



Sistema de monitoreo de cultivos agrícolas

Autor:

Ing. Mario Fernando Aguilar Montoya

Director:

Esp. Ing. Julián Bustamante Narvaez (TECREA SAS)

*Esta planificación fue realizada en el curso de Gestión de proyectos
entre el 24 de junio de 2021 y el 19 de agosto de 2021.*

Índice

1. Descripción técnica-conceptual del proyecto a realizar	5
2. Identificación y análisis de los interesados	6
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	9
9. Desglose del trabajo en tareas	9
10. Diagrama de Activity On Node.	11
11. Diagrama de Gantt	12
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	24 de junio de 2021
1	Se completa hasta el punto 5 inclusive	8 de julio de 2021
2	Se completa hasta el punto 9 inclusive	15 de julio de 2021
3	Se completa hasta el punto 12 inclusive	2 de agosto de 2021
4	Se completa hasta el punto 15 inclusive	9 de agosto de 2021
5	Corrección hasta el punto 15 inclusive	11 de agosto de 2021

Acta de constitución del proyecto

Buenos Aires, 24 de junio de 2021

Por medio de la presente se acuerda con el Ing. Mario Fernando Aguilar Montoya que su Trabajo Final de la Carrera de Especialización en Sistemas Embebidos se titulará “Sistema de monitoreo de cultivos agrícolas”, consistirá esencialmente en la implementación de un prototipo de un sistema de monitoreo, y tendrá un presupuesto preliminar estimado de 705 hs de trabajo y 46982 Bs, con fecha de inicio 24 de junio de 2021 y fecha de presentación pública 15 de mayo de 2022.

Se adjunta a esta acta la planificación inicial.

Ariel Lutenberg
Director posgrado FIUBA

Ing. Mario Raul Aguilar Acosta
Cliente

Esp. Ing. Julián Bustamante Narvaez
Director del Trabajo Final

1. Descripción técnica-conceptual del proyecto a realizar

En los últimos años la tendencia tecnológica se ha orientado hacia la creación de dispositivos electrónicos conectados a internet. Permitiendo la implementación de una amplia variedad de nuevas aplicaciones.

Se pretende lograr un sistema de bajo costo, bajo consumo energético y resistente a condiciones ambientales adversas, que permita medir variables atmosféricas en zonas agrícolas y enviarlas a la nube de forma periódica.

El objetivo principal del proyecto es la creación de un sistema capaz de obtener mediciones de humedad y temperatura tanto del suelo como del ambiente y enviar las variables medidas, haciendo uso de la red NB IoT o GSM/GPRS, a una plataforma IoT que permitirá almacenar y visualizar dichos datos en la nube. Todo esto estará implementado en un sistema que incorpore un microcontrolador y hardware de bajo consumo. En la figura 1 se puede observar el diagrama de bloques del sistema.

El proyecto permitirá al agricultor maximizar el proceso de producción al hacer uso eficiente de los recursos hídricos. El agua será utilizada en los momentos y cantidades necesarias, con lo que se logrará aumentar los niveles de producción, sostenibilidad y la rentabilidad del cultivo.

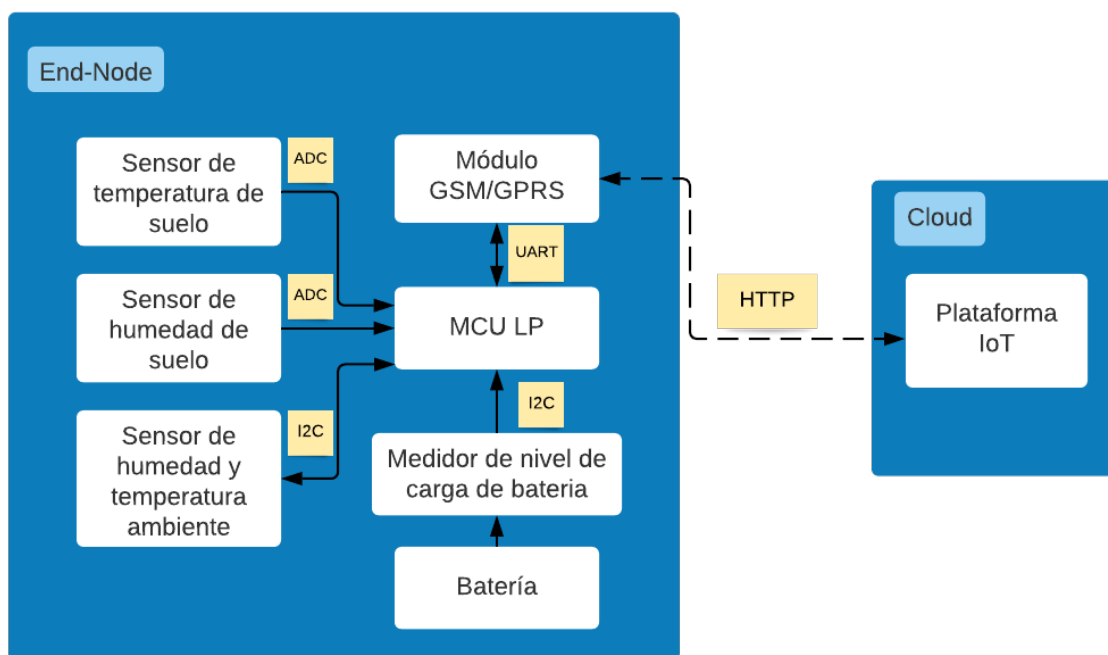


Figura 1. Diagrama en bloques del sistema de monitoreo de cultivos agrícolas.

2. Identificación y análisis de los interesados

Rol	Nombre y Apellido	Organización	Puesto
Cliente	Ing. Mario Raul Aguilar Acosta	Cliente	
Responsable	Ing. Mario Fernando Aguilar Montoya	FIUBA	Alumno
Orientador	Esp. Ing. Julián Bustamante Narvaez	TECREA SAS	Director Trabajo final
Usuario final	Agricultores		

3. Propósito del proyecto

El propósito del proyecto es desarrollar un sistema que sea capaz de monitorear parámetros relevantes de cultivos agrícolas de forma remota, con la finalidad de realizar un manejo eficiente de los recursos hídricos del agricultor.

4. Alcance del proyecto

El proyecto incluye:

- Diseño e implementación de un prototipo y pruebas preliminares de funcionamiento.
- Desarrollo del firmware para el microcontrolador.
- Configurar la interfaz gráfica de la plataforma IoT open source.

El proyecto no incluye:

- Diseño y fabricación del gabinete que alojará al dispositivo.
- Manuales de instalación y de usuario del dispositivo.

5. Supuestos del proyecto

- Todos los módulos y componentes para el proyecto podrán adquirirse.
- Será posible desarrollar los PCBs del prototipo de prueba.
- Los tiempos de importación y de fabricación estarán dentro de lo planeado.
- El presupuesto no superará en gran medida lo estimado.
- No tener problemas de importación de los componentes.

6. Requerimientos

1. Requerimientos funcionales

1.1. Requerimientos del firmware

- 1) El firmware debe convertir las señales analógicas de los sensores de humedad y temperatura de suelo a señales digitales.
- 2) El firmware debe comunicarse mediante protocolo I2C con el sensor de temperatura y humedad ambiente y con el medidor de carga de la batería.
- 3) El firmware debe comunicarse con el módulo GSM/GPRS mediante protocolo serial.
- 4) El firmware debe poder establecer una conexión celular GSM/GPRS.
- 5) El firmware debe funcionar como cliente HTTP para enviar datos a la nube.
- 6) El firmware debe mandar alarmas a través de SMS.

1.2. Requerimientos de hardware

- 1) Microcontrolador
 - a' Debe ser de bajo consumo.
 - b' Debe tener dos entradas analógicas.
 - c' Debe tener comunicación I2C.
 - d' Debe tener 1 puerto UART.
- 2) El prototipo debe utilizar un módulo GSM/GPRS.
- 3) El prototipo debe tener un medidor de carga para la batería.
- 4) El prototipo debe funcionar con una batería de 3.7 V y mínimo 2000 mA.
- 5) La caja del prototipo debe cumplir con grado de protección IP.
- 6) La caja debe ser genérica.

1.3. Requerimientos de la interfaz gráfica en la plataforma IoT

- 1) Debe mostrar los valores de los sensores.
- 2) Debe mostrar el nivel de carga de la batería.

1.4. Requerimientos de documentación

- 1) Se debe presentar un informe de avance del proyecto.
- 2) Se debe presentar una memoria técnica al final del proyecto.

2. Requerimientos no funcionales

- 2.1. El sistema debe ser escalable, de forma de poder agregar más sensores en el futuro.
- 2.2. El firmware debe estar modularizado.
- 2.3. El firmware debe establecer modos de bajo consumo.
- 2.4. El firmware debe estar sobre un sistema operativo.

7. Historias de usuarios (*Product backlog*)

Se utiliza la serie de Fibonacci: 0, 1, 3, 5, 8, 13, 21, 34... para establecer los pesos de las historias de usuario. Se suman los pesos de : cantidad de trabajo a realizar , complejidad del trabajo a realizar y riesgo o incertidumbre del trabajo a realizar. Si el peso no coincide con alguno de la serie se asigna el inmediato superior.

Tabla de pesos:

1. Cantidad de trabajo a realizar
 - 1.1. Bajo \Rightarrow peso 1
 - 1.2. Medio \Rightarrow peso 3
 - 1.3. Alto \Rightarrow peso 5
2. Complejidad del trabajo a realizar
 - 2.1. Bajo \Rightarrow peso 1
 - 2.2. Medio \Rightarrow peso 3
 - 2.3. Alto \Rightarrow peso 5
3. Riesgo o incertidumbre del trabajo a realizar
 - 3.1. Bajo \Rightarrow peso 1
 - 3.2. Medio \Rightarrow peso 3
 - 3.3. Alto \Rightarrow peso 5

Historia de usuario 1: “Como agricultor quiero ver la humedad del suelo para regar cuando sea necesario.”

Dificultad: alto (5) \Rightarrow Por que involucra muchas horas de ingeniería.

Complejidad: medio (3) \Rightarrow Hay que implementar varios protocolos de comunicación.

Riesgo: medio (3) \Rightarrow Problemas de conexión a la red celular.

$$(5+3+3)=11$$

$$\text{Story Point}=13$$

Historia de usuario 2: “Como agricultor quiero recibir alarmas cuando el valor de la humedad sea inferior al valor mínimo aceptable para regar el campo inmediatamente”

Dificultad: bajo (1) \Rightarrow Por que no involucra muchas horas de ingeniería.

Complejidad: bajo (1) \Rightarrow Por que el modulo GSM/GPRS tambien manda SMS cuando recibe una serie de comandos.

Riesgo: bajo (1) \Rightarrow Mala configuración de los límites aceptables para la humedad.

$$(1+1+1) = 3$$

$$\text{Story Point}=3$$

Historia de usuario 3: “Como agricultor quiero ver la temperatura del suelo de mi terreno para poder sembrar si la temperatura es la adecuada”

Dificultad: bajo (6) \Rightarrow Por que involucra muchas horas de ingeniería.

Complejidad: bajo (3) \Rightarrow Hay que implementar varios protocolos de comunicación.

Riesgo: bajo (3) \Rightarrow Problemas de conexión a la red celular.

$$(6+3+3)=12$$

Story Point=13

8. Entregables principales del proyecto

- Diagrama esquemático y layout no editables.
- Código fuente no editable.
- Prototipo funcional.
- Documentación del proyecto.

9. Desglose del trabajo en tareas

1. Documentación y análisis preliminar

- 1.1. Planificación del proyecto (15 hs)
- 1.2. Especificación de requisitos de software (15 hs)
- 1.3. Definición de las pruebas de aceptación (15 hs)

2. Búsqueda de material bibliográfico

- 2.1. Buscar hojas de datos de todos los componentes (20 hs)
- 2.2. Estudiar cómo funciona cada uno de los componentes (20 hs)
- 2.3. Investigar sobre dispositivos con funciones similares (20 hs)

3. Diseño del hardware del sistema

- 3.1. Selección de componentes (20 hs)
- 3.2. Diseño del esquemático (60 hs)
- 3.3. Diseño de los componentes en 3D (30 hs)
- 3.4. Organizar los componentes antes del ruteo (10 hs)
- 3.5. Ruteo del PCB (40 hs)

4. Desarrollo del firmware

- 4.1. Diseño de la arquitectura del firmware (20 hs)
- 4.2. Desarrollo de los drivers del firmware
 - 1) Desarrollo del módulo de lectura del sensor de humedad del suelo (10 hs)
 - 2) Desarrollo del módulo de lectura del sensor de temperatura del suelo (10 hs)
 - 3) Desarrollo del driver para el sensor de temperatura y humedad ambiente (30 hs)
 - 4) Desarrollo del driver para el módulo de lectura del nivel de carga de la batería (30 hs)
 - 5) Desarrollo del driver para el módulo GSM/GPRS (100 hs)
- 4.3. Montar el sistema operativo (15 hs)
- 4.4. Implementar la librería HAL (10 hs)
- 4.5. Desarrollo del módulo de aplicación (35 hs)

- 5. Configuración de la interfaz gráfica en la plataforma IoT (30 hs)
- 6. Testing
 - 6.1. Testeo del ensamblaje del hardware (10 hs)
 - 6.2. Testeo del firmware (10hs)
 - 6.3. Depuración del firmware (10hs)
- 7. Cierre del proyecto
 - 7.1. Informes de avance del proyecto (20)
 - 7.2. Elaboración de la memoria técnica del trabajo final (80)
 - 7.3. Presentación final del proyecto (20)

Cantidad total de horas: (705 hs)

10. Diagrama de Activity On Node

Se resalta con color roja las flechas que corresponde al camino crítico y a las que hay que prestar mayor atención para evitar retrasos. La suma del camino critico estima un tiempo de desarrollo del proyecto de 485 hs.

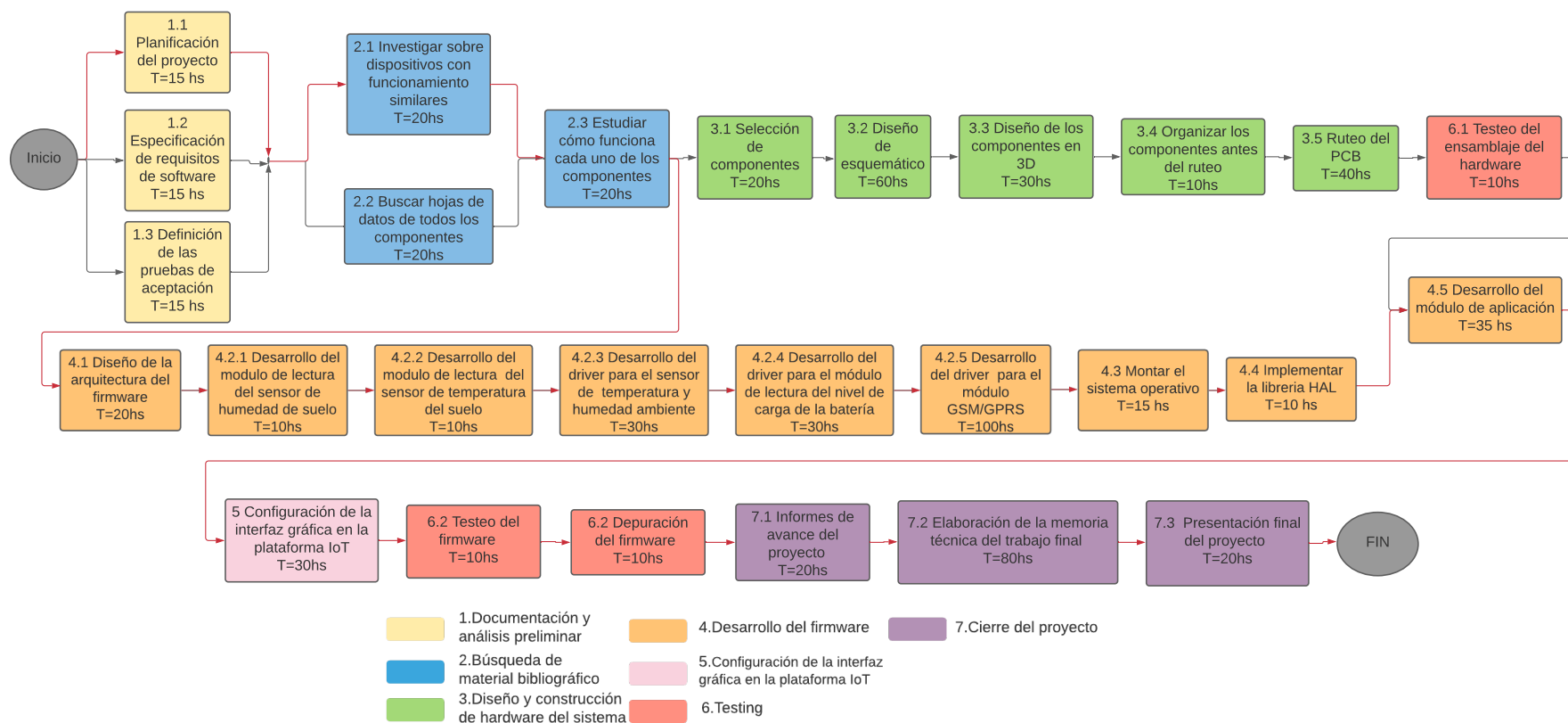


Figura 2. Diagrama en *Activity on Node*.

11. Diagrama de Gantt

A continuación, se muestra el diagrama de Gantt del proyecto. Para su realización se estableció un horario laboral de 6 horas de lunes a viernes.

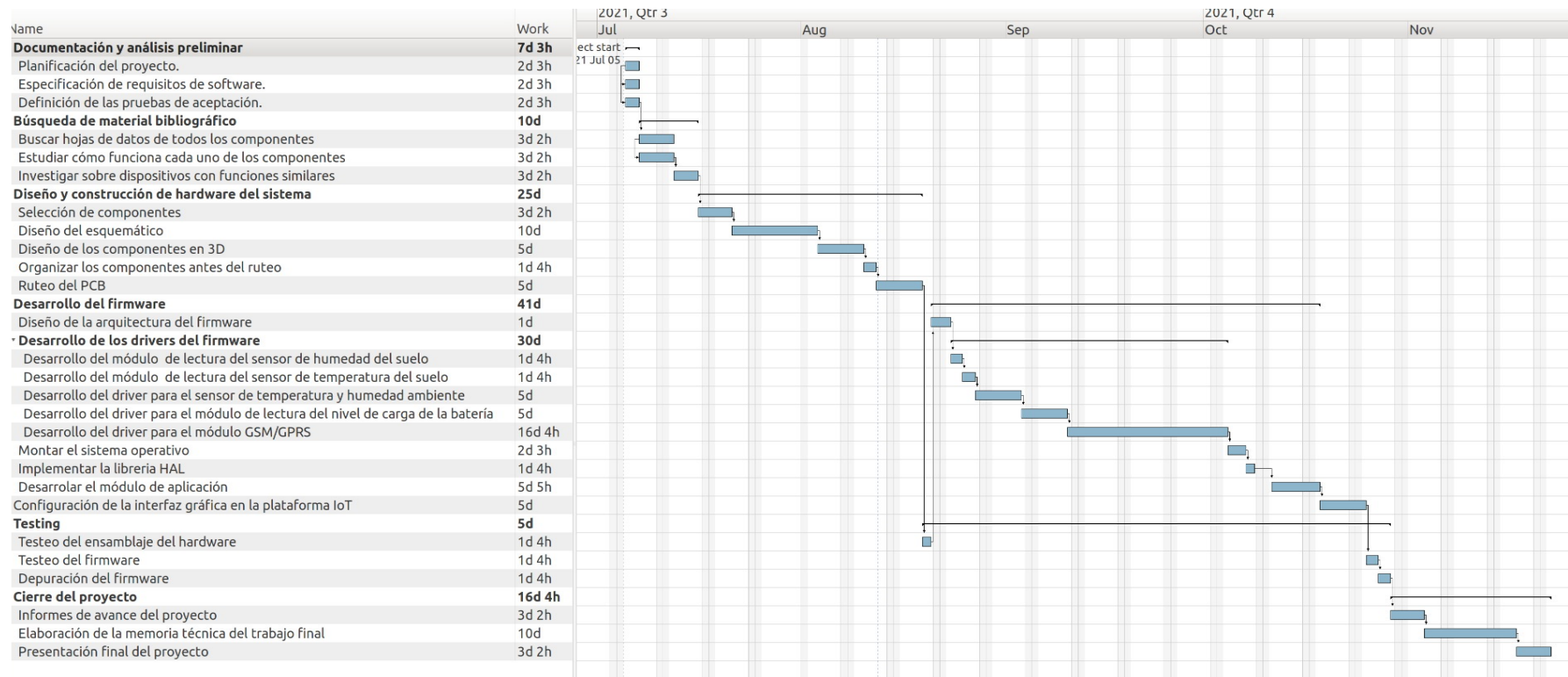


Figura 3. Diagrama de Gantt.

12. Presupuesto detallado del proyecto

Los precios expresados en la siguiente tabla se encuentran en Bolivianos Bs.

COSTOS DIRECTOS			
Descripción	Cantidad	Valor unitario	Valor total
Tarjeta de desarrollo STM32F334R8	1	200	200
Modulo GSM/GPRS	1	180	180
Sensor de humedad de suelo	2	40	80
Sensor de temperatura de suelo	1	80	80
Sensor de temperatura y humedad ambiente	1	90	90
Batería 3.7v 2000 mA	1	100	100
Sensor de carga de batería	1	30	30
Shield de integración de módulos	1	80	80
Caja de la tarjeta PCB	1	50	50
Horas de ingeniería	705	50	35250
SUBTOTAL			36140
COSTOS INDIRECTOS			
Descripción	Cantidad	Valor unitario	Valor total
30 % de los costos directos	1	1	10842
SUBTOTAL			
TOTAL			46982

13. Gestión de riesgos

a) Identificación de los riesgos y estimación de sus consecuencias:

Riesgo 1: Demora para conseguir los componentes electrónicos requeridos.

- Severidad (7): El proyecto sufrirá retrasos en su desarrollo.
- Probabilidad de ocurrencia (6): El mercado local no cuenta con el stock de los componentes necesarios para el proyecto.

Riesgo 2: Pérdida del hardware del proyecto

- Severidad (8): Esto genera un retraso importante en la ejecución de las actividades del proyecto en la fase de implementación y pruebas.
- Probabilidad de ocurrencia (4): El encargado del proyecto será una persona muy cuidadosa y responsable.

Riesgo 3: Mala estimación de la planificación.

- Severidad (7): El proyecto sufrirá varios cambios y retrasos en la ejecución.
- Probabilidad de ocurrencia (8): No se cuenta con experiencia en planificación de proyectos.

Riesgo 4: Mala señal de la red GSM/GPRS en el lugar de implementación.

- Severidad (7): Errores en la conexión y transmisión de datos a la nube.
- Probabilidad de ocurrencia (3): Se tiene conocimiento de que existe buena señal de la red GSM/GPRS en el lugar de la implementación.

Riesgo 5: Retraso en la programación del firmware.

- Severidad (8): Retrasos en el proyecto debido a que el firmware es una parte fundamental en el momento de la integración e implementación del prototipo.
- Probabilidad de ocurrencia (7): Falta de conocimiento y experiencia en la tecnología del hardware.

b) Tabla de gestión de riesgos:

Riesgo	S	O	RPN	S*	O*	RPN*
Demora para conseguir los componentes electrónicos requeridos	7	6	42	7	5	35
Daño o pérdida del hardware del proyecto	8	4	32			
Mala estimación de la planificación.	7	8	56	8	5	40
Mala señal de la red GSM/GPRS en el lugar de implementación	7	3	21			
Retraso en la programación del firmware	8	7	56	8	5	40

Criterio adoptado: Se tomarán medidas de mitigación en los riesgos cuyos números de RPN sean mayores a 42

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*: Realizar pedidos de componentes de tiendas de otros países para así tener un respaldo de cada componente del prototipo.

- Severidad (7): No cambia.
- Probabilidad de ocurrencia (5): Se reduce la probabilidad de no tener el componente en el momento que se lo necesita.

Riesgo 3*: Se consultará con el director en el momento de realizar la planificación para ajustar los tiempos de las tareas de acuerdo a su experiencia en este tipo de proyectos.

- Severidad (8): No cambia.
- Probabilidad de ocurrencia (5): Se reduce el riesgo de hacer una mala planificación del proyecto.

Riesgo 5*: Se dedicará más tiempo para la investigación de la tecnología y se buscará ayuda en algún ingeniero que haya desarrollado proyectos de estas características.

- Severidad (8): No cambia.
- Probabilidad de ocurrencia (5): Se obtendrá mayor conocimiento y experiencia en este tipo de tecnología.

14. Gestión de la calidad

Para cada uno de los requerimiento funcionales, a continuación, se listan su respectiva validación y verificación. Las mismas serán llevadas a cabo por el responsable del proyecto.

- Req #1.1.1: El firmware debe convertir las señales analógicas de los sensores de humedad y temperatura de suelo a señales digitales.
 - Verificación: Revisar que el módulo que realiza la conversión de las señales este bien implementado.
 - Validación: Probar que se obtuvo los valores de los sensores mostrando los datos obtenidos en un monitor serial.
- Req #1.1.2: El firmware debe comunicarse mediante protocolo I2C con el sensor de temperatura y humedad ambiente y con el medidor de carga de la batería.
 - Verificación: Revisar el módulo que realiza la comunicación I2C.
 - Validación: Probar que se obtuvo los valores del sensor y del medidor de carga de la batería mostrando los datos por un monitor serial.
- Req #1.1.3: El firmware debe comunicarse con el módulo GSM/GPRS mediante protocolo serial.
 - Verificación: Mandar un comando AT por el puerto serial y esperar la respuesta del módulo.
 - Validación: Visualizar las respuestas del módulo en un monitor serial.
- Req #1.1.4: El firmware debe establecer una conexión celular GSM/GPRS.
 - Verificación: Enviar comando para consultar información de la red.
 - Validación: Mandar un mensaje de texto desde el prototipo.
- Req #1.1.5: El firmware debe funcionar como cliente HTTP para enviar datos a la nube.
 - Verificación: Hacer una petición POST al servidor de la plataforma IoT.
 - Validación: Visualizar los datos en la interfaz gráfica.
- Req #1.1.6: El firmware debe mandar alarmas a través de SMS.
 - Verificación: Revisar si el módulo GSM/GPRS puede mandar SMS.
 - Validación: Mandar un sms de alarma a un número celular.
- Req #1.2: Requerimientos de hardware.

- Verificación: Revisar que los componentes estén implementados en el prototipo y revisar las hojas de datos de los mismos para ver que cumplan con los requisitos.
- Validación: Probar el hardware integrado con el firmware y verificar que cumpla con los requerimientos funcionales.
- Req #1.3: Requerimientos de la interfaz gráfica en la plataforma IoT.
 - Verificación: Verificar la trama JSON que recibe la plataforma IoT.
 - Validación: Ver los datos de los sensores en la interfaz gráfica desarrollada.
- Req #1.4: Requerimientos de documentación.
 - Verificación: Verificar que se haya presentado el informe de avance y la memoria técnica del proyecto.
 - Validación: Revisar que se cumplieron los requerimientos estipulados en el plan de proyecto.

15. Procesos de cierre

- Pautas de trabajo que se seguirán para analizar si se respetó el Plan de Proyecto original:
 - Encargado: Ing. Mario Aguilar Montoya
 - Procedimiento: Sé analizará el cumplimiento con los requerimientos y cronograma establecidos. En el caso de hallar requerimientos incumplidos y/o retrasos en las tareas se evaluarán las causa y se propondrán acciones para evitarlo en futuros proyectos.
- Identificación de las técnicas y procedimientos útiles e inútiles que se emplearon, y los problemas que surgieron y cómo se solucionaron:
 - Encargado: Ing. Mario Aguilar Montoya
 - Procedimiento: Sé evaluarán los procedimientos utilizados en función a su utilidad y eficiencia para alcanzar los objetivos predefinidos. Se analizarán los problemas surgidos y las medidas paliativas.
- Indicar quién organizará el acto de agradecimiento a todos los interesados, y en especial al equipo de trabajo y colaboradores:
 - Encargado: Ing. Mario Aguilar Montoya
 - Procedimiento: Posteriormente a la defensa pública del proyecto ante el jurado, se procederá a agradecer a todos los que ayudaron a realizar el proyecto, director del trabajo, miembros del jurado y autoridades de la CESE.