



**FACULTAD
DE INGENIERIA**

Universidad de Buenos Aires

Red de sensores inalámbricos en invernaderos automatizados

Autor:

Ing. Maximiliano Sarli

Director:

Mg. Ing. Gonzalo Sanchez (FIUBA)

*Esta planificación fue realizada en el curso de Gestión de proyectos
entre el 25 de agosto de 2020 y el 13 de octubre 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.	7
2. Alcance del proyecto	7
3. Supuestos del proyecto.	7
4. Requerimientos	8
Historias de usuarios (<i>Product backlog</i>)	9
5. Entregables principales del proyecto	9
6. Desglose del trabajo en tareas	9
7. Diagrama de Activity On Node	11
8. Diagrama de Gantt.	13
9. Matriz de uso de recursos de materiales	15
10. Presupuesto detallado del proyecto	18
11. Matriz de asignación de responsabilidades	18
12. Gestión de riesgos.	20
13. Gestión de la calidad	22
14. Comunicación del proyecto	23
15. Gestión de compras.	24
16. Seguimiento y control.	24
17. Procesos de cierre.	27

Registros de cambios

Revisión	Detalles de los cambios realizados	Fecha
1.0	Creación del documento	02/11/2020
1.1	Avances hasta definición de requerimientos	04/11/2020
1.2	Cierre primer entregable con WBS terminada	06/11/2020
1.3	Correcciones de la primer entrega e historias de usuarios	06/11/2020
1.4	Tercer entrega y correcciones detectadas	21/11/2020
1.5	Tercer entrega últimos puntos y corrección presupuesto	22/11/2020
1.6	Cuarta entrega	28/11/2020
1.7	Correcciones segunda y tercer entrega. Cambios propuestos por el cliente	29/11/2020

Acta de constitución del proyecto

Buenos Aires, 25 de agosto de 2020

Por medio de la presente se acuerda con el Ing. Ing. Maximiliano Sarli que su Trabajo Final de la Carrera de Especialización en Sistemas Embebidos se titulará “Red de sensores inalámbricos en invernaderos automatizados”, consistirá en el desarrollo de un sistema de control inalámbrico y de bajo costo para invernaderos y/o indoors domésticos, y tendrá un presupuesto preliminar estimado de 603 hs de trabajo y \$6.602, con fecha de inicio 25 de agosto de 2020 y fecha de presentación pública 23 de agosto de 2021.

Se adjunta a esta acta la planificación inicial.

Ariel Lutenberg
Director posgrado FIUBA

Pablo Lodetti
Wentux

Mg. Ing. Gonzalo Sanchez
Director del Trabajo Final

Descripción técnica-conceptual del proyecto a realizar

La empresa Wentux ha desarrollado un sistema de control para invernaderos y/o indoors domésticos de bajo costo y que requiere mínimo conocimiento técnico y electrónico para su instalación y puesta en funcionamiento. Este sistema, controla y monitorea variables como humedad, temperatura, ventilación, riego, calefacción, co2 e iluminación. Las distintas variables de control se visualizan mediante un dispositivo móvil o una computadora.

En la actualidad, en el sistema de control, los diversos sensores se conectan a través de cables a un sistema embebido central que procesa la información recibida. La solución actual, atenta contra la comodidad y simpleza de instalación que la empresa tiene como objetivo en sus equipos. Por tal motivo, se tiene como propósito, reemplazar el cableado por una red de sensores inalámbrica (Wireless Sensor Network), por la cual se envíen los datos recolectados de los cultivos al dispositivo embebido central.

Esta solución deberá ser flexible y de fácil adaptación a cualquier tipo de invernadero y/o indoor, así como también, deberá implementar funciones de ahorro de energía para alargar la vida útil de las baterías utilizadas en cada sensor inalámbrico. Cada sensor inalámbrico (de ahora en más "nodo"), estará compuesto por un conjunto de componentes: microcontrolador, módulo inalámbrico, sensor y batería. Estos nodos, se comunicarán con la central a través de la red inalámbrica, usando un protocolo de comunicación entre ellos, cuya creación y método de encriptado forma parte del desarrollo de la solución.

En la figura 1 se observa el diagrama de bloques de la solución a abordar. Como se mencionó anteriormente, se pueden observar los distintos nodos de la red de sensores inalámbrica, compuestos por el conjunto de componentes detallado. Estos nodos se comunicarán con otro nodo central que estará embebido en el sistema de control que ya tiene desarrollado Wentux, con el cual deberán comunicarse usando el protocolo de comunicación a desarrollar.

El nodo central no tendrá una batería ni ningún tipo de sensor. Este nodo se utilizará como receptor "maestro" que recibirá toda la información obtenida de los distintos nodos, y a su vez, como emisor "maestro" para dar instrucciones a los nodos de su red, o bien, para configurar valores en cada nodo. Finalmente, el nodo maestro es quien hará disponible la información recavada de los nodos en el dispositivo móvil o computadora.

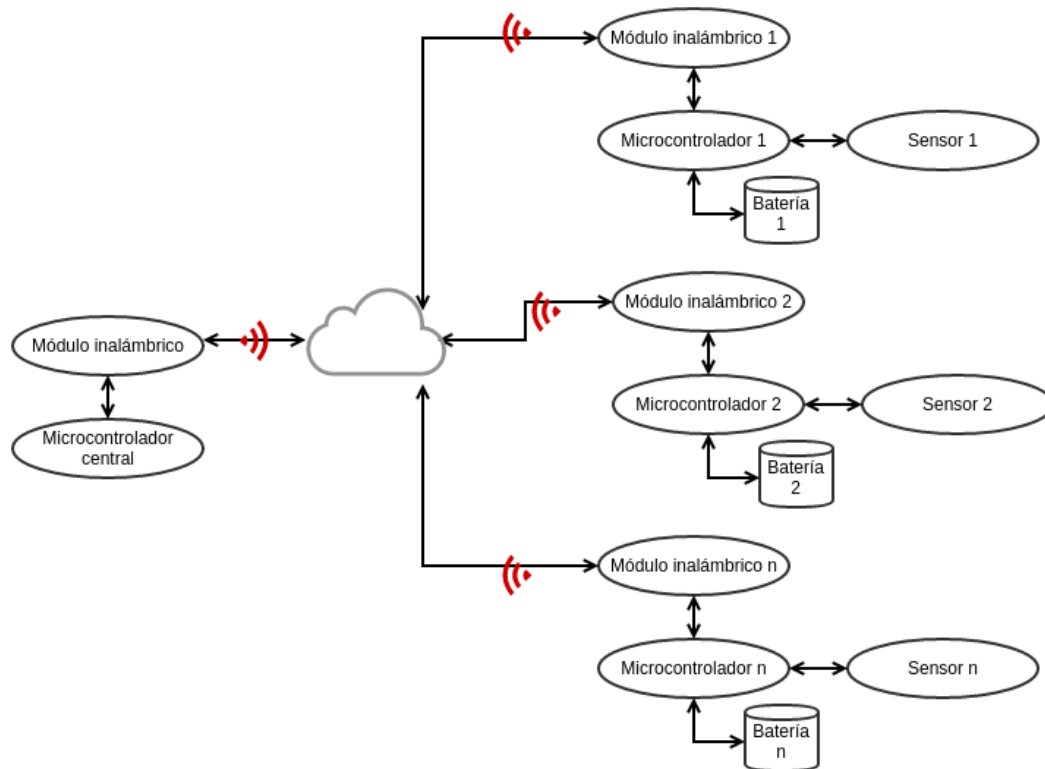


Figura 1. Diagrama en bloques del sistema

Identificación y análisis de los interesados

- Cliente Pablo Lodeti: Director de Wentux. Desarrolló el actual producto que tiene la empresa.
- Colaborador Raúl Palavecino: estudiante de la carrera ingeniería en electrónica y persona con experiencia en embebidos.
- Orientador Gonzalo Sanchez: magister en sistema embebidos con experiencia en el microcontrolador a utilizar.

Rol	Nombre y Apellido	Organización	Puesto
Cliente	Pablo Lodetti	Wentux	Director Wentux
Responsable	Ing. Maximiliano Sarli	FIUBA	Alumno
Colaboradores	Raúl Palavecino	-	Estudiante ingeniería electrónica
Orientador	Mg. Ing. Gonzalo Sanchez	FIUBA	Director Trabajo final
Usuario final	Productores e independientes pequeña/mediana escala. Agricultura, frutihortícola, plantas ornamentales. Profesionales dedicados a climatizar recintos para diversos usos.	-	-

1. Propósito del proyecto

El propósito del proyecto es desarrollar una red de sensores inalámbrica para eliminar las incomodidades y restricciones que genera el cableado actual que tienen los equipos. De esta forma, la nueva red de sensores inalámbrica beneficiará la instalación y la comodidad en el uso diario de los equipos.

2. Alcance del proyecto

El proyecto incluye el desarrollo del firmware para la comunicación de los nodos con la central, prueba de prototipo funcional y su puesta en funcionamiento en una pequeña planta dentro de las instalaciones del taller o en planta modelo montada por colaborador para pruebas, que simule el invernadero a controlar. También se incluye el desarrollo del hardware del conjunto microcontrolador, sensor, batería y módulo inalámbrico (nodos).

El proyecto no incluye la puesta en funcionamiento en campo y posterior mantenimiento .

3. Supuestos del proyecto

- El cliente proveerá los fondos para la compra de sensores, actuadores y materiales varios para desarrollar la red de sensores.

- El cliente deberá proveer un equipo funcionando con el cual la red de sensores deberá comunicarse.
- El cliente proveerá un entorno o invernadero/indoor piloto de prueba.

4. Requerimientos

Los requerimientos surgen del análisis realizado a la propuesta y del relevamiento del proyecto que envía el cliente. Estos se detallan a continuación, agrupados por afinidad y se indica en cada uno su prioridad, siendo [0] la más alta y [3] la más baja.

1. Grupo de requerimientos asociados con comunicación

- 1.1. Cada nodo deberá enviar la información tomada del sensor a la central. El período de muestreo deberá ser configurable desde la central. Cada mensaje hacia la central tendrá un máximo de 10 bytes [0].
- 1.2. Se deberá desarrollar un protocolo de comunicación entre la central y los nodos [0].
- 1.3. Los nodos tendrán un sistema de reintento de envío de información a la central en caso de falla [2].
- 1.4. Los nodos almacenarán en memoria interna información no enviada hasta que se envíe en un reintento [3].
- 1.5. La comunicación deberá estar protegida mediante un algoritmo de encriptación para que no sea alterada externamente [3].

2. Grupo de requerimientos asociados con alimentación

- 2.1. Los nodos estarán alimentados por batería como fuente eléctrica, el rango de tensión admisible será de 1,9 v a 3,3 v. La tensión nominal será de 3,3 v. La batería deberá durar 30 días como mínimo [0].
- 2.2. Se deberá desarrollar una función de ahorro de batería en los nodos [1].

3. Grupo de requerimientos asociados con generalidades del proyecto

- 3.1. Cada nodo estará compuesto por un conjunto de microcontrolador, módulo inalámbrico, sensor y batería. El sistema tendrá un máximo de seis sensores y la distancia máxima a la central será de 15 metros [0].
- 3.2. El sistema debe permitir instalarse en cualquier invernadero o indoor [2].

4. Grupo de requerimientos asociados con documentación y codificación

- 4.1. Se deberá entregar un manual de instalación y manual de uso [3].
- 4.2. Se deberá usar Git como software de control de versiones [2].
- 4.3. Se deberá documentar el código con doxygen [3].

Historias de usuarios (*Product backlog*)

Se enumeran las historias de usuario y su ponderación calculada en story points (del [1] al [5]).

1. Como productor de invernadero del producto quiero poder visualizar la información obtenida de los sensores en tiempo real para tener un mejor control de las variables controladas [2].
2. Como productor de invernadero del producto quiero configurar los tiempos de sensado de cada nodo para darle un tratado diferencial a cada plantación de mis cultivos [2].
3. Como productor doméstico del producto quiero instalarlo de manera práctica, flexible y sin conocimiento técnico para no tener que involucrarme en cuestiones técnicas del producto [1].
4. Como cliente del proyecto quiero eliminar el cableado del producto final para ofrecer un producto con mayor estética visual y practicidad en su uso [5].
5. Como cliente del proyecto quiero despreocuparme de la duración de las baterías para que el producto requiera mínimo control de funcionamiento [4].
6. Como cliente del proyecto quiero utilizar un microcontrolador STM 32 para abaratar los costos del producto [4].

5. Entregables principales del proyecto

Los entregables del proyecto son:

- Informe de avance
- Manual de uso
- Código fuente
- Prototipo funcional
- Manual de instalación
- Memoria técnica

6. Desglose del trabajo en tareas

El proyecto se divide en las siguientes tareas:

1. **Gestión del proyecto: 68 hs**

- 1.1. Planificación del proyecto (20 hs)
- 1.2. Confección informe de avance (8 hs)
- 1.3. Análisis y relevamiento inicial (15 hs)
- 1.4. Confección manual de instalación (10 hs)
- 1.5. Confección manual de uso (15 hs)

2. Hardware: 42 hs

- 2.1. Definición de componentes (7 hs)
- 2.2. Compra de componentes (5 hs)
- 2.3. Diseño de prototipos de los nodos (10 hs)
- 2.4. Elaboración/construcción de los nodos (20 hs)

3. Firmware: 238 hs

- 3.1. Diseño de la solución (28 hs)
- 3.2. Configuración de herramientas y plataforma de desarrollo (21 hs)
- 3.3. Estudio y aprendizaje para el desarrollo de los componentes (20 hs)
- 3.4. Desarrollo del protocolo de comunicación y su encriptación (40 hs)
- 3.5. Desarrollo de la función ahorro de batería (33 hs)
- 3.6. Desarrollo de configuración inicial de nuevo nodo en la red (35 hs)
- 3.7. Desarrollo de los componentes de medición y almacenamiento (32 hs)
- 3.8. Desarrollo del módulo de reenvío (29 hs)

4. Testing y verificación: 115 hs

- 4.1. Testing unitario del protocolo de comunicación (20 hs)
- 4.2. Testing unitario de la función de ahorro de batería (15 hs)
- 4.3. Testing unitario de nuevo nodo en red (18 hs)
- 4.4. Testing unitario de la medición, almacenamiento y reenvío (25 hs)
- 4.5. Testing de integración (37 hs)

5. Implementación e integración: 50 hs

- 5.1. Integración de los componentes con un producto final (20 hs)
- 5.2. Implementación del prototipo en una planta real (indoor o invernadero) (30 hs)

6. Presentación del trabajo: 90 hs

- 6.1. Confección de la memoria (70 hs)
- 6.2. Preparación de la presentación final (20 hs)

Cantidad total de horas: (603 hs)

7. Diagrama de Activity On Node

En la figura 2 se detalla el diagrama de **Activity On Node** asociado a las tareas del proyecto. Los colores representan las agrupaciones que se realizaron en el desglose del trabajo en tareas, estas son:

1. Gestión del proyecto (celeste)
2. Hardware (lila)
3. Firmware (colorado)
4. Testing y verificación (amarillo)
5. Implementación e integración (verde)
6. Presentación del trabajo (gris)

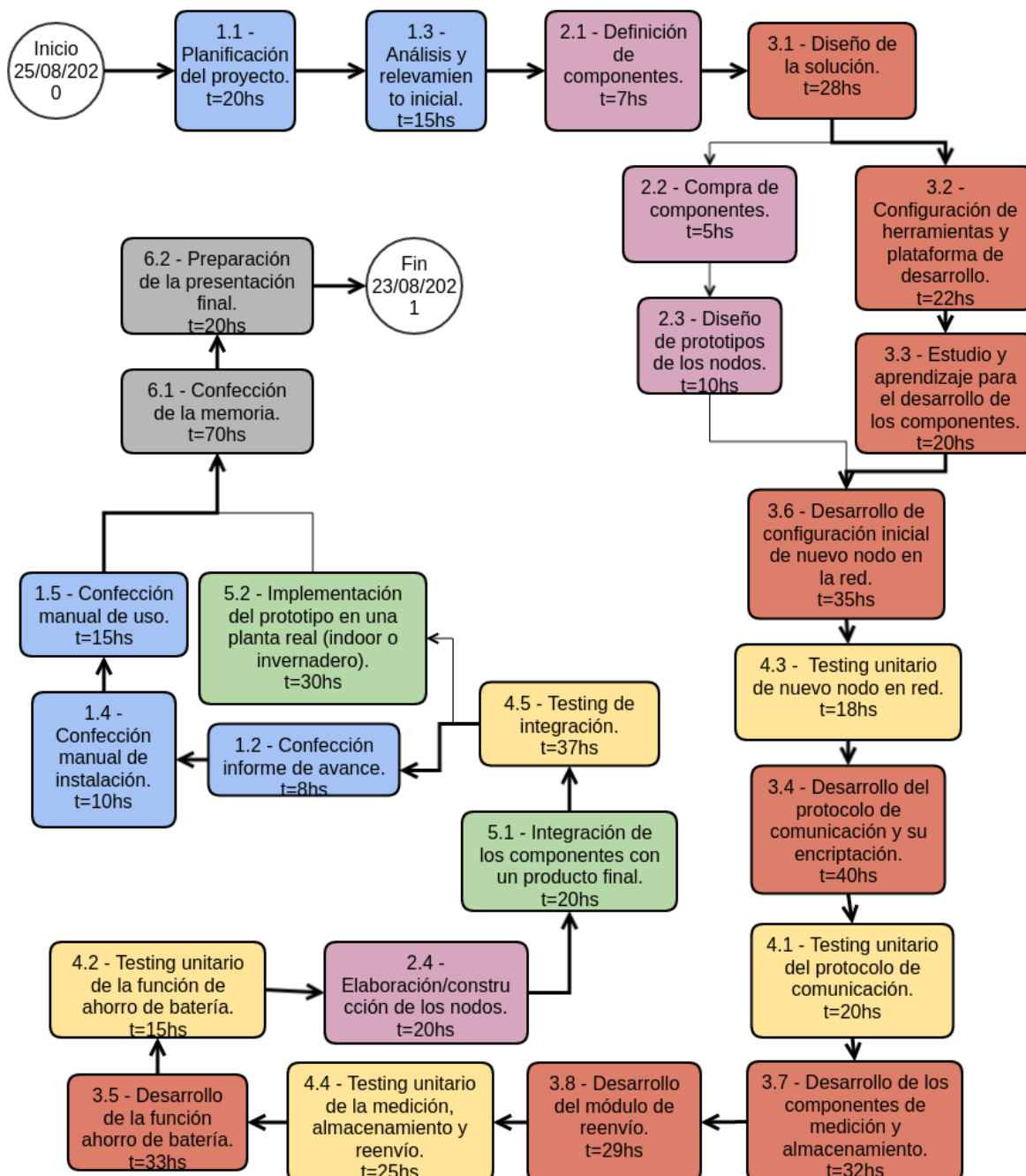


Figura 2. Diagrama en *Activity on Node*

8. Diagrama de Gantt

En la figura 3 se detalla la tabla asociada al diagrama de Gantt. En la figura 4 se detalla el diagrama de Gantt asociado a las tareas y sus fechas correspondientes.

	WBS		Name	Duration	Start	Finish	Predecessors
1	1		☐ Gestión del proyecto	156days	19/02/2021	24/07/2021	
2	1.1		Planificación del proyecto	20hrs	19/02/2021	25/02/2021	
3	1.2		Confección informe de avance	8hrs	14/07/2021	16/07/2021	26
4	1.3		Análisis y relevamiento inicial	15hrs	25/02/2021	02/03/2021	2
5	1.4		Confección manual de instalación	10hrs	16/07/2021	19/07/2021	3
6	1.5		Confección manual de uso	15hrs	20/07/2021	24/07/2021	5
7	2		☐ Hardware	114.33days	02/03/2021	24/06/2021	
8	2.1		Definición de componentes	7hrs	02/03/2021	04/03/2021	4
9	2.2		Compra de componentes	5hrs	14/03/2021	15/03/2021	13
10	2.3		Diseño de prototipos de los nodos	10hrs	16/03/2021	19/03/2021	9
11	2.4		Elaboración/construcción de los nodos	20hrs	18/06/2021	24/06/2021	23
12	3		☐ Firmware	100.33days	05/03/2021	13/06/2021	
13	3.1		Diseño de la solución	28hrs	05/03/2021	14/03/2021	8
14	3.2		Configuración de herramientas y plataforma de desarrollo	21hrs	14/03/2021	21/03/2021	13
15	3.3		Estudio y aprendizaje para el desarrollo de los componentes	20hrs	21/03/2021	27/03/2021	14
16	3.4		Desarrollo del protocolo de comunicación y su encriptación	40hrs	14/04/2021	27/04/2021	24
17	3.5		Desarrollo de la función ahorro de batería	33hrs	02/06/2021	13/06/2021	25
18	3.6		Desarrollo de configuración inicial de nuevo nodo en la red	35hrs	28/03/2021	08/04/2021	10,15
19	3.7		Desarrollo de los componentes de medición y almacenamiento	32hrs	04/05/2021	15/05/2021	22
20	3.8		Desarrollo del módulo de reenvío	29hrs	15/05/2021	24/05/2021	19
21	4		☐ Testing y verificación	96.33days	08/04/2021	13/07/2021	
22	4.1		Testing unitario del protocolo de comunicación	20hrs	28/04/2021	04/05/2021	16
23	4.2		Testing unitario de la función de ahorro de batería	15hrs	13/06/2021	18/06/2021	17
24	4.3		Testing unitario de nuevo nodo en red	18hrs	08/04/2021	14/04/2021	18
25	4.4		Testing unitario de la medición, almacenamiento y reenvío	25hrs	25/05/2021	02/06/2021	20
26	4.5		Testing de integración	37hrs	01/07/2021	13/07/2021	28
27	5		☐ Implementación e integración	29days	25/06/2021	23/07/2021	
28	5.1		Integración de los componentes con un producto final	20hrs	25/06/2021	01/07/2021	11
29	5.2		Implementación del prototipo en una planta real (indoor o invernadero)	30hrs	14/07/2021	23/07/2021	26
30	6		☐ Presentación del trabajo	30days	25/07/2021	23/08/2021	
31	6.1		Confección de la memoria	70hrs	25/07/2021	17/08/2021	6,29
32	6.2		Preparación de la presentación final	20hrs	17/08/2021	23/08/2021	31

Figura 3. Tabla diagrama de Gantt

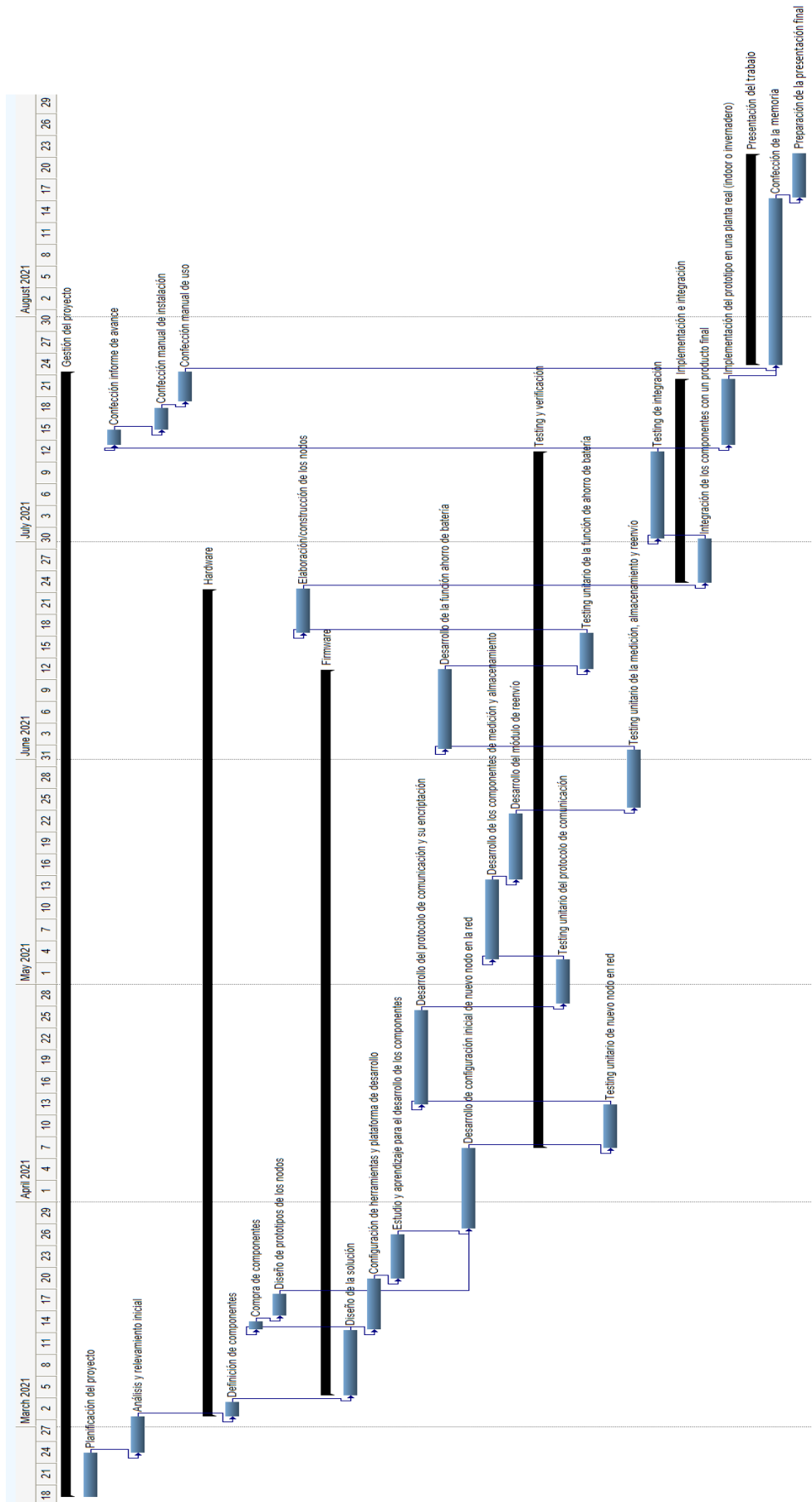


Figura 4. Diagrama de Gantt

9. Matriz de uso de recursos de materiales

Para la ejecución del proyecto se precisan los siguientes materiales:

1. Microcontrolador Blue Pill Stm32f103c8t6 (x4 unidades)
2. Módulo transceptor Rf Nrf24l01 2,4 GHz Arduino pic avr (x4 unidades)
3. Sensor de humedad y temperatura Htu2 (x3 unidades)
4. PC (x1 unidad)
5. Planta real (indoor o invernadero)
6. Producto actual cableado
7. Pila D (x6 unidades)

Código WBS	Nombre tarea	Recursos requeridos (horas)						
		Micro	NRF	Sensor	PC	Planta	Prod	Pila
1.1	Planificación del proyecto				20			
1.2	Confección informe de avance				8			
1.3	Análisis y relevamiento inicial				15			
1.4	Confección manual de instalación				8		2	
1.5	Confección manual de uso				13		2	
2.1	Definición de componentes				7			
2.2	Compra de componentes				5			
2.3	Diseño de prototipos de los nodos				10			
2.4	Elaboración/construcción de los nodos	20	20	15				
3.1	Diseño de la solución				28			
3.2	Configuración de herramientas y plataforma de desarrollo	10			21			
3.3	Estudio y aprendizaje para el desarrollo de los componentes	20			20			
3.4	Desarrollo del protocolo de comunicación y su encriptación	40	40		40			
3.5	Desarrollo de la función ahorro de batería	33	33		33			30
3.6	Desarrollo de configuración inicial de nuevo nodo en la red	35	35		35			
3.7	Desarrollo de los componentes de medición y almacenamiento	32	32	32	32			

Código WBS	Nombre tarea	Recursos requeridos (horas)						
		1.Micro	2.NRF	3.Sensor	4.PC	5.Planta	6.Prod	7.Pila
3.8	Desarrollo del módulo de reenvío	29	29		29			
4.1	Testing unitario del protocolo de comunicación	20	20		20			
4.2	Testing unitario de la función de ahorro de batería	15	15		15			15
4.3	Testing unitario de nuevo nodo en red	18	18		18			
4.4	Testing unitario de la medición, almacenamiento y reenvío	25	25	25	25			
4.5	Testing de integración	37	37	37	37			37
5.1	Integración de los componentes con un producto final	20	20	20	20		20	20
5.2	Implementación del prototipo en una planta real (indoor o invernadero)	30	30	30	30	30	30	30
6.1	Confección de la memoria				70			
6.2	Preparación de la presentación final				20			
Total (horas)		384	354	159	579	30	54	132

10. Presupuesto detallado del proyecto

Para la elaboración del presupuesto, se tomará un valor de los componentes a la fecha 29/10/2020 en moneda pesos Argentinos. Se considera un valor de hora de programación en \$600. Se acordó con el cliente únicamente el pago de los materiales a utilizar. Se considera un porcentaje del 20 % de los costos directos para costos indirectos.

COSTOS DIRECTOS			
Descripción	Cantidad	Valor unitario	Valor total
Microcontrolador Blue Pill Stm32f103c8t6	4	562	2.248
Módulo transceptor rf Nrf24l01 2,4 GHz Arduino pic avr	4	250	1.000
Sensor de humedad y temperatura Htu2	3	699	2.097
Pila alcalina Duracell D grande	6	209,5	1.257
Mano de obra	603	600	361.800
SUBTOTAL			368.402
COSTOS INDIRECTOS			
Descripción	Cantidad	Valor unitario	Valor total
% 20 costos directos	1.320,4	1	1.320,4
SUBTOTAL			1.320,4
TOTAL			7.922,4

11. Matriz de asignación de responsabilidades

Referencias:

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

Código WBS	Nombre de la tarea	Listar todos los nombres y roles del proyecto			
		Responsable Ing. Maximiliano Sarli	Orientador Mg. Ing. Gonzalo Sanchez	Colaborador Raúl Palavecino	Cliente Pablo Lodetti
1.1	Planificación del proyecto	P	A		I
1.2	Confección informe de avance	P	A		I
1.3	Análisis y relevamiento inicial	P			C
1.4	Confección manual de instalación	P			A
1.5	Confección manual de uso	P			A
2.1	Definición de componentes	S			P
2.2	Compra de componentes	I			P
2.3	Diseño de prototipos de los nodos	P	I	C	I
2.4	Elaboración/construcción de los nodos	P			
3.1	Diseño de la solución	P	C	C	A
3.2	Configuración de herramientas y plataforma de desarrollo	P		C	
3.3	Estudio y aprendizaje para el desarrollo de los componentes	P		C	
3.4	Desarrollo del protocolo de comunicación y su encriptación	P	C	C	
3.5	Desarrollo de la función ahorro de batería	P	C	C	
3.6	Desarrollo de configuración inicial de nuevo nodo en la red	P	C	C	
3.7	Desarrollo de los componentes de medición y almacenamiento	P	C	C	

Código WBS	Nombre de la tarea	Listar todos los nombres y roles del proyecto			
		Responsable Ing. Maximiliano Sarli	Orientador Mg. Ing. Gonzalo Sanchez	Colaborador Raúl Palavecino	Cliente Pablo Lodetti
3.8	Desarrollo del módulo de reenvío	P	C	C	
4.1	Testing unitario del protocolo de comunicación	P			
4.2	Testing unitario de la función de ahorro de batería	P			
4.3	Testing unitario de nuevo nodo en red	P			
4.4	Testing unitario de la medición, almacenamiento y reenvío	P			
4.5	Testing de integración	P			
5.1	Integración de los componentes con un producto final	P			S
5.2	Implementación del prototipo en una planta real (indoor o invernadero)	P			S
6.1	Confección de la memoria	P	A		I
6.2	Preparación de la presentación final	P	A		I

12. Gestión de riesgos

a) Criterio adoptado: Severidad (S): mientras más severo, más alto es el número (rango del 1 al 10). Probabilidad de ocurrencia (O): mientras más probable, más alto es el número (rango del 1 al 10).

Riesgo 1: Cancelación del proyecto por parte de la empresa Wentux

- Severidad (10): Conlleva a la no aprobación de la especialización.
- Probabilidad de ocurrencia (2): No es un producto nuevo que puede cancelarse su inversión. La empresa se dedica a la producción de este tipo de productos y el proyecto es una mejora fundamental para ellos.

Riesgo 2: No cumplir con la fecha pactada

- Severidad (10): Conlleva a la no aprobación de la especialización.
- Probabilidad de ocurrencia (7): El proyecto implica muchas horas para su realización y la disponibilidad del responsable Ing. Maximiliano Sarli es limitada.

Riesgo 3: No cumplir con los requerimientos pactados con el cliente

- Severidad (8): Conlleva a la entrega de un producto que no funciona como se esperaba o que tiene funcionalidades limitadas a las esperadas.
- Probabilidad de ocurrencia (7): Dada la poca experiencia del responsable Ing. Maximiliano Sarli en desarrollos de esta índole, se podría llegar a una implementación pobre de los requerimientos.

Riesgo 4: Mala elección en los componentes a utilizar

- Severidad (5): Puede conllevar a modificar el alcance del proyecto y/o el hardware a utilizar.
- Probabilidad de ocurrencia (3): El cliente Pablo Lodetti tiene experiencia en el desarrollo utilizando los componentes impuestos.

Riesgo 5: No conseguir a tiempo los componentes a utilizar

- Severidad (7): Puede conllevar a modificar el alcance del proyecto y/o el hardware a utilizar.
- Probabilidad de ocurrencia (5): El cliente Pablo Lodetti ya cuenta con la mayoría de ellos pero algunos no se consiguen fácilmente en caso de ser necesarios en mayor cantidad o para reposición.

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

Riesgo	S	O	RPN	S*	O*	RPN*
1	10	2	20			
2	10	7	70	10	4	40
3	8	7	56	8	4	32
4	5	3	15			
5	7	5	35			

Criterio adoptado: Se tomarán medidas de mitigación en los riesgos cuyos números de RPN sean mayores a 50

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 2: No cumplir con la fecha pactada

- Plan de mitigación: Mayor organización y seguimiento en el avance del proyecto por parte del responsable Ing. Maximiliano Sarli. Utilización de días de estudio para asignar más horas en el proyecto durante la jornada laboral.
- Severidad (10): En caso de no cumplirse, la severidad sigue siendo la misma que implica la no aprobación de la especialización.
- Probabilidad de ocurrencia (4): Con el plan de mitigación propuesto, el responsable Ing. Maximiliano Sarli cuenta con 20 días anuales de días de estudio que suman 140 hs adicionales a las calculadas de disponibilidad inicial.

Riesgo 3: No cumplir con los requerimientos pactados con el cliente

- Plan de mitigación: Se iniciará con las tareas que impliquen capacitación y primeras pruebas con el uso de los componentes durante el receso posterior al primer bimestre, tratando de avanzar prematuramente con el proyecto.

- Severidad (8): En caso de no cumplirse, la severidad sigue siendo la misma que implica la entrega de un producto que no funciona como se esperaba o que tiene funcionalidades limitadas a las esperadas.
- Probabilidad de ocurrencia (4): Con el plan de mitigación propuesto, el responsable Ing. Maximiliano Sarli tiene la posibilidad de acelerar el calendario establecido en el diagrama de Gantt, sumará con esta alternativa mayor cantidad de horas por día durante el receso posterior al primer bimestre.

13. Gestión de la calidad

Para cada uno de los requerimientos del proyecto se indicará la verificación y validación a llevarse a cabo:

1. Grupo de requerimientos asociados con comunicación

- 1.1. Cada nodo deberá enviar la información tomada del sensor a la central. El período de muestreo deberá ser configurable desde la central. Cada mensaje hacia la central tendrá un máximo de 10 bytes [0].
 - **Verificación:** Lectura de logs en la central a modo de corroborar que la información se envió exitosamente en el período de muestreo configurado.
 - **Validación:** Constatar que el sistema realiza las mediciones establecidas y se visualizan en tiempo real desde la central.
- 1.2. Se deberá desarrollar un protocolo de comunicación entre la central y los nodos [0].
 - **Verificación:** Lectura de logs en la central a modo de corroborar que la información enviada es interpretada correctamente.
 - **Validación:** Constatar que el sistema realiza las mediciones establecidas y se visualizan en tiempo real desde la central.
- 1.3. Los nodos tendrán un sistema de reintento de envío de información a la central en caso de falla en la misma [2].
 - **Verificación:** Lectura de logs en el nodo a modo de corroborar que se realizó un reintento de envío hacia la central.
 - **Validación:** Constatar que los nodos realizan reintentos de envío de información seguidos del período configurado ante la baja intencional momentánea de la central.
- 1.4. Los nodos almacenarán en memoria interna información no enviada hasta que la misma se envíe en un reintento[3].
 - **Verificación:** Lectura de logs en el nodo a modo de corroborar que almacenan la información.
 - **Validación:** Constatar que los nodos realizan reintentos de envío de información seguidos del período configurado ante la baja intencional momentánea de la central, con la información almacenada en memoria interna.
- 1.5. La comunicación deberá estar protegida mediante un algoritmo de encriptación para que no sea alterada externamente [3].
 - **Verificación:** Lectura de logs en la central a modo de corroborar que la información que recibe está encriptada.
 - **Validación:** Constatar que la central recibe información no legible sin una llave para descryptarla.

2. Grupo de requerimientos asociados con alimentación

- 2.1. Los nodos estarán alimentados por batería como fuente eléctrica, el rango de tensión admisible será de 1.9v a 3.3v. La tensión nominal será de 3.3v. La batería deberá durar 30 días como mínimo [0].
 - **Verificación:** Observar la alimentación de los nodos del sistema.
 - **Validación:** Constatar que los nodos tienen una batería y que la duración de la misma en los nodos, pasados los 30 días, sigue operativa.
- 2.2. Se deberá desarrollar una función de ahorro de batería en los nodos [1].
 - **Verificación:** Lectura de logs en los nodos que activarán las funcionalidad cuando la central lo solicite.
 - **Validación:** Constatar que los nodos aplican la funcionalidad de ahorro de batería y se extiende la duración de la misma.
3. Grupo de requerimientos asociados con generalidades del proyecto
 - 3.1. Cada nodo estará compuesto por un conjunto de microcontrolador, módulo inalámbrico, sensor y batería. El sistema tendrá un máximo de 4 sensores y la distancia máxima a la central será de 15 metros [0].
 - **Verificación:** Observación de los nodos y su cantidad.
 - **Validación:** Constatar la máxima cantidad de nodos y la composición de los mismos con su observación.
 - 3.2. El sistema debe permitir instalarse en cualquier invernadero o indoor [2].
 - **Verificación:** Pruebas en distintos invernaderos o indoors.
 - **Validación:** Constatar la instalación del sistema en distintos invernaderos o indoors.
4. Grupo de requerimientos asociados con documentación y codificación
 - 4.1. Se deberá entregar un manual de instalación y manual de uso [3].
 - **Verificación:** Corroborar la entrega de ambos manuales de forma digital.
 - **Validación:** Constatar recepción de ambos manuales.
 - 4.2. Se deberá usar Git como software de control de versiones [2].
 - **Verificación:** Corroborar repositorio.
 - **Validación:** Constatar la utilización de un repositorio con un enlace al mismo.
 - 4.3. Se deberá documentar el código con doxygen [3].
 - **Verificación:** Corroborar utilización de doxygen en el código fuente del desarrollo.
 - **Validación:** Constatar la utilización de doxygen en el repositorio y/o con la documentación generada por la herramienta.

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
Alcance de un hito	Cliente	Toma de conocimiento	Cuando ocurra	e-mail	Ing. Maximiliano Sarli
Desvíos	Cliente	Búsqueda de soluciones	Cuando ocurra	e-mail	Ing. Maximiliano Sarli
Finalización	Cliente	Toma de conocimiento	Al finalizar el proyecto	e-mail	Ing. Maximiliano Sarli

15. Gestión de compras

No se contemplan compras ni contrataciones. Los elementos los proveerá Wentux.

16. Seguimiento y control

SEGUIMIENTO DE AVANCE					
Tarea del WB	Indicador de avance	Frecuencia de reporte	Resp. de seguimiento	Persona a ser informada	Método de comunic.
1.1	Entrega del plan	Única vez	Ing. Maximiliano Sarli	Director y autoridades MSE	e-mail
1.2	Entrega del informe	Única vez	Ing. Maximiliano Sarli	Director y autoridades MSE	e-mail
1.3	Entrega del plan	Única vez	Ing. Maximiliano Sarli	Director y autoridades MSE	e-mail
1.4	Entrega del manual	Única vez	Ing. Maximiliano Sarli	Cliente	e-mail
1.5	Entrega del manual	Única vez	Ing. Maximiliano Sarli	Cliente	e-mail
2.1	Acuerdo con cliente	Única vez	Ing. Maximiliano Sarli	Cliente	e-mail
2.2	Compra realizada	Única vez	Ing. Maximiliano Sarli	Cliente	e-mail
2.3	Acuerdo con cliente	Única vez	Ing. Maximiliano Sarli	Cliente	e-mail
2.4	Porcentaje de ensamble	Semanal	Ing. Maximiliano Sarli	Director y cliente	e-mail
3.1	Porcentaje de diseño definido	Semanal	Ing. Maximiliano Sarli	Director y cliente	e-mail
3.2	Porcentaje de herramientas probadas	Semanal	Ing. Maximiliano Sarli	-	No aplica
3.3	Porcentaje de pruebas por componente	Semanal	Ing. Maximiliano Sarli	-	No aplica
3.4	Porcentaje de funcionalidad realizada	Quincenal	Ing. Maximiliano Sarli	Cliente	e-mail

SEGUIMIENTO DE AVANCE					
Tarea del WB	Indicador de avance	Frecuencia de reporte	Resp. de seguimiento	Persona a ser informada	Método de comunic.
3.5	Porcentaje de funcionalidad realizada	Quincenal	Ing. Maximiliano Sarli	Cliente	e-mail
3.6	Porcentaje de funcionalidad realizada	Quincenal	Ing. Maximiliano Sarli	Cliente	e-mail
3.7	Porcentaje de funcionalidad realizada	Quincenal	Ing. Maximiliano Sarli	Cliente	e-mail
3.8	Porcentaje de funcionalidad realizada	Quincenal	Ing. Maximiliano Sarli	Cliente	e-mail
4.1	Porcentaje de funcionalidades verificadas	Semanal	Ing. Maximiliano Sarli	Cliente	e-mail
4.2	Porcentaje de funcionalidades verificadas	Semanal	Ing. Maximiliano Sarli	Cliente	e-mail
4.3	Porcentaje de funcionalidades verificadas	Semanal	Ing. Maximiliano Sarli	Cliente	e-mail
4.4	Porcentaje de funcionalidades verificadas	Semanal	Ing. Maximiliano Sarli	Cliente	e-mail
4.5	Porcentaje de funcionalidades verificadas	Semanal	Ing. Maximiliano Sarli	Cliente	e-mail
5.1	Porcentaje de funcionalidades integradas	Semanal	Ing. Maximiliano Sarli	Cliente	Reunión presencial
5.2	Porcentaje de funcionalidades probadas	Semanal	Ing. Maximiliano Sarli	Cliente	Reunión presencial
6.1	Memoria realizada	Única vez	Ing. Maximiliano Sarli	Director, autoridades MSE y cliente	e-mail
6.2	Video, diapositiva y documentos entregados	Única vez	Ing. Maximiliano Sarli	Director, autoridades MSE y cliente	Reunión presencial

17. Procesos de cierre

- Pautas de trabajo que se seguirán para analizar si se respetó el Plan de Proyecto original:
 - Responsable: Ing. Maximiliano Sarli
 - Procedimiento: Se analizará si se respetó el plan del proyecto original, corroborando el cumplimiento del calendario y justificando los retrasos, en caso de existir. Se analizará también el cumplimiento de los requerimientos.
- Identificación de las técnicas y procedimientos útiles e inútiles que se utilizaron, y los problemas que surgieron y cómo se solucionaron:
 - Responsable: Ing. Maximiliano Sarli
 - Procedimiento: Se analizarán las técnicas y procedimientos utilizados para alcanzar los objetivos, verificando el grado de utilidad resultante para el proyecto. Se discutirá posibles alternativas encontradas y como se abordaron los problemas que surgieron, en caso de corresponder.
- Acto de agradecimiento:
 - Responsable: Ing. Maximiliano Sarli
 - Procedimiento: Se agradecerá a las personas involucradas durante el desarrollo, a los jurados y al Director. Se agradecerá al cliente por confiar en la vinculación con empresas que propone la especialización.