



Sistema de monitoreo inteligente de consumo de agua

Autor:

Ing. Paolo Gonzalo Bazán Hernández

Director:

Mg. Ing. José Antonio Espinoza Aldave (FIUBA)

Codirector:

Ing. Ricardo Valega Márquez (FIUBA)

*Esta planificación fue realizada en el curso de Gestión de proyectos
entre el 21 de octubre de 2021 y el 09 de diciembre de 2021.*

Índice

1. Descripción técnica-conceptual del proyecto a realizar	5
2. Identificación y análisis de los interesados	6
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.	12
11. Diagrama de Gantt	14
12. Presupuesto detallado del proyecto	16
13. Gestión de riesgos	16
14. Gestión de la calidad	17
15. Procesos de cierre	17

Registros de cambios

Revisión	Detalles de los cambios realizados	Fecha
0	Creación del documento	21/10/2021
1	Se completa hasta el punto 1 inclusive	04/11/2021
2	Se completa hasta el punto 9 inclusive y correcciones de rev.1	11/11/2021
3	Se completa hasta el punto 12 inclusive y correcciones de rev.2	21/11/2021

Acta de constitución del proyecto

Buenos Aires, 21 de octubre de 2021

Por medio de la presente se acuerda con el Ing. Paolo Gonzalo Bazán Hernández que su Trabajo Final de la Carrera de Especialización en Internet de las Cosas se titulará “Sistema de monitoreo inteligente de consumo de agua”. Consistirá en la implementación de un prototipo de un sistema de control del flujo de agua de un punto de salida, y tendrá un presupuesto preliminar estimado de 660 hs de trabajo y USD 8208, con fecha de inicio 21 de octubre de 2021 y fecha de presentación pública 15 de octubre de 2022.

Se adjunta a esta acta la planificación inicial.

Ariel Lutenberg
Director posgrado FIUBA

Marleny López Machuca
Cliente particular

Mg. Ing. José Antonio Espinoza Aldave
Director del Trabajo Final

Ing. Ricardo Valega Márquez
Co-Director del Trabajo Final

1. Descripción técnica-conceptual del proyecto a realizar

Situación problemática

En un estudio llevado a cabo por el Centro de Resiliencia de Estocolmo publicado en el 2009, se identificó que el planeta Tierra tiene nueve límites, procesos o parámetros interconectados que son determinantes para mantener la estabilidad del planeta. De cruzar estos límites, se afectará el equilibrio vital con consecuencias y cambios irreversibles que pueden desencadenar el colapso de nuestra sociedad.

Uno de estos parámetros es el uso del agua dulce. Si bien la Tierra tiene mucha agua, la gran parte es salada y solo el 2.5 % es dulce. Este porcentaje es cada vez menor por el cada vez mayor uso de la agricultura, que representa el 70 % del total de agua dulce. Por otro lado, esta tasa va incrementándose anualmente por el crecimiento poblacional. Por lo tanto, es indispensable promover una cultura de ahorro de este líquido vital.

En las ciudades, con la complejidad de las redes urbanas de agua potable y la multiplicación de puntos de agua, también se incrementan las fugas por agrietamiento o rotura de las tuberías. Ante eventos de esta naturaleza, dependiendo de la magnitud de la fuga, si se tratara por ejemplo, de la rotura de la tubería alimentadora de una casa, la inundación será advertida rápidamente por sus residentes. Sin embargo, si las fugas fueran ligeras, será difícil tener una detección temprana. Por lo tanto, las acciones correctivas tomarán tiempo en ejecutarse.

Para un mejor entendimiento, se puede hacer un cálculo sencillo para identificar la cantidad de agua que se podría desperdiciar en un hogar que tuviera un solo punto de agua defectuoso, y que pierda 30 gotas por minuto. Este ritmo podría pasar inadvertido por el propietario, pero sí se logrará perder alrededor de 43200 al día, lo que equivale a 10 litros. Anualizado este cálculo, se llega a 3650 litros al año de agua perdida.

La necesidad principal a satisfacer en el mercado es la carencia de información en tiempo real que permita la rápida atención de fugas y prevenga el desperdicio de agua potable en los hogares u organizaciones.

Solución planteada en proyecto a realizar

El proyecto busca construir un sistema que permita el control del consumo de agua potable y la detección de fugas en redes caseras o empresariales.

El proyecto propuesto se abordará con un sensor inalámbrico de caudal de agua que permita la lectura del caudal que pasa por el punto monitoreado. Los datos deberán ser enviados a través del protocolo MQTT para su almacenamiento en una base de datos. En el frente de visualización de la información, se propone la creación de una aplicación que permita mostrar el flujo de agua en el punto monitoreado, así como su consumo acumulado durante un período de tiempo definido.

El principal desafío del presente proyecto es la identificación del sensor que permita la correcta medición del flujo de agua. En el mercado existe disponibilidad de contadores de caudal de agua. Sin embargo, se trata de sensores intrusivos, ya que requieren alterar la plomería para incorporarlos. Se busca que el proyecto no sea intrusivo para una fácil utilización. Para lograr este objetivo, se necesitará usar dispositivos que utilicen la técnica de ultrasonido, que si bien existen en el mercado, no lo hace de forma masiva.

Los contadores inteligentes de caudal de agua poseen tecnología madura que las empresas que gestionan el agua potable en las ciudades, como AySA, irán desplegando paulatinamente. A mediano/largo plazo, estos dispositivos enviarán la información en tiempo real a sus sistemas centrales y eventualmente, se compartirá con los usuarios finales.

La motivación del presente proyecto es poder brindar al mercado una herramienta económica para la medición de caudal en tiempo real. Esta solución podrá estar disponible para hogares, organizaciones o para quienes brinden servicios relacionados. Se podrá conocer de forma temprana el consumo actual y detectar, basándose en comparación de consumos anteriores, fugas de agua potable.

En la figura 1 se presenta el diagrama a alto nivel de la solución.

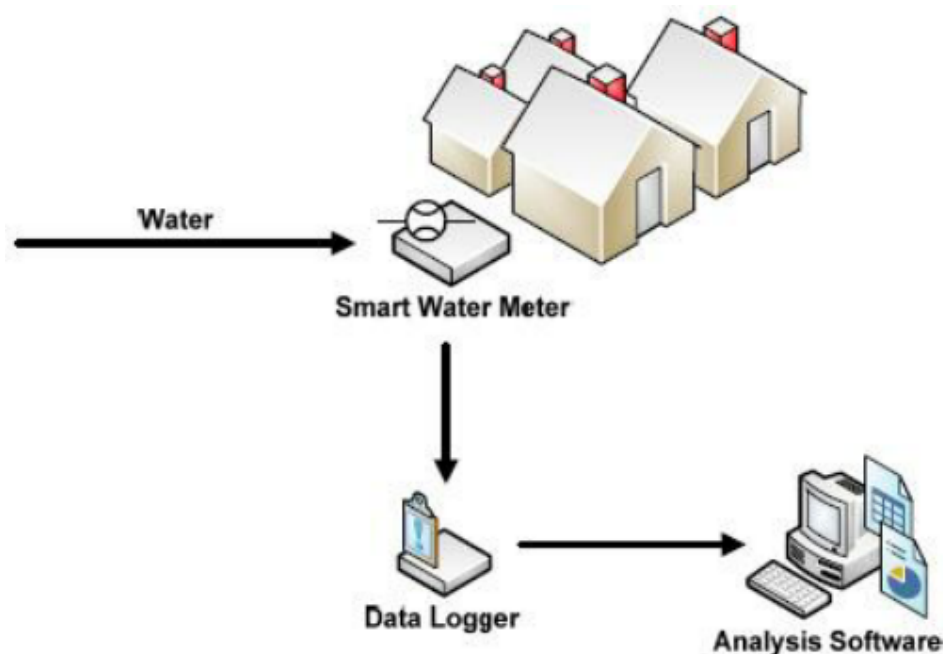


Figura 1. Diagrama a alto nivel de la solución.

2. Identificación y análisis de los interesados

Rol	Nombre y Apellido	Organización	Puesto
Cliente	Marleny López Machuca	Cliente particular	–
Responsable	Ing. Paolo Gonzalo Bazán Hernández	FIUBA	Alumno
Orientador	Mg. Ing. José Antonio Espinoza Aldave	FIUBA	Director
Colaborador	Ing. Ricardo Valega Márquez	FIUBA	Co-director

- Orientador: posee conocimiento y experiencia en soluciones TI que ayudará en la estrategia y definición de los objetivos del proyecto. Cuenta con escaso tiempo disponible. Se deberán planificar reuniones con anticipación de 15 días.

- Colaborador: posee conocimiento y experiencia en soluciones IoT que ayudará en los conceptos y aspectos técnicos del proyecto. Cuenta con escaso tiempo disponible. Se deberán planificar reuniones con anticipación de 15 días.

3. Propósito del proyecto

El propósito de este proyecto es mejorar el conocimiento sobre sensorización de caudal de fluidos, específicamente de agua. Se busca ampliar el conocimiento en la integración de los componentes de medición, protocolos de comunicación y servicios de software que pongan en valor la información sobre el consumo de agua potable.

4. Alcance del proyecto

El presente proyecto tiene como alcance:

1. Diseño, identificación e implementación de prototipo de solución de telemetría para medición de caudal de agua en una tubería residencial:
 - Basada en utilización de sensores de medición de caudal de agua con tecnología ultrasónica
 - Los sensores no serán instalados “en línea” en la tubería o cañería. Serán instalados de forma no intrusiva, sin intervenirla.
 - La comunicación hacia la solución de software será inalámbrica, utilizando preferentemente protocolo Wi-Fi.
2. Diseño y construcción de prototipo de software para la captura y procesamiento de datos:
 - Estará basada en tecnología de contenedores.
 - Utilizará una base de datos relacional.
3. Diseño y construcción de un prototipo de software front-end para la presentación de datos en tiempo real y de forma histórica:
 - Basado en framework Angular js.
 - Basado en lenguaje typescript.

El presente proyecto no incluye:

- Detección de caudal de otro tipo de fluidos.
- Inclusión de servicios de nube.
- Gestión de analítica de datos.

5. Supuestos del proyecto

Para el desarrollo del presente proyecto se supone que:

- Se dispondrá de tiempo suficiente para el cumplimiento de los objetivos y entregables.
- Se dispondrá de los recursos económicos suficientes para la adquisición de los materiales necesarios para la construcción del prototipo y software asociado.
- Se dispondrá de orientación oportuna por parte de todos los involucrados de acuerdo a su rol.
- Los niveles de precisión de los dispositivos de telemetría elegidos están dentro del rango del 85 %.
- Se dispondrá de red inalámbrica Wi-Fi con nivel de recepción de señal aceptable (-60 dBm)

6. Requerimientos

Los requerimientos del proyecto serán listados de acuerdo al siguiente criterio:

- Su clasificación será: funcionales, interfases, testing y documentación.
- La prioridad de los requerimientos se listan de mayor a menor.
- El cumplimiento de estos requerimientos es mandatorio, salvo se especifique si fuera opcional.

1. Requerimientos funcionales:

- 1.1. La conexión de los dispositivos debe ser de forma inalámbrica.
- 1.2. Los dispositivos de medición de caudal de agua deberán usar tecnología ultrasónica.
- 1.3. El sistema debe atender las salidas de agua de servicios higiénicos y/o de tuberías de hasta 1".
- 1.4. La transmisión de datos debe ser ligera y debe consumir baja energía.
- 1.5. El software embebido debe poder encapsularse en un contenedor docker.
- 1.6. El sistema debe incluir notificaciones que permitan alertar a usuarios de la alteración del caudal cuando supere el 10 % al promedio histórico.
- 1.7. Los sensores deberán conectarse a una red de forma predeterminada.
- 1.8. Opcionalmente, el sistema debe tener capacidad portátil para conexión de datos, alimentación eléctrica e instalación de plomería.
- 1.9. Opcionalmente, el sistema debe adecuarse a los lineamientos establecidos en la ISO 30141:2018.

2. Requerimientos de interfases:

- 2.1. La aplicación debe funcionar en navegadores web Chrome y Mozilla.

- 2.2. La aplicación web debe funcionar de forma responsiva en dispositivos Android e iOS.
 - 2.3. La aplicación web debe permitir el registro de ubicación del sensor y asociarla con la colección de datos.
 - 2.4. La aplicación web debe mostrar el caudal de agua de cada sensor en tiempo real.
 - 2.5. La aplicación web debe mostrar el caudal histórico de cada sensor y el promedio de los últimos 7 días.
 - 2.6. Opcionalmente, el sistema tendrá control de accesos configurable.
3. Requerimientos de testing:
- 3.1. El aplicativo web tendrá banco de pruebas unitarias para aseguramiento de calidad y funcionamiento.
 - 3.2. El dispositivo de telemetría tendrá banco de pruebas unitarias para aseguramiento de calidad y funcionamiento.
 - 3.3. Sistema en general tendrá banco de pruebas integrables.
4. Requerimientos de documentación:
- 4.1. Documentación con arquitectura tecnológica y funcional.
 - 4.2. El sistema debe contar con documentación de cobertura de señal.
 - 4.3. El sistema debe incluir documentación con estudio de parámetro para medición de caudal de agua usando sensores ultrasónicos.
 - 4.4. Desarrollo web deberá estar documentada bajo el método de anotaciones.
 - 4.5. Documentación de plan de pruebas y resultados
 - 4.6. Video demostrativo de uso del prototipo
 - 4.7. Informe final
 - 4.8. Las versiones de la documentación deberán estar controladas.

7. Historias de usuarios (*Product backlog*)

A continuación se listan las historias de usuario y su ponderación, que es un número entero que representa el tamaño de la historia comparada con otras historias de similar tipo. Está basada en la serie de Fibonacci.

Los criterios para la ponderación son los siguientes:

#	Criterio	Peso
1	Dificultad del trabajo a realizar	
	Bajo	1
	Medio	3
	Alto	5
2	Complejidad del trabajo a realizar	
	Bajo	1
	Medio	5
	Alto	13
2	Riesgo-incertidumbre del trabajo a realizar	
	Bajo	1
	Medio	5
	Alto	13

Las historias de usuario son las siguientes:

- Como usuario final quiero que la medición del caudal sea lo más precisa posible para tener confianza en la solución y compararla con mediciones de la empresa de suministro de agua.
 - Dificultad : 5
 - Complejidad : 8
 - Riesgo : 13
 - Total : 26
 - **Story Points : 34**
- Como usuario final quiero que la aplicación web sea responsiva para que sea usada desde computadoras y móviles.
 - Dificultad : 3
 - Complejidad : 8
 - Riesgo : 5
 - Total : 16
 - **Story Points : 21**
- Como usuario final deseo que la solución proporcione información histórica por ubicación del sensor para poder comparar con consumos pasados.
 - Dificultad : 4
 - Complejidad : 10
 - Riesgo : 7
 - Total : 21
 - **Story Points : 21**
- Como usuario final deseo que la solución notifique ante alteración del patrón de consumo cuando se desvíe en al menos un 10 % respecto al consumo histórico para tener una alerta temprana de posibles fugas.
 - Dificultad : 5
 - Complejidad : 15

- Riesgo : 10
- Total : 30
- ***Story Points : 34***

5. Como usuario final deseo que la solución sea portátil para poder moverla a distintos ambientes.

- Dificultad : 4
- Complejidad : 5
- Riesgo : 13
- Total : 24
- ***Story Points : 34***

8. Entregables principales del proyecto

Los entregables del proyecto son:

- Prototipo final de solución.
- Aplicación web implementada.
- Documentación del proyecto:
 - Diagrama de arquitectura de solución.
 - Diagrama de circuitos esquemáticos.
 - Código fuente del software.
 - Diagrama de instalación.
 - Memoria técnica final.

9. Desglose del trabajo en tareas

1. Planificación del proyecto: 40 hs

- 1.1. Elaboración del plan de proyecto (20 hs).
- 1.2. Análisis de factibilidad (10 hs).
- 1.3. Validaciones de calidad (10 hs).

2. Investigación inicial: 60 hs

- 2.1. Investigación sobre sensores de medición de flujo de agua con tecnología ultrasónica (30 hs).

2.2. Indagación sobre nivel de programación de sensores identificados (20 hs).

2.3. Proceso de adquisición de sensores (10 hs).

3. Diseño de arquitectura de solución: 60 hs

3.1. Arquitectura tecnológica (15 hs).

3.2. Arquitectura de aplicación (20 hs).

3.3. Arquitectura de integración (10 hs).

3.4. Arquitectura de datos (15 hs).

4. Desarrollo de aplicación web: 150 hs

4.1. Desarrollo front end (50 hs).

4.2. Desarrollo back end (60 hs).

4.3. Pruebas unitarias de aplicación (30 hs).

4.4. Habilitación de infraestructura (10 hs).

5. Desarrollo de sistema embebido: 150 hs

5.1. Desarrollo de algoritmo de medición de caudal de agua (50 hs).

5.2. Desarrollo de algoritmo de comunicaciones (40 hs).

5.3. Encapsulamiento de aplicación en contenedores (20 hs).

5.4. Pruebas unitarias de sistema embebido en dispositivo de telemetría (40 hs).

6. Integración y pruebas integrales: 100 hs

6.1. Integración de componentes (40 hs).

6.2. Pruebas integrales de sistema y corrección de errores (60 hs).

7. Elaboración de documentación: 100 hs

7.1. Confección de memoria técnica (60 hs).

7.2. Informes de avance (20 hs).

7.3. Presentación de defensa (20 hs).

Cantidad total de horas: 660 hs

10. Diagrama de Activity On Node

Se presenta el diagrama de *Activity On Node* a partir del WBS definido en la etapa anterior. Las unidades mostradas en la gráfica están expresadas en **horas**.

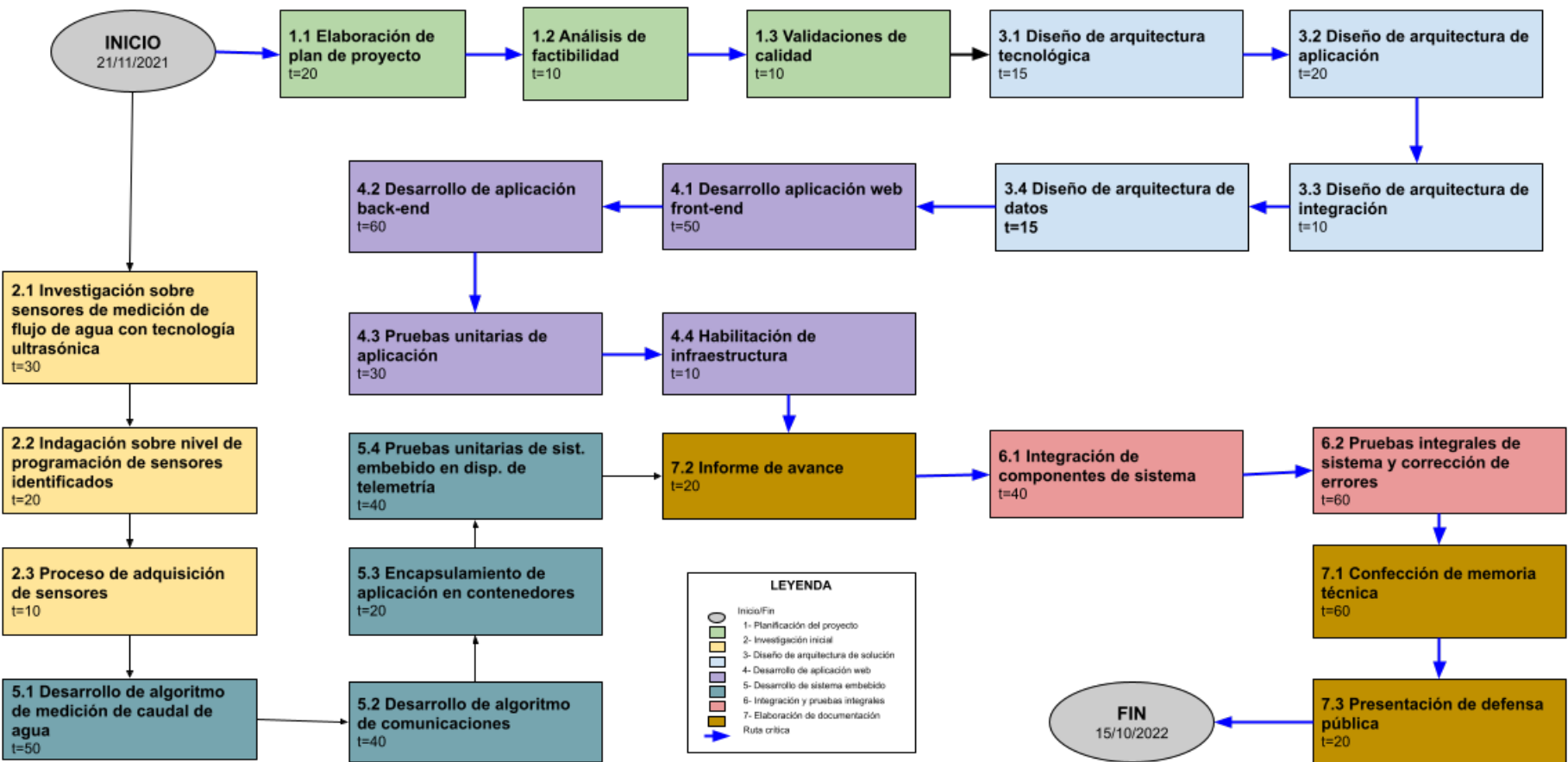


Figura 2. Diagrama en *Activity on Node*

11. Diagrama de Gantt

A continuación se listan las actividades con las fechas de inicio y fin establecidas para el proyecto. Se tienen en cuenta las siguientes consideraciones:

- La asignación de un (01) recurso de tipo desarrollador.
- El trabajo diario será de tres (03) horas por seis (06) días por semana.
- Vacaciones desde el 15 de diciembre de 2021 al 28 de febrero de 2022 y desde el 11 al 22 de julio de 2022.

Actividad	Fecha inicio	Fecha fin
Proyecto Trabajo Final	21/10/2021	15/10/2022
Planificación del proyecto	21/10/2021	16/11/2021
Elaboración del plan de proyecto	21/10/2021	3/11/2021
Análisis de factibilidad	4/11/2021	10/11/2021
Validaciones de calidad	11/11/2021	16/11/2021
Investigación inicial	21/10/2021	29/11/2021
Investigación sensores ultrasónicos de medición de flujo de agua	21/10/2021	9/11/2021
Indagación programación de sensores	10/11/2021	22/11/2021
Proceso de adquisición	23/11/2021	29/11/2021
Diseño de arquitectura de solución	17/11/2021	15/12/2021
Diseño de arquitectura tecnológica	17/11/2021	26/11/2021
Diseño de arquitectura de aplicación	27/11/2021	3/12/2021
Diseño de arquitectura de integración	4/12/2021	10/12/2021
Diseño de arquitectura de datos	11/12/2021	15/12/2021
Desarrollo de aplicación web	16/12/2021	11/06/2022
Desarrollo front-end	16/12/2021	30/03/2022
Desarrollo back-end	31/03/2022	11/05/2022
Pruebas unitarias de aplicación	12/05/2022	1/06/2022
Habilitación de infraestructura	2/06/2022	11/06/2022
Llegada de HW	12/03/2022	12/03/2022
Desarrollo de sistema embebido	12/03/2022	9/06/2022
Desarrollo de algoritmo medición de caudal	12/03/2022	15/04/2022
Desarrollo de algoritmo de comunicaciones	16/04/2022	13/05/2022
Encapsulamiento de aplicación en contenedores	14/05/2022	27/05/2022
Pruebas unitarias de sist embebido	28/05/2022	9/06/2022
Integración y pruebas integrales	19/06/2022	4/08/2022
Integración de componentes de sistema	19/06/2022	2/07/2022
Pruebas integrales y corrección de errores	3/07/2022	4/08/2022
Documentación	12/06/2022	15/10/2022
Informe de avance 4B	12/06/2022	18/06/2022
Presentación de Avance 4B	19/06/2022	19/06/2022
Confección memoria técnica	5/08/2022	24/08/2022
Elaboración Presentación defensa pública	25/08/2022	31/08/2022
Presentación defensa pública	16/10/2022	16/10/2022

En la figura 3, se muestra el de diagrama de gantt realizado para el proyecto.

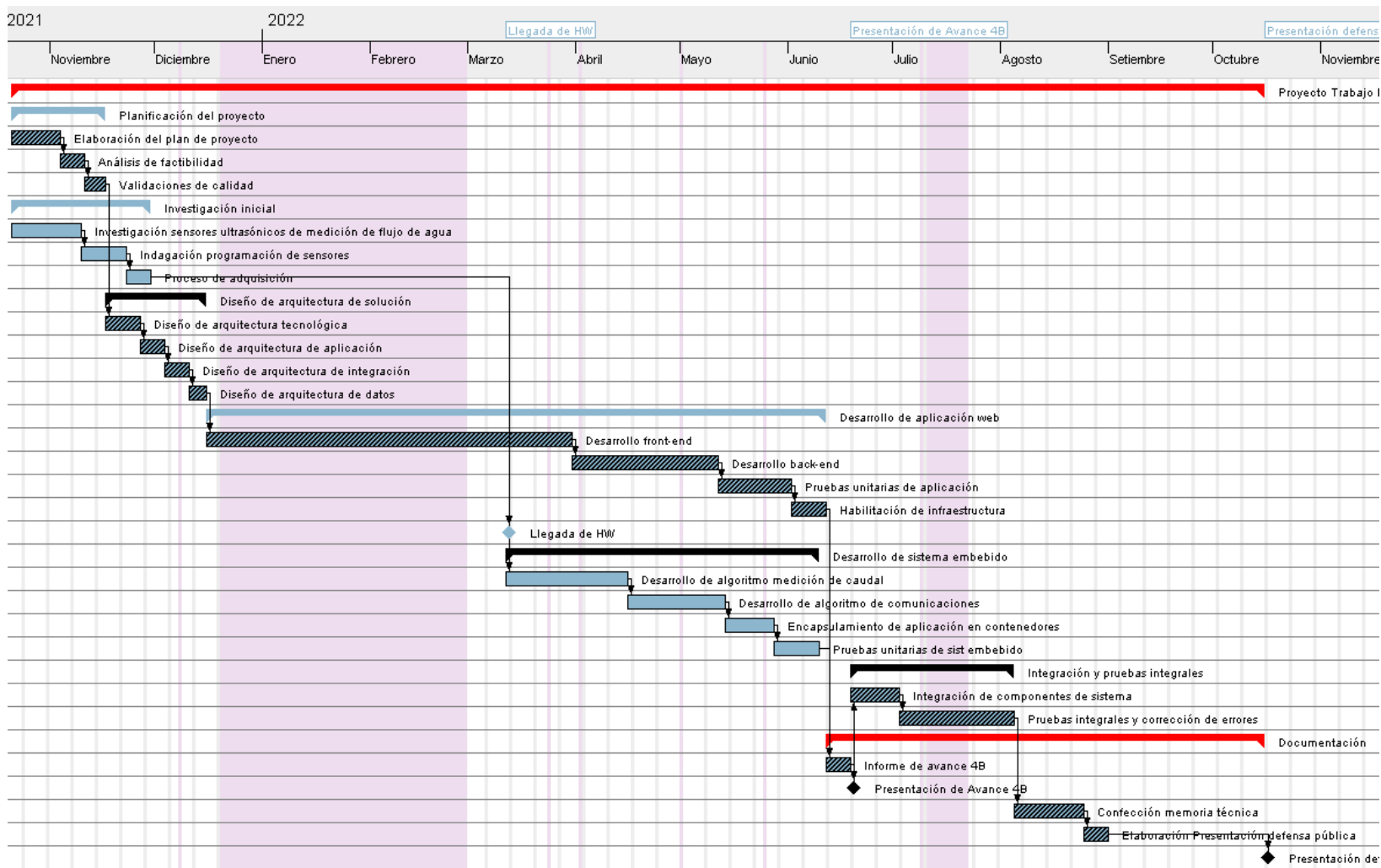


Figura 3. Diagrama de Gantt

12. Presupuesto detallado del proyecto

Se presenta el presupuesto del proyecto. Está expresado en dólares americanos (USD).

COSTOS DIRECTOS			
Descripción	Cantidad	Valor unitario	Valor total
Servicios de ingeniería	660 hs	10.00	6600.00
Sensor de caudal de agua ultrasónico	01 un	110.00	110.00
Unidad de cómputo Raspberry Pi	01 un	130.00	130.00
SUBTOTAL			6840.00
COSTOS INDIRECTOS			
Descripción	Cantidad	Valor unitario	Valor total
20 % de costo directo	01	1368.00	1368.00
SUBTOTAL			1368.00
TOTAL			8208.00

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 $RPN=S \times O$)

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.

Riesgo	S	O	RPN	S*	O*	RPN*

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

Para cada uno de los requerimientos del proyecto indique:

- 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.