



**FACULTAD  
DE INGENIERIA**

---

Universidad de Buenos Aires

## Red de sensores inalámbricos

Autor:

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> ) . . . . .	8
5. Entregables principales del proyecto . . . . .	9
6. Desglose del trabajo en tareas . . . . .	9
7. Diagrama de Activity On Node . . . . .	10
8. Diagrama de Gantt. . . . .	11
9. Matriz de uso de recursos de materiales . . . . .	12
10. Presupuesto detallado del proyecto . . . . .	12
11. Matriz de asignación de responsabilidades . . . . .	13
12. Gestión de riesgos. . . . .	13
13. Gestión de la calidad . . . . .	14
14. Comunicación del proyecto . . . . .	15
15. Gestión de compras. . . . .	15
16. Seguimiento y control. . . . .	15
17. Procesos de cierre. . . . .	16

## 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

## Acta de constitución del proyecto

Buenos Aires, 25 de agosto de 2020

Por medio de la presente se acuerda con el Ing. Maximiliano Sarli que su Trabajo Final de la Carrera de Especialización en Sistemas Embebidos se titulará “Red de sensores inalámbricos”, 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 600 hs de trabajo y \$5.345, con fecha de inicio 25 de agosto de 2020 y fecha de presentación pública 22 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,  $\text{CO}_2$  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 simple instalación que la empresa tiene como objetivo en sus equipos. Por tal motivo, se tiene como propósito, modificar 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, a fin de visualizar y controlar en tiempo real los valores obtenidos, eliminando el cableado que posee el sistema.

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 disponibilizará la información recavada de los nodos en el dispositivo móvil o computadora.

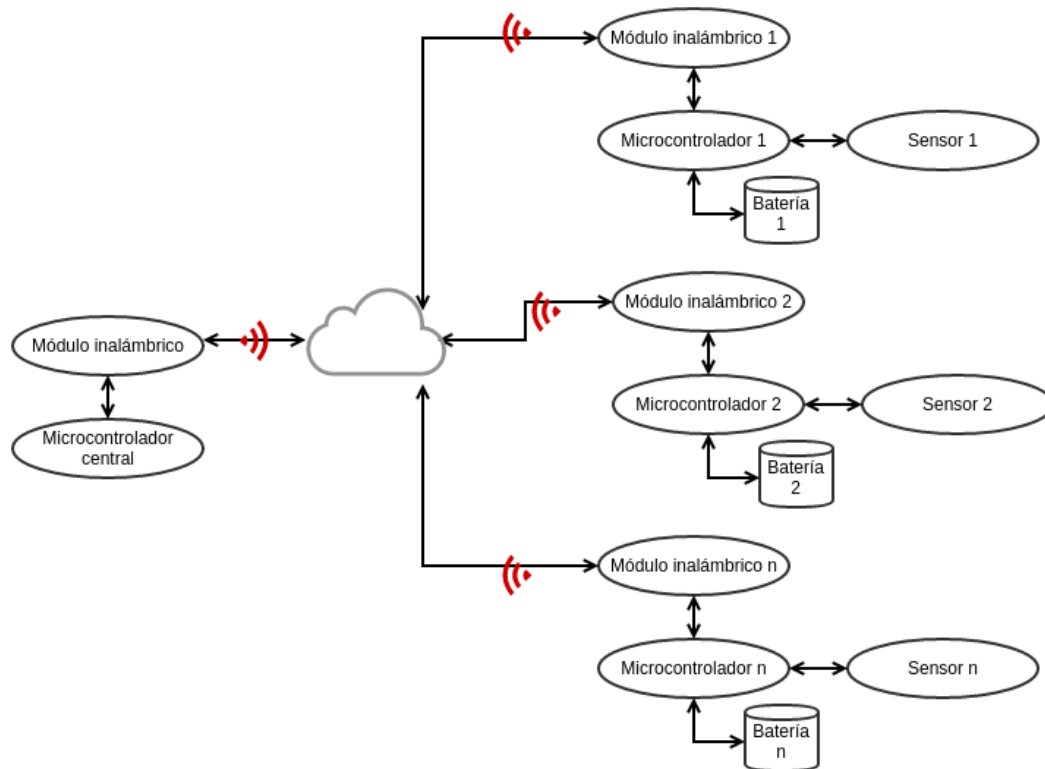


Figura 1. Diagrama en bloques del sistema

## Identificación y análisis de los interesados

- Cliente Pablo Lodeti: CEO 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	CEO
Responsable	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. Perjudicando la instalación y el uso diario en los invernaderos/indoors.

## 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 ó en planta modelo montada por colaborador para pruebas, simulando 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 la cual la red deberá comunicarse, reemplazando los actuales sensores cableados.

- El cliente proveerá un entorno o invernadero/indoor piloto. de prueba.

## 4. Requerimientos

Los requerimientos surgen del análisis realizado a la propuesta y relevamiento de proyecto que envía el cliente. Se detallan a continuación, agrupados por afinidad e indicando 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 [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 en la misma [2].
  - 1.4. Los nodos almacenarán en memoria interna información no enviada hasta que la misma 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 [0].
  - 2.2. Se deberá desarrollar una función de ahorro de batería en los nodos [1].
3. Grupo de requerimientos asociados con disposición
  - 3.1. Cada nodo estará compuesto por un conjunto de microcontrolador, módulo inalámbrico, sensor y batería [0].
  - 3.2. El sistema debe permitir instalarse en cualquier invernadero o indoor [2].

## Historias de usuarios (*Product backlog*)

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

1. Como cliente del proyecto quiero poder visualizar la información obtenida de los sensores en tiempo real [2].
2. Como usuario del producto quiero instalarlo de manera práctica, flexible y sin conocimiento técnico [1].
3. Como cliente del proyecto quiero eliminar el cableado del producto final [5].
4. Como cliente del proyecto quiero despreocuparme de la duración de las baterías [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
- Lecciones aprendidas

## 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 reemplazando sensores cableados (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 (60 hs)
- 6.2. Lecciones aprendidas (10 hs)
- 6.3. Preparación de la presentación final (20 hs)

**Cantidad total de horas: (603 hs)**

**7. Diagrama de Activity On Node**

Armar el AoN a partir del WBS definido en la etapa anterior.

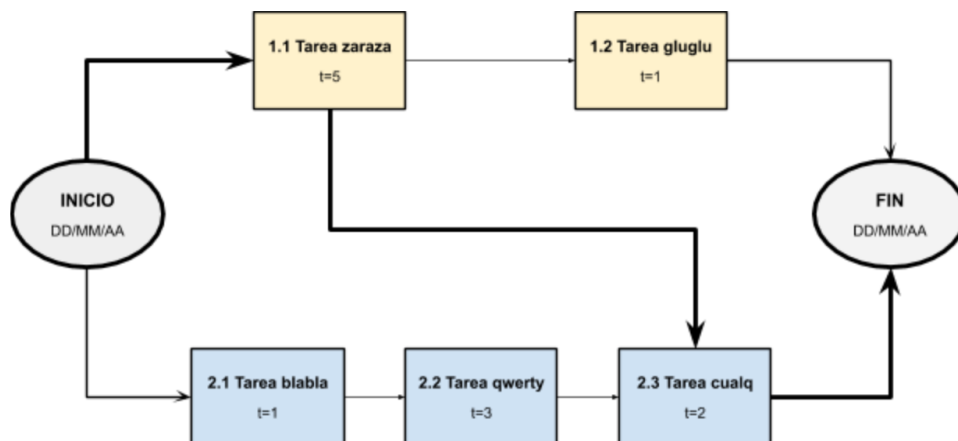


Figura 2. Diagrama en *Activity on Node*

Indicar claramente en qué unidades están expresados los tiempos. De ser necesario indicar los caminos semicríticos y analizar sus tiempos mediante un cuadro. Es recomendable usar colores y un cuadro indicativo describiendo qué representa cada color, como se muestra en el siguiente ejemplo:

## 8. Diagrama de Gantt

Utilizar el software Gantter for Google Drive o alguno similar para dibujar el diagrama de Gantt.

Existen muchos programas y recursos *online* para hacer diagramas de gantt, entre las cuales destacamos:

- Planner
- GanttProject
- Trello + *plugins*. En el siguiente link hay un tutorial oficial:  
<https://blog.trello.com/es/diagrama-de-gantt-de-un-proyecto>
- Creately, herramienta online colaborativa.  
<https://creately.com/diagram/example/ieb3p3ml/LaTeX>
- Se puede hacer en latex con el paquete *pgfgantt*  
<http://ctan.dcc.uchile.cl/graphics/pgf/contrib/pgfgantt/pgfgantt.pdf>

Pegar acá una captura de pantalla del diagrama de Gantt, cuidando que la letra sea suficientemente grande como para ser legible. Si el diagrama queda demasiado ancho, se puede pegar primero la “tabla” del Gantt y luego pegar la parte del diagrama de barras del diagrama de Gantt.

Configurar el software para que en la parte de la tabla muestre los códigos del EDT (WBS).  
Configurar el software para que al lado de cada barra muestre el nombre de cada tarea.  
Revisar que la fecha de finalización coincida con lo indicado en el Acta Constitutiva.

En la figura 3, se muestra un ejemplo de diagrama de gantt realizado con el paquete de *pgfgantt*. En la plantilla pueden ver el código que lo genera y usarlo de base para construir el propio.

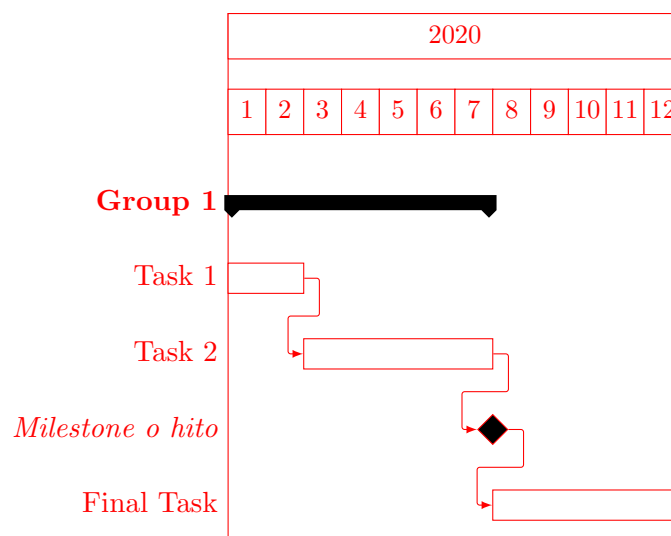


Figura 3. Diagrama de gantt de ejemplo

Página 12 de 16

COSTOS DIRECTOS			
Descripción	Cantidad	Valor unitario	Valor total
SUBTOTAL			
COSTOS INDIRECTOS			
Descripción	Cantidad	Valor unitario	Valor total
SUBTOTAL			
TOTAL			

## 11. Matriz de asignación de responsabilidades

Establecer la matriz de asignación de responsabilidades y el manejo de la autoridad completando la siguiente tabla:

Código WBS	Nombre de la tarea	Listar todos los nombres y roles del proyecto			
		Responsable	Orientador	Equipo	Cliente
		Maximiliano Sarli	Mg. Ing. Gonzalo Sanchez	Nombre de alguien	Pablo Lodetti

Referencias:

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

Una de las columnas debe ser para el Director, ya que se supone que participará en el proyecto. A su vez se debe cuidar que no queden muchas tareas seguidas sin “A” o “I”.

Importante: es redundante poner “I/A” o “I/C”, porque para aprobarlo o responder consultas primero la persona debe ser informada.

## 12. 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)

- Severidad (S): mientras más severo, más alto es el número (usar números del 1 al 10). Justificar el motivo por el cual se asigna determinado número de severidad (S).

- Probabilidad de ocurrencia (O): mientras más probable, más alto es el número (usar del 1 al 10).  
Justificar el motivo por el cual se asigna determinado número de (O).

Riesgo 2:

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

Riesgo 3:

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

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

Riesgo	S	O	RPN	S*	O*	RPN*

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

Nota: los valores marcados con (\*) en la tabla corresponden luego de haber aplicado la mitigación.

c) Plan de mitigación de los riesgos que originalmente excedían el RPN máximo establecido:

Riesgo 1: plan de mitigación (si por el RPN fuera necesario elaborar un plan de mitigación). Nueva asignación de S y O, con su respectiva justificación: - Severidad (S): mientras más severo, más alto es el número (usar números del 1 al 10). Justificar el motivo por el cual se asigna determinado número de severidad (S). - Probabilidad de ocurrencia (O): mientras más probable, más alto es el número (usar del 1 al 10). Justificar el motivo por el cual se asigna determinado número de (O).

Riesgo 2: plan de mitigación (si por el RPN fuera necesario elaborar un plan de mitigación).

Riesgo 3: plan de mitigación (si por el RPN fuera necesario elaborar un plan de mitigación).

### 13. Gestión de la calidad

Para cada uno de los requerimientos del proyecto indique:

- Req #1: copiar acá el requerimiento.  
Verificación y validación:

- 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.

## 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

## 15. Gestión de compras

En caso de tener que comprar elementos o contratar servicios: a) Explique con qué criterios elegiría a un proveedor. b) Redacte el Statement of Work correspondiente.

## 16. Seguimiento y control

Para cada tarea del proyecto establecer la frecuencia y los indicadores con los se seguirá su avance y quién será el responsable de hacer dicho seguimiento y a quién debe comunicarse la situación (en concordancia con el Plan de Comunicación del proyecto).

El indicador de avance tiene que ser algo medible, mejor incluso si se puede medir en % de avance. Por ejemplo, se pueden indicar en esta columna cosas como “cantidad de conexiones ruteadas” o “cantidad de funciones implementadas”, pero no algo genérico y ambiguo como “%”, porque el lector no sabe porcentaje de qué cosa.

SEGUIMIENTO DE AVANCE					
Tarea del WBS	Indicador de avance	Frecuencia de reporte	Resp. de seguimiento	Persona a ser informada	Método de comunic.
1.1	Fecha de inicio	Única vez al comienzo	Maximiliano Sarli	Pablo Lodetti, Mg. Ing. Gonzalo Sanchez	email

Continúa

SEGUIMIENTO DE AVANCE					
Tarea del WBS	Indicador de avance	Frecuencia de reporte	Resp. de seguimiento	Persona a ser informada	Método de comunic.
2.1	Avance de las sub-tareas	Mensual mientras dure la tarea	Maximiliano Sarli	Pablo Lodetti, Mg. Ing. Gonzalo Sanchez	email

SEGUIMIENTO DE AVANCE					
Tarea del WBS	Indicador de avance	Frecuencia de reporte	Resp. de seguimiento	Persona a ser informada	Método de comunic.

## 17. 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 utilizaron, 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.