



# Sistema de Iluminación y Riego por Goteo

Autor:

Ing. Escribá Pedro Santiago

Director:

Ing. Esp. Brignone Matias Nicolás (Encora)

*Esta planificación fue realizada en el curso de Gestión de proyectos  
entre el 20 de octubre de 2022 y el 8 de diciembre de 2022.*

## Índice

1. Descripción técnica-conceptual del proyecto a realizar . . . . .	5
2. Identificación y análisis de los interesados . . . . .	5
3. Propósito del proyecto . . . . .	6
4. Alcance del proyecto . . . . .	6
5. Supuestos del proyecto. . . . .	6
6. Requerimientos . . . . .	7
7. Historias de usuarios ( <i>Product backlog</i> ). . . . .	7
8. Entregables principales del proyecto . . . . .	8
9. Desglose del trabajo en tareas . . . . .	9
10. Diagrama de Activity On Node. . . . .	9
11. Diagrama de Gantt . . . . .	11
12. Presupuesto detallado del proyecto . . . . .	13
13. Gestión de riesgos . . . . .	13
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	20 de octubre de 2022
1	Se completa hasta el punto 5 inclusive	03 de noviembre de 2022
2	Se completa hasta el punto 9 inclusive	06 de noviembre de 2022
3	Se completa hasta el punto 12 inclusive	12 de noviembre de 2022
4	Se completa el plan	20 de noviembre de 2022

## Acta de constitución del proyecto

Buenos Aires, 20 de octubre de 2022

Por medio de la presente se acuerda con el Ing. Escribá Pedro Santiago que su Trabajo Final de la Carrera de Especialización en Sistemas Embebidos se titulará “Sistema de Iluminación y Riego por Goteo”, consistirá esencialmente en la implementación de un prototipo de un sistema de riego por goteo, y tendrá un presupuesto preliminar estimado de 600 hs de trabajo y ARS 40700, con fecha de inicio 20 de octubre de 2022 y fecha de presentación pública 16 de octubre de 2023.

Se adjunta a esta acta la planificación inicial.

Ariel Lutenberg  
Director posgrado FIUBA

Ing. Rodrigo Fernandez Frittelli  
RiegoTec

Ing. Esp. Brignone Matias Nicolás  
Director del Trabajo Final

## 1. Descripción técnica-conceptual del proyecto a realizar

El objetivo del presente trabajo es implementar nuevas tecnologías a los sistemas de riegos actuales con la finalidad de garantizar un cultivo de excelencia, donde el grado de impacto negativo de las variables climáticas sean lo menor posible. De forma complementaria, se propone también suministrar un sistema de iluminación moderno y vistoso.

Para cumplimentar con lo recién planteado, se propone utilizar uno o más sensores de humedad por cada cultivo y, mediante un lazo de control cerrado, suministrar el agua que sea requerida. La información para cada especie de planta se encontrará en un servidor virtual y el mismo enviará la información al sistema embebido por Wi-Fi.

A diferencia de otros sistemas de riego, el presente incorpora nuevas tecnologías de comunicación y una interfaz de usuario. Esto permite que cualquier persona con un smartthphone pueda configurar el cultivo asociado a un sensor y obtener estadísticas de la humedad de la tierra así como controlar un arreglo de LEDs RGB situado cercano a un sensor o plantín.

En la Figura 1 se puede observar los diferentes bloques del proyecto, seccionado de acuerdo a las tecnologías a utilizar. La interfaz de usuario abarca el alto nivel tecnológico y más cercano a la persona, mientras que el sistema embebido representa el bajo nivel tecnológico y más lejano a la persona.

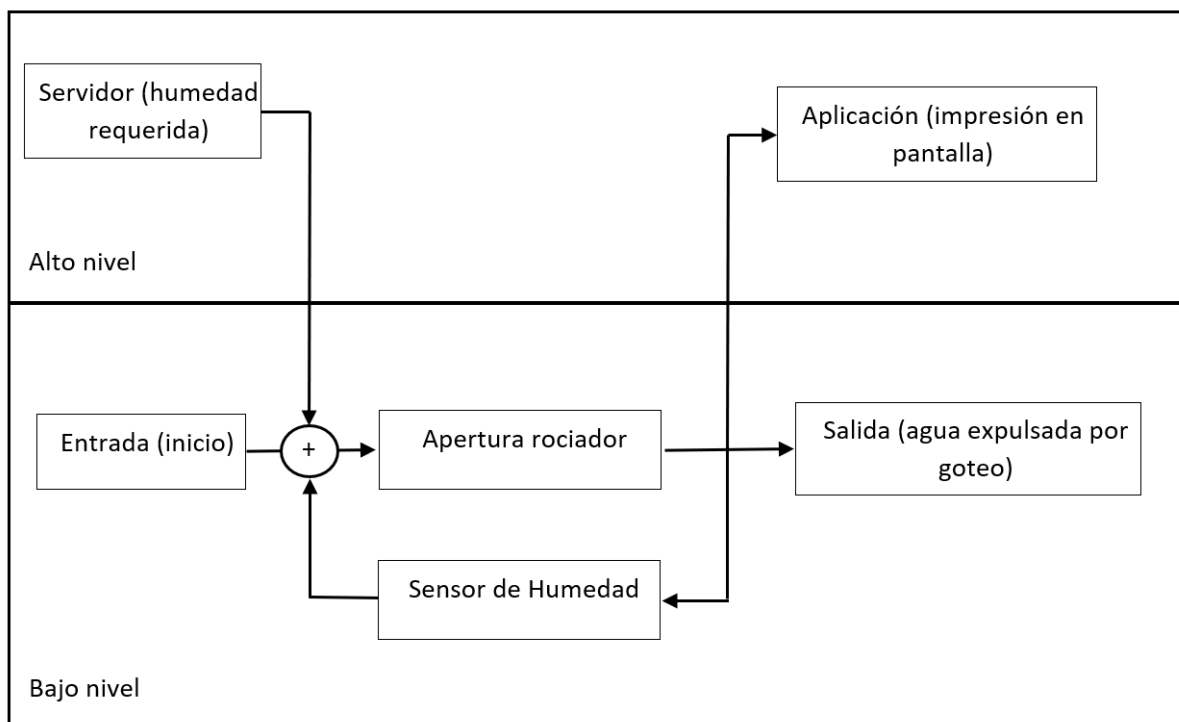


Figura 1. Diagrama en bloques del sistema.

## 2. Identificación y análisis de los interesados

En esta sección se presentan los interesados en el proyecto. En la Tabla 1 se puede apreciar los distintos roles, organización y puesto de las personas que poseen un cierto interés en el producto a desarrollar.

Rol	Nombre y Apellido	Organización	Puesto
Auspiciante	Ing. Rodrigo Fernandez Frittelli	RiegoTec	-
Cliente	Ing. Rodrigo Fernandez Frittelli	RiegoTec	-
Responsable	Ing. Escribá Pedro Santiago	FIUBA	Alumno
Orientador	Ing. Esp. Brignone Matías Nicolás	Encora	Director Trabajo final
Usuario final	Ana Fernandez	Particular	-

Tabla 1. Interesados

- Auspiciante y Cliente: es riguroso y exigente. Desea un producto final en condiciones óptimas y sin fallas.
- Orientador: Matías es un profesional de excelencia, capaz de asistir en las necesidades que surjan.
- Usuario final: profesional de herbología.

### 3. Propósito del proyecto

El propósito de este proyecto es diseñar un prototipo funcional capaz de administrar agua mediante la tecnología de goteo a un cultivo determinado, satisfaciendo las necesidades del cliente involucrado. A su vez, se pretende aplicar los conocimientos adquiridos en la carrera de especialización de Sistemas Embebidos permitiendo que los mismos sean afianzados.

### 4. Alcance del proyecto

Acorde a las necesidades del cliente, el proyecto incluye el desarrollo de un firmware en lenguaje C encargado del control a lazo cerrado del sistema de riego y su comunicación con un servidor. También es parte de este proyecto el desarrollo mecánico de un prototipo funcional de riego por goteo que responda a las necesidades de un único cultivo. Además, se incluye el código para el control del sistema de iluminación y su desarrollo físico y, por último, una demo de una interfaz de usuario para utilizar en smartphones.

En cambio, no es parte de este proyecto el desarrollo del código de la interfaz de usuario y brindar soporte a la misma. Tampoco se incluye el desarrollo de un PBC para alojar los diferentes componentes ni el desarrollo del hardware necesario.

### 5. Supuestos del proyecto

Para el desarrollo del presente proyecto se supone que:

- Se conocen todos los conceptos técnicos necesarios para su desarrollo.

- Se dispone de los recursos económicos como de los materiales.
- Se dispone de un tiempo acotado a las necesidades del cliente: el proyecto se debe ejecutar en dos meses.
- El director del proyecto tendrá su participación, brindando ideas y corrigiendo errores.
- El impacto de las condiciones macroeconómicas y reglamentarias será mínimo.

## 6. Requerimientos

En la siguiente sección se enumeran los requerimientos del proyecto propuesto.

1. Requerimientos funcionales del firmware:
  - 1.1. Debe estar codificado en lenguaje C.
  - 1.2. Debe incluir un sistema operativo de tiempo real.
  - 1.3. Debe ser portable a otras plataformas.
  - 1.4. Debe ser escalable a múltiples goteros.
  - 1.5. El código debe ser prolijo, legible y entendible.
2. Requerimientos funcionales de hardware:
  - 2.1. Deben utilizarse el módulo ESP32 de Espressif como controlador general.
  - 2.2. Deben utilizarse las placas de evaluación sin la necesidad de realizar un PCB.
  - 2.3. Los sensores de humedad deben ser del modelo HD38.
  - 2.4. Se debe garantizar la tensión y corriente mínima para alimentar el sistema de iluminación y el mecanismo de goteo de acuerdo a especificaciones de las hojas de datos.
  - 2.5. Toda la electrónica sin uso directo (es decir aquello que no sean sensores, luces o cableado) debe estar bajo una protección de humedad IP23.
3. Requerimientos funcionales de la Interfaz de Usuario:
  - 3.1. Deben ser apta para smartphone.
  - 3.2. Deben tener diseño responsivo.
4. Requerimientos de documentación
  - 4.1. La documentación debe presentarse en formato PDF usando lenguaje Latex.
  - 4.2. Debe presentarse un manual de usuario que explique el funcionamiento del producto.

## 7. Historias de usuarios (*Product backlog*)

A continuación se adjuntan las principales Historias de usuarios. Para valorarlas se propone un sistema de puntos continuos entre 0 y 10, ponderando la dificultad, la complejidad y la incertidumbre (o riesgo involucrado) del requerimiento planteado en la historia. De esta forma, para comparar entre historias, se calcula el esfuerzo requerido a partir de la suma de los puntos y estimado de acuerdo a la serie de Fibonacci, aproximando al valor más cercano.

1. "Como usuario quiero un sistema de riego para no perder tiempo regando plantas".
  - 1.1. Dificultad: 8 puntos.
  - 1.2. Complejidad: 5 puntos.
  - 1.3. Incertidumbre: 7 puntos.
  - 1.4. Total: 20 puntos, Fibonacci más cercano 21.
2. "Como herbóloga deseo que mis plantas tengan la humedad correcta para tener un cultivo de excelencia".
  - 2.1. Dificultad: 5 puntos.
  - 2.2. Complejidad: 8 puntos.
  - 2.3. Incertidumbre: 4 puntos.
  - 2.4. Total: 17 puntos, Fibonacci más cercano 21.
3. "Como expositor de cultivos quiero una iluminación precisa para ganar valor cultural".
  - 3.1. Dificultad: 3 puntos.
  - 3.2. Complejidad: 4 puntos.
  - 3.3. Incertidumbre: 1 puntos.
  - 3.4. Total: 8 puntos, Fibonacci más cercano 8.
4. "Como herbóloga quiero disponer de toda la información del riego en mi celular para un mejor control".
  - 4.1. Dificultad: 5 puntos.
  - 4.2. Complejidad: 2 puntos.
  - 4.3. Incertidumbre: 0 puntos.
  - 4.4. Total: 7 puntos, Fibonacci más cercano 7.

## 8. Entregables principales del proyecto

A continuación se enumeran los entregables que dispondrá este proyecto:

- Hardware funcional basado en módulo ESP32.
- Manual de usuario.
- Guía de instalación.
- Diagrama de circuitos esquemáticos.
- Hoja de datos de los dispositivos involucrados.
- Código fuente del firmware.
- Informe final.



## 9. Desglose del trabajo en tareas

De acuerdo a los requerimientos planteados en la sección 6 se proyecta el siguiente desglose de tareas.

1. Firmware y software.
  - 1.1. Investigación de productos existentes y necesidades del cliente (30 hs).
  - 1.2. Planificación del diseño (30 hs).
  - 1.3. Planificación del proyecto (40 hs).
  - 1.4. Planificación y diseño del firmware (13 hs).
  - 1.5. Desarrollo del código fuente de la Maquina de Estados (30 hs).
  - 1.6. Desarrollo del código fuente del Sistema Operativo en Tiempo Real (35 hs).
  - 1.7. Desarrollo de servidor web (30 hs).
  - 1.8. Desarrollo de aplicación de usuario (30 hs).
2. Hardware.
  - 2.1. Planificación y diseño del hardware(12 hs).
  - 2.2. Adquisición de insumos (10 hs).
  - 2.3. Armado del prototipo de riego (35 hs).
  - 2.4. Armado del prototipo de iluminación (25 hs).
3. Testing.
  - 3.1. Pruebas del hardware (40 hs).
  - 3.2. Pruebas del firmware (40 hs).
4. Documentación.
  - 4.1. Documentación del código fuente (30 hs).
  - 4.2. Documentación del diseño (30 hs).
  - 4.3. Armado de documentación, guía de usuario y diagramado (40 hs).
  - 4.4. Desarrollo del informe de avance (30 hs).
  - 4.5. Desarrollo de la memoria técnica (70 hs).

Cantidad total de horas: (600 hs).

## 10. Diagrama de Activity On Node

A partir del desglose de tareas de la sección 9, se genera el diagrama de Activity On Node de la figura 2.

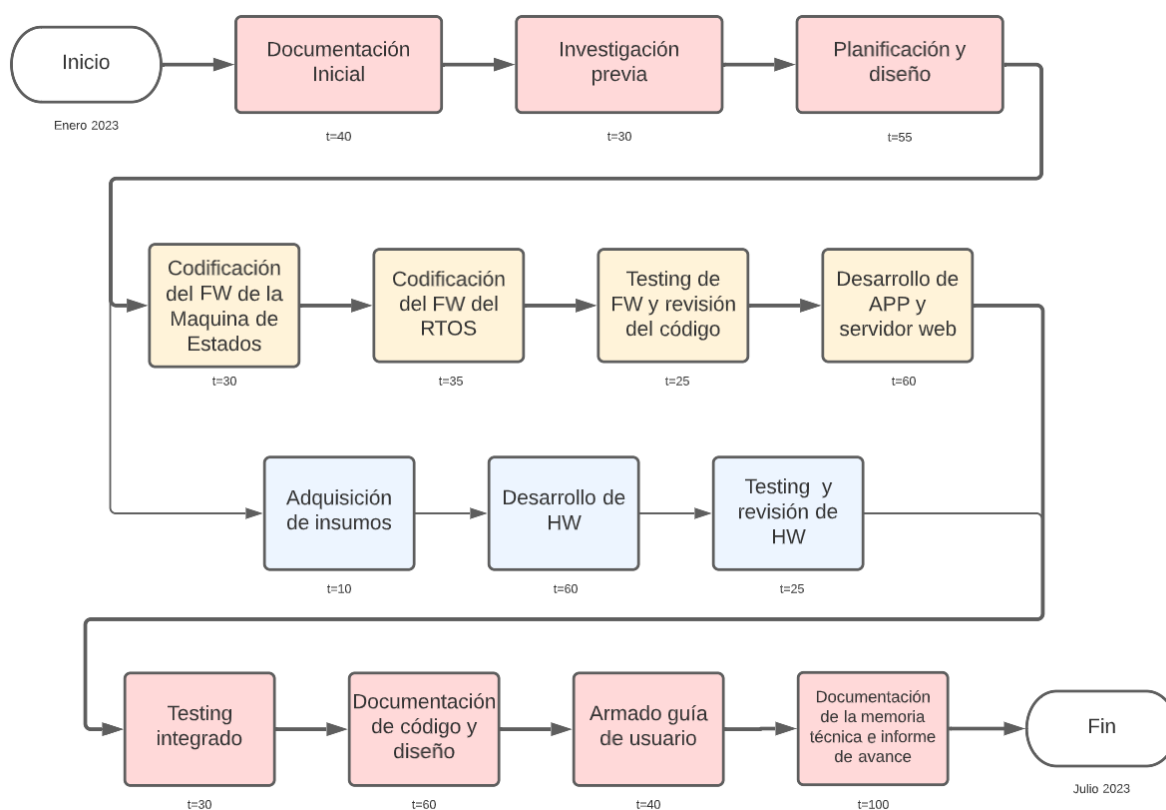


Figura 2. Activity on Node. El color rojo representa las tareas de documentación, el color amarillo las tareas relativas al firmware y el azul las relativas al hardware. La unidad de tiempo es la hora.

## 11. Diagrama de Gantt

En la figura 3 se presenta un diagrama de Gantt con la planificación de las tareas analizadas en la sección 9. En este caso se analiza cómo se distribuirán las tareas a lo largo de los diferentes meses de trabajo, partiendo de que el inicio de las actividades será en el mes de Enero del 2023 y finalizará en Septiembre de 2023. Para este diagrama se calculan entre 10 y 15 horas de trabajo por semana aproximadamente, cantidad que puede variar de acuerdo a la demanda de trabajo. A su vez en la tabla 2 se observa en detalle las fechas de inicio y finalización de cada tarea, así como su duración y predecesora.

Gantt ID	Tareas ID	Nombre de la Tarea	Duración	Comienzo	Fin	Predecesora
1	1.1	Documentación Preliminar.	40 hs	02/01/2023	21/02/2023	-
2	1.2, 1.3, 1.4 y 2.1	Investigación y Planificación.	85 hs	22/01/2023	28/02/2023	1
3	2.2	Adquisición de insumos.	10 hs	08/02/2023	21/02/2023	2
4	1.5	Desarrollo FW Maquina de Estados.	30 hs	01/03/2023	07/04/2023	2
5	1.6	Desarrollo FW RTOS.	35 hs	01/03/2023	14/04/2023	2
6	3.2	Testing FW.	40 hs	01/04/2023	30/04/2023	4, 5
7	2.3 y 2.4	Desarrollo HW.	60 hs	15/04/2023	31/05/2023	2, 3, 6
8	3.1	Testing HW.	40 hs	15/05/2023	21/06/2023	7
9	1.7 y 1.8	Desarrollo APP.	60 hs	22/06/2023	14/07/2023	2, 6
10	4.1, 4.2 y 4.3	Documentación de código y diseño.	60 hs	15/07/2023	07/08/2023	2, 9
11	4.4 y 4.5	Desarrollo de Memoria Técnica y Presentación.	140 hs	15/07/2023	30/09/2023	2, 9

Tabla 2. Tareas de gantt.

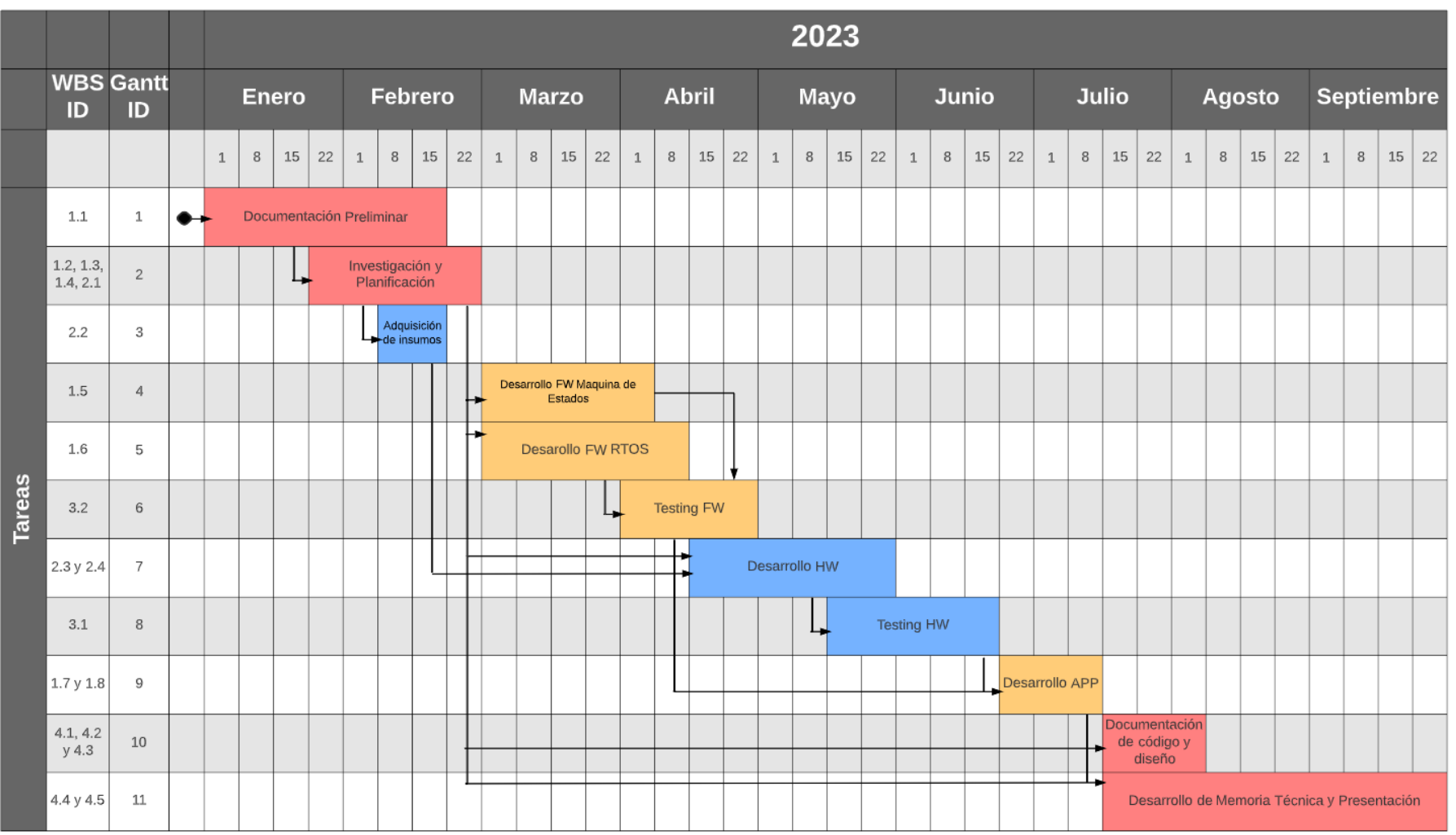


Figura 3. Diagrama de Gantt. El color rojo representa las tareas de documentación, el color amarillo las tareas relativas al firmware y el azul las relativas al hardware.

## 12. Presupuesto detallado del proyecto

Esta sección presenta un presupuesto detallado requerido para el desarrollo del proyecto. En la tabla 3 se encuentran los costos tanto directos como indirectos, subtotales y totales.

COSTOS DIRECTOS			
Descripción	Cantidad	Valor unitario	Valor total
Módulo ESP32	1	800	800
Sensor HD38	3	3500	10500
Manguera de riego polietireno 1/2"	2	250	500
Gotero	3	500	1500
Bomba para control de gotero	3	3500	10500
Pack Cables Macho-Hembra	2	700	1400
Caja protección IP23	1	1500	1500
SUBTOTAL			26700
COSTOS INDIRECTOS			
Descripción	Cantidad	Valor unitario	Valor total
Electricidad	6 meses	1000	6000
Internet	6 meses	2000	12000
SUBTOTAL			14000
TOTAL			40700

Tabla 3. Presupuesto del proyecto expresado en ARS.

## 13. Gestión de riesgos

En esta sección se identifican los principales riesgos del proyecto y sus consecuencias, así como el plan de mitigación para cada caso.

Riesgo 1: imposibilidad de responder de acuerdo a los tiempos planteado en la sección 11.

- Severidad (S): 8, dado que deberán replantearse los tiempos de desarrollo y no cumplir con la meta final.
- Probabilidad de ocurrencia (O): 7, dado que hay nuevos desafíos laborales planteado que demandaran mayor tiempo de trabajo.

Riesgo 2: no conseguir los componentes necesarios.

- Severidad (S): 8, ya que no podrá construirse el prototipo de testeo.
- Probabilidad de ocurrencia (O): 3, ya que son componentes de fácil acceso y de fabricación nacional.

Riesgo 3: incurrir en gastos mayores a los presupuestados.

- Severidad (S): 3, dado que se deberá gastar mayor cantidad de dinero.

- Probabilidad de ocurrencia (O): 9, dado el contexto inflacionario del país.

Riesgo 4: no disponer de los conocimientos técnicos a tiempo.

- Severidad (S): 7, ya que imposibilitará continuar con un proyecto de calidad.
- Probabilidad de ocurrencia (O): 7, ya que se iniciará el proyecto en simultaneo a la cursada de la carrera.

Riesgo 5: cancelación del proyecto por parte del cliente.

- Severidad (S): 9, dado que el proyecto no se podrá realizar.
- Probabilidad de ocurrencia (O): 2, dado el alto interés del cliente en el producto.

La tabla 4 muestra la matriz de gestión de riesgos, donde RPN se calcula como  $S \times O$ .

Riesgo	S	O	RPN	S*	O*	RPN*
Imposibilidad de responder de acuerdo a los tiempos planteado en el Diagrama de Gantt.	8	7	56	5	2	10
No conseguir los componentes necesarios.	8	3	24	-	-	-
Incurrir en gastos mayores a los presupuestados.	3	9	18	-	-	-
No disponer de los conocimientos técnicos a tiempo.	7	7	49	2	1	2
Cancelación del proyecto por parte del cliente.	9	2	18	-	-	-

Tabla 4. Gestión de riesgos.

A continuación se establece el plan de mitigación de los riesgos cuyo RPN es mayor a 25 puntos.

Riesgo 1: imposibilidad de responder de acuerdo a los tiempos planteado en la sección 11. Se mitigará adaptando el cronograma de trabajo teniendo en cuenta las dificultades que surjan en el camino. También se hablará con el cliente para coordinar nuevos tiempos de entrega.

- Severidad (S): 5, dado que habrá un nuevo tiempo de entrega.
- Probabilidad de ocurrencia (O): 2, ya que se tendrá más información de avances y la realimentación de tiempos será más exacta.

Riesgo 4: no disponer de los conocimientos técnicos a tiempo. Se mitigará adquiriendo los conocimientos necesarios de manera extracurricular.

- Severidad (S): 2, dado que se dispone de los materiales de estudio.
- Probabilidad de ocurrencia (O): 1, ya que los conocimientos serán adquiridos correctamente.

## 14. Gestión de la calidad

La gestión de la calidad es una parte importante del proyecto, es por ello que se realiza el análisis para cada uno de los requerimientos mencionados en la sección 6.

- Req #1: Debe estar codificado en lenguaje C.
  - Verificación: se leerá el código fuente.
  - Validación: el mismo debe compilar con un IDE configurado en lenguaje C.
- Req #2: Debe ser portable a otras plataformas.
  - Verificación: se compilará para otras plataformas.
  - Validación: se mostrará al cliente el mismo código corriendo en otra plataforma.
- Req #3: Debe ser escalable a múltiples goteros.
  - Verificación: se realizarán simulaciones con múltiples goteros.
  - Validación: se mostrará al cliente dichas simulaciones.
- Req #4: El código debe ser prolijo, legible y entendible.
  - Verificación: se leerá el código y debe ser entendido por un programador ajeno al proyecto.
  - Validación: el código formará parte de la documentación.
- Req #5: Deben utilizarse el módulo ESP32 de Espressif como controlador general.
  - Verificación: se dispondrá del módulo especificado.
  - Validación: se realizarán pruebas de funcionamiento en dicho módulo.
- Req #6: Deben utilizarse las placas de evaluación sin la necesidad de realizar un PCB.
  - Verificación: se dispondrá de las placas de evaluación especificadas.
  - Validación: se realizarán pruebas de funcionamiento en dichas placas.
- Req #7: Los sensores de humedad deben ser del modelo HD38.
  - Verificación: se dispondrá de los módulos especificados.
  - Validación: se realizarán pruebas de funcionamiento en dichos módulos.
- Req #8: Se debe garantizar la tensión y corriente mínima para alimentar el sistema de iluminación y el mecanismo de goteo de acuerdo a especificaciones de las hojas de datos.
  - Verificación: se realizarán cálculos de tensión y corriente de acuerdo a las especificaciones técnicas.
  - Validación: se medirá tensión y corriente en todo el sistema.
- Req #9: Toda la electrónica sin uso directo (es decir aquello que no sean sensores, luces o cableado) debe estar bajo una protección de humedad IP23.
  - Verificación: se revisará los productos seleccionados para que cumplan con dicho requerimiento.
  - Validación: se realizarán pruebas de humedad para validar la calidad del prototipo.

- Req #10: Aplicación de usuario debe ser apta para smartphone.
  - Verificación: se diseñará con programas cuyas especificaciones permitan el uso en smartphones.
  - Validación: se correrá en un smartphone con sistema operativo Android.
- Req #11: Deben tener diseño responsivo.
  - Verificación: se realizará una prueba de uso por un usuario con conocimientos.
  - Validación: se realizará una prueba de uso por un usuario sin conocimientos.
- Req #12: La documentación debe presentarse en formato PDF usando lenguaje Latex.
  - Verificación: se leerá el código fuente.
  - Validación: la misma debe ser leída en un lector PDF y disponer del formato correspondiente a la plantilla planteada.
- Req #13: Debe presentarse un manual de usuario que explique el funcionamiento del producto
  - Verificación: se leerá el manual de usuario.
  - Validación: dicho manual será leído por un usuario sin conocimientos.

## 15. Procesos de cierre

Finalmente, se analizan las pautas de trabajo para realizar una reunión final de evaluación del proyecto, las cuales contemplan las siguientes actividades:

- Pautas de trabajo que se seguirán para analizar si se respetó el Plan de Proyecto original:
  - El estudiante y el director se reunirán para analizar si se respetó el Plan de Proyecto original. En dicha reunión se dispondrá de este documento y se estudiará punto a punto que cada objetivo planteado haya sido cumplido. También se analizarán los riesgos asumidos y el correcto cumplimiento de los requisitos planteados.
- Identificación de las técnicas y procedimientos útiles e inútiles que se emplearon, y los problemas que surgieron y cómo se solucionaron: - El estudiante hará un análisis de cada procedimiento que empleó y dejará constancia en un documento de los pros y contras de cada técnica utilizada, así como de los problemas que surgieron y las soluciones empleadas.
- Indicar quién organizará el acto de agradecimiento a todos los interesados, y en especial al equipo de trabajo y colaboradores: - El estudiante será el encargado de dicha tarea y la misma se llevará a cabo el día de la presentación del trabajo final.