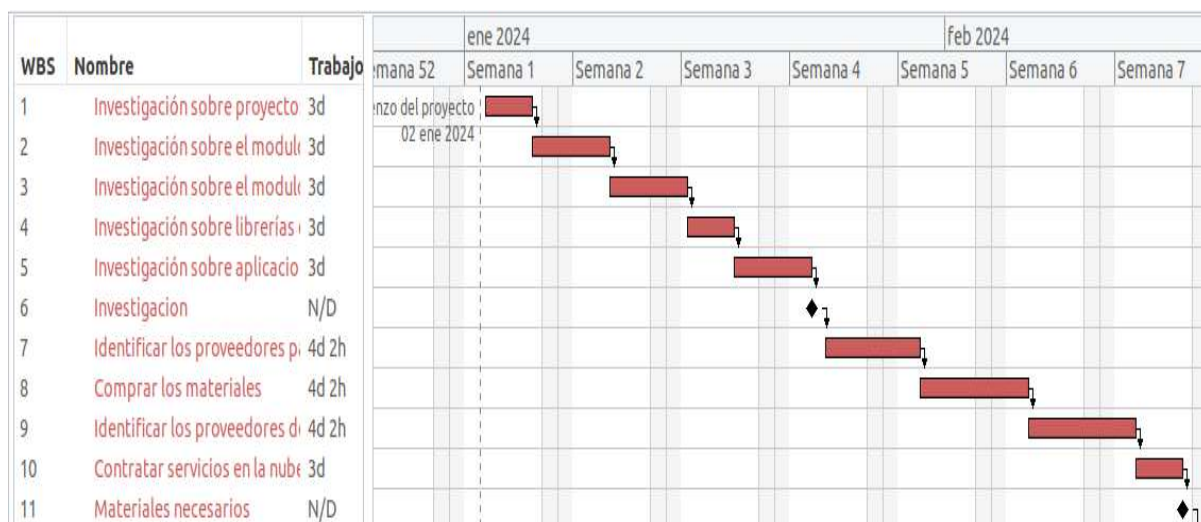


Figura 4. Diagrama de Gantt de la etapa de Investigación y Materiales necesarios.

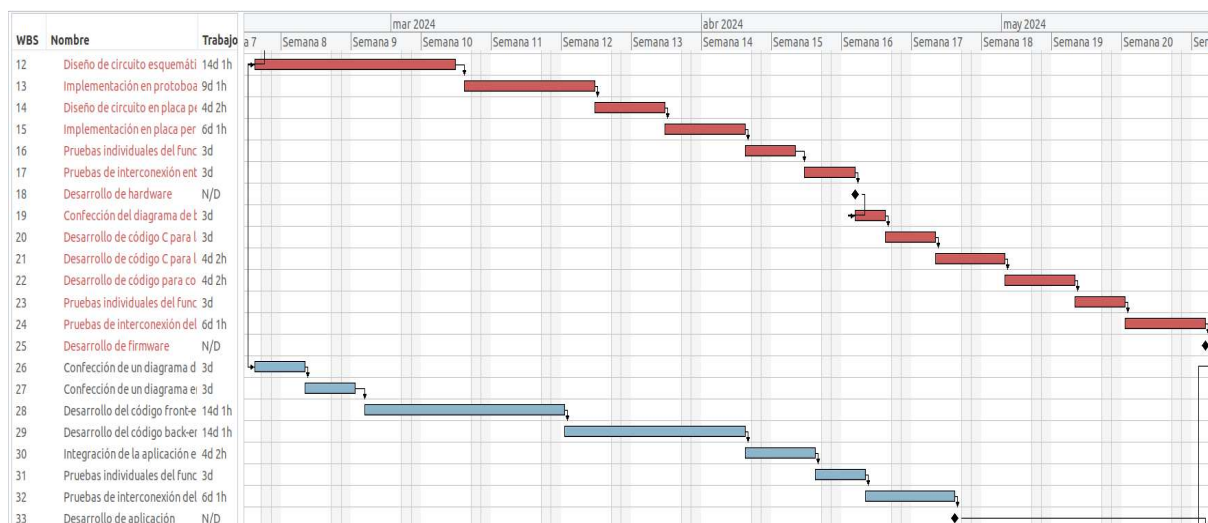


Figura 5. Diagrama de Gantt de la etapa de Desarrollo de hardware, Desarrollo de firmware y Desarrollo de aplicación.

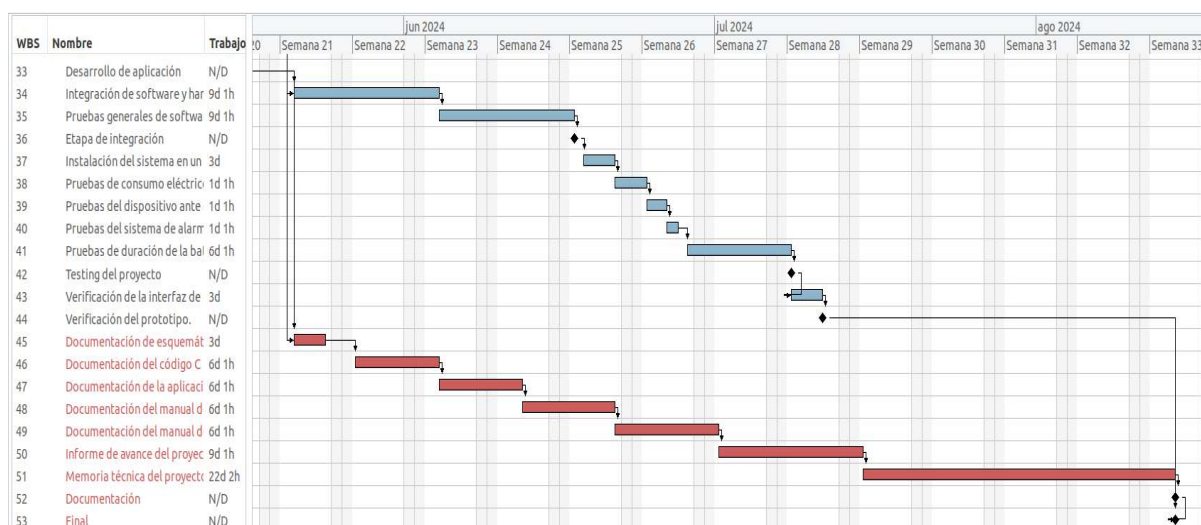


Figura 6. Diagrama de Gantt de la Etapa de integración, Testing del proyecto, Verificación del prototipo y Documentación.

12. Presupuesto detallado del proyecto

En el cuadro 2 se presentan los costos del proyecto.

COSTOS DIRECTOS			
Descripción	Cantidad	Valor unitario	Valor total
Horas de ingeniería	625 h	3000 \$	1875000 \$
Materiales	2 prototipos	100000 \$	200000 \$
Servicios en la Nube	6 meses	17000 \$	102000 \$
SUBTOTAL			2177000 \$
COSTOS INDIRECTOS			
Descripción	Cantidad	Valor unitario	Valor total
Viáticos	154 días	3000 \$	462000 \$
Alquiler de taller	8 meses	60000 \$	480000 \$
SUBTOTAL			942000 \$
TOTAL			3119000 \$

Cuadro 2. Cuadro de costos.

Para construir el cuadro 2 del proyecto se realizaron las siguientes consideraciones:

- Horas de ingeniería: Se calculó respecto del sueldo mensual $\frac{720000}{30 \text{ días } 8 \text{ h}} \approx 3000\$$
- Materiales: Se calculó el valor correspondiente para la placa perforada, protoboard, cables, microcontroladores y un 20 % más de estimación.
- Servicio en la nube: Se tomó el valor mensual en el servicio de la página hostinger. Se tiene en cuenta que solo 6 meses, dado que los primeros dos meses no se realizan pruebas en la nube.
- Viáticos: Se considera el consumo de alimentos promedio en un día.
- Alquiler de taller: Comprende los costos de alquiler y de consumo eléctrico por mes.

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):
- Ocurrencia (O):

Riesgo 3:

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

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.
 - 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, 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.