



Controlador de pH para cultivos hidropónicos

Autor:

Ing. Iván Podoroska

Director:

Ing. Juan Pepito (pertenencia)

Esta planificación fue realizada en el curso de Gestión de proyectos entre el 29 de abril de 2024 y el 11 de junio de 2024.

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.	7
6. Requerimientos	7
7. Historias de usuarios (<i>Product backlog</i>).	8
8. Entregables principales del proyecto	9
9. Desglose del trabajo en tareas	9
10. Diagrama de Activity On Node.	10
11. Diagrama de Gantt	11
12. Presupuesto detallado del proyecto	14
13. Gestión de riesgos	14
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	29 de abril de 2024
1	Se completa hasta el punto 5 inclusive	7 de mayo de 2024
2	Se completa hasta el punto 9 inclusive	14 de mayo de 2024

Acta de constitución del proyecto

Buenos Aires, 29 de abril de 2024

Por medio de la presente se acuerda con el Ing. Ing. Iván Podoroska que su Trabajo Final de la Carrera de Especialización en Sistemas Embebidos se titulará “Controlador de pH para cultivos hidropónicos” y consistirá en la implementación de un prototipo de un sistema de control de pH para cultivos hidropónicos. El trabajo tendrá un presupuesto preliminar estimado de 600 horas y un costo de \$400.000, con fecha de inicio el 29 de abril de 2024 y fecha de presentación pública el 15 de mayo de 2025.

Se adjunta a esta acta la planificación inicial.

Dr. Ing. Ariel Lutenberg
Director posgrado FIUBA

Francisco Yuvone
Cannfeel SA

Ing. Juan Pepito
Director del Trabajo Final

1. Descripción técnica-conceptual del proyecto a realizar

La agricultura hidropónica es un método utilizado para cultivar plantas sin tierra, usando una solución rica en nutrientes. Mediante el contacto directo de las raíces con la solución nutritiva se logra un suministro constante y eficiente de macronutrientes y micronutrientes esenciales. Para su absorción, intervienen procesos de transporte activo y ósmosis, que requieren un pH controlado para garantizar el transporte de los nutrientes hacia la planta.

La empresa Cannfeel incorpora equipos para la medición y control de cultivos de precisión mediante Internet de las Cosas (IOT, por sus siglas en inglés). El objetivo de este proyecto es sumar un producto más al ecosistema, que sea capaz de regular y controlar el pH de soluciones nutritivas. Deberá poder integrarse a los equipos existentes y funcionar de manera autónoma.

El proyecto permitirá abstraer al cultivador de la tarea manual de la regulación del pH de la solución nutritiva. Al estar incluida en el ecosistema de la empresa, el usuario podrá tener acceso en tiempo real al estado de la solución nutritiva a través de una aplicación web ya implementada.

El sistema deberá ser capaz de medir el pH y la temperatura de una solución nutritiva. Contará con un *encoder* rotativo con botón y una pantalla, donde el usuario podrá ingresar el valor de pH que desee para la solución. El sistema tendrá que ser capaz de controlar el pH, utilizando una solución *buffer*. Para llevar a cabo la inyección de la sustancia reguladora, se contará con una bomba peristáltica como se observa en la figura 1.

El reto del presente proyecto es poder implementar tanto el hardware como el firmware asociado para alcanzar la solución propuesta en el tiempo estimado.

En la figura 1 se representa el diagrama en bloques del sistema.

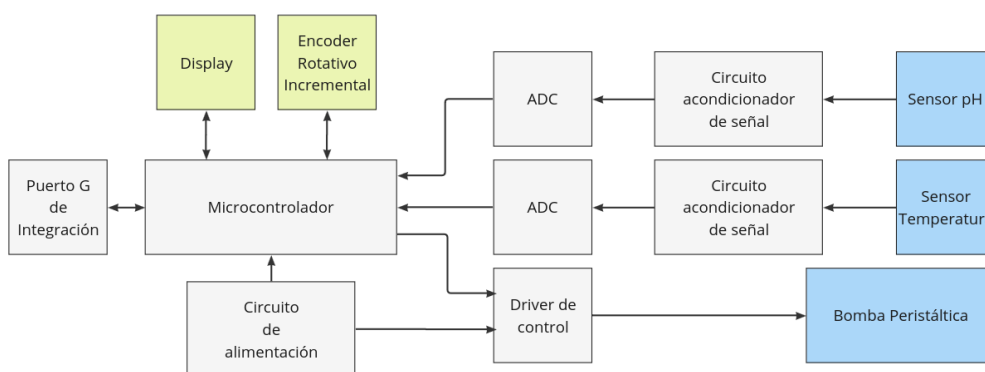


Figura 1. Diagrama en bloques del sistema.

En la figura 2 se representa el diagrama en bloque del esquema de control a implementar.

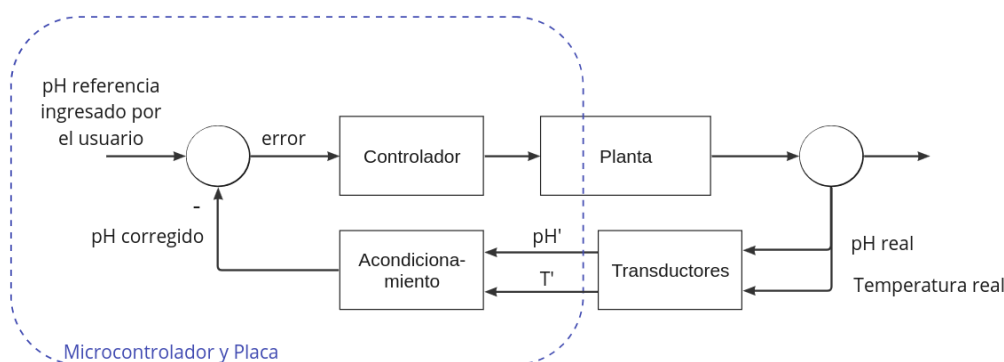


Figura 2. Diagrama de control del sistema.

2. Identificación y análisis de los interesados

Rol	Nombre y Apellido	Organización	Puesto
Cliente	Francisco Yuvone	Cannfeel SA	CTO
Responsable	Ing. Iván Podoroska	FIUBA	Alumno
Orientador	Ing. Juan Pepito	pertenencia	Director del Trabajo Final

3. Propósito del proyecto

Desarrollar un prototipo funcional capaz de medir y controlar en línea el pH de una solución nutritiva para cultivos hidropónicos. Se busca que el cultivador no deba realizar de manera manual esta tarea.

4. Alcance del proyecto

El presente proyecto incluye:

- Diseño e implementación de un prototipo.
 - Diseño de hardware.
 - Diseño de firmware.
- Elección del display para la interfaz.
- Elección del *encoder* rotativo.
- Elección del sensor de pH.
- Elección del método de sensado de temperatura.
 - Elección del sensor de temperatura.
- Elección de la bomba peristáltica.
- Ensayos de funcionamiento en campo.

El presente proyecto no incluye:

- Diseño y fabricación de la carcasa del dispositivo.
- Modificaciones en la aplicación web existente.
- Manual de usuario.
- Manual de instalación.

5. Supuestos del proyecto

- Se tendrá a disposición los equipos de la empresa Cannfeel SA cuando sean requeridos.
- Se utilizarán herramientas que no requieran licencia.
- Todos los componentes estarán disponibles para su compra.
- Será posible desarrollar los PCBs del prototipo de prueba.
- Los tiempos de importación y de fabricación estarán dentro de lo planeado.
- No habrá problemas para la importación de lo requerido.
- El presupuesto no superará en gran medida a lo estimado.

6. Requerimientos

1. Requerimientos técnicos

- 1.1. El sistema se deberá alimentar con una fuente de alimentación externa.
- 1.2. El hardware deberá tener un driver para manejar una bomba peristáltica.
- 1.3. El hardware deberá contar con un conector para una sonda de pH.
- 1.4. El hardware deberá contar con un conector para una sonda de temperatura.
- 1.5. El hardware deberá acondicionar la señal de la sonda de pH.
- 1.6. El hardware deberá acondicionar la señal de la sonda de temperatura.
- 1.7. El sistema deberá encender y apagar una bomba de recirculación opcional.

2. Requerimientos funcionales

- 2.1. El sistema debe compensar la medición de pH con la temperatura de la solución.
- 2.2. El sistema debe reconocer una falla por falta de solución *buffer*.
- 2.3. El sistema debe reconocer si no puede controlar el pH de la solución nutritiva.
- 2.4. El sistema deberá tener un modo de regulación donde intente controlar la solución constantemente.
- 2.5. El sistema deberá contar con un modo de sólo lectura que se limite a mostrar en la pantalla los valores obtenidos de los sensores.
- 2.6. El sistema deberá contar con un modo de configuración donde se podrán calibrar los sensores y configurar el valor deseado de pH para el control.

3. Requerimientos de interoperabilidad

- 3.1. El controlador se deberá integrar al ecosistema de dispositivos de la empresa Cannfeel mediante un protocolo propietario.

4. Requerimientos de la interfaz

- 4.1. El hardware deberá contar con una pantalla no táctil.
- 4.2. El hardware deberá contar con un *encoder* rotativo incremental con botón.
- 4.3. El sistema permitirá configurar los parámetros del controlador desde la interfaz local.
- 4.4. El usuario deberá poder calibrar la sonda de pH en tres puntos desde la interfaz local.
- 4.5. El usuario deberá poder calibrar la sonda de temperatura desde la interfaz local.

5. Requerimientos de pruebas

- 5.1. El sistema no deberá funcionar en modo de regulación si detecta la falta solución *buffer*.

7. Historias de usuarios (*Product backlog*)

En esta sección se mostrarán las historias de usuarios según los roles de: cliente, usuario final y desarrollador. Se valoraron de acuerdo a un sistema de *story points* basado en la estimación de tres categorías:

- Complejidad del trabajo (C):

- Bajo: 1
- Medio: 5
- Alto: 13

- Dificultad del trabajo (D):

- Bajo: 1
- Medio: 3
- Alto: 5

- Riesgo del trabajo (R):

- Bajo: 1
- Medio: 3
- Alto: 5

Para obtener la estimación final, se sumaron los valores asignados a cada aspecto y se aproximaron al siguiente número de la serie de Fibonacci. Por ejemplo, si la complejidad del trabajo es media (5), la dificultad es alta (5) y la incertidumbre es media (3), las suma de los *story points* es 13 y se aproxima al siguiente número de Fibonacci, que es 21. La valoración final será 21.

1. Como cliente, quiero que el sistema sea capaz de comunicarse con otros dispositivos del ecosistema de la empresa para que se integren y mejoren la solución ofrecida.
 - *Story points*: 8 (C:1, D:5, R:1).
2. Como usuario final, quiero modificar los parámetros de medición del sensor de pH con el objetivo de calibrarlo.
 - *Story points*: 3 (C:1, D:1, R:1).
3. Como usuario final, quiero poder configurar el valor de pH a controlar de manera local para no depender de la conexión a una plataforma.
 - *Story points*: 21 (C:13, D:3, R:3).
4. Como desarrollador, quiero implementar un controlador de pH preciso y de bajo costo para poder controlar la absorción de nutrientes de las plantas en cultivos hidropónicos.
 - *Story points*: 21 (C:13, D:5, R:3).

8. Entregables principales del proyecto

Los entregables de proyecto son:

- Prototipo funcional.
- Archivos para la producción de la PCB.
- Diagrama de circuitos esquemáticos.
- Lista de materiales (BOM, por sus siglas en inglés).
- Código fuente del firmware.
- Memoria del trabajo final.

9. Desglose del trabajo en tareas

1. Investigación y documentación (92 h)
 - 1.1. Estado del arte (8 h).
 - 1.2. Plan de proyecto (32 h).
 - 1.3. Investigación y elección de sensor de pH (16 h).
 - 1.4. Investigación y elección de sensor de temperatura (16 h).
 - 1.5. Investigación y elección de pantalla (12 h).
 - 1.6. Investigación y elección de *encoder* rotativo incremental (8 h).
2. Diseño general (36 h)
 - 2.1. Diseño de diagrama de módulos (8 h).
 - 2.2. Diseño de diagrama de conexiones (8 h).

- 2.3. Elección de la fuente de alimentación externa (4 h).
- 2.4. Diseño de las interfaces de la pantalla (16 h).
- 3. Desarrollo de hardware (132 h)
 - 3.1. Elección de conectores y componentes de potencia (24 h).
 - 3.2. Selección de componentes varios (8 h).
 - 3.3. Diseño de diagramas esquemáticos (60 h).
 - 3.4. Diseño PCB y archivos de fabricación (40 h).
- 4. Desarrollo de firmware (268 h)
 - 4.1. Elección de la arquitectura (16 h).
 - 4.2. Diseño en papel de los módulos a implementar (12 h).
 - 4.3. Diseño de las máquinas de estados (40).
 - 4.4. Diseño de pruebas (40 hs).
 - 4.5. Programación de firmware (120 h).
 - 4.6. Verificación y validación (40 h).
- 5. Pruebas y calibración (80 h)
 - 5.1. Prueba del prototipo en modo de funcionamiento normal (40 h).
 - 5.2. Prueba del prototipo en modo de funcionamiento en falla (20 h).
 - 5.3. Corrección de errores (20 h).
- 6. Presentación final (80 h)
 - 6.1. Redacción de la memoria escrita (60 h).
 - 6.2. Presentación (20 h).

Cantidad total de horas: 688 h.

10. Diagrama de Activity On Node

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

Una herramienta simple para desarrollar los diagramas es el Draw.io (<https://app.diagrams.net/>). Draw.io

Indicar claramente en qué unidades están expresados los tiempos. De ser necesario indicar los caminos semi críticos y analizar sus tiempos mediante un cuadro. Es recomendable usar colores y un cuadro indicativo describiendo qué representa cada color.



Figura 3. Diagrama de *Activity on Node*.

11. Diagrama de Gantt

Existen muchos programas y recursos *online* para hacer diagramas de Gantt, entre los 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 4, 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.

Las fechas pueden ser calculadas utilizando alguna de las herramientas antes citadas. Sin embargo, el siguiente ejemplo fue elaborado utilizando [esta hoja de cálculo](#).

Es importante destacar que el ancho del diagrama estará dado por la longitud del texto utilizado para las tareas (Ejemplo: tarea 1, tarea 2, etcétera) y el valor *x unit*. Para mejorar la apariencia del diagrama, es necesario ajustar este valor y, quizás, acortar los nombres de las tareas.

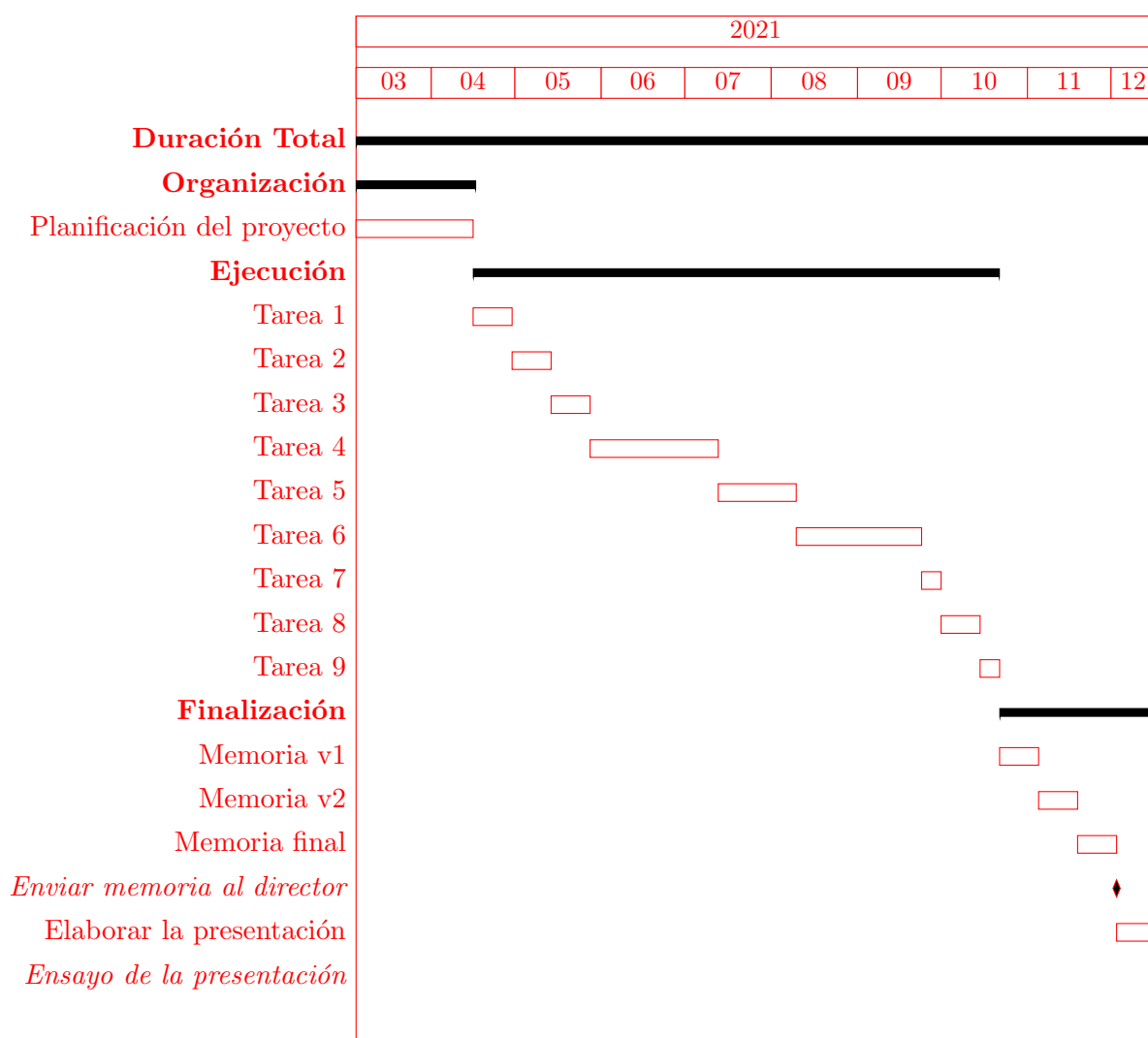


Figura 4. Diagrama de gantt de ejemplo



Figura 5. Ejemplo de diagrama de Gantt (apaisado).

12. Presupuesto detallado del proyecto

Si el proyecto es complejo entonces separarlo en partes:

- Un total global, indicando el subtotal acumulado por cada una de las áreas.
- El desglose detallado del subtotal de cada una de las áreas.

IMPORTANTE: No olvidarse de considerar los **COSTOS INDIRECTOS**.

Incluir la aclaración de si se emplea como moneda el peso argentino (ARS) o si se usa moneda extranjera (USD, EUR, etc). Si es en moneda extranjera se debe indicar la tasa de conversión respecto a la moneda local en una fecha dada.

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

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): X.
Justificación...

- Ocurriencia (O): Y.
Justificación...

Riesgo 3:

- Severidad (S): X.
Justificación...
- Ocurriencia (O): Y.
Justificación...

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).

14. Gestión de la calidad

Elija al menos diez requerimientos que a su criterio sean los más importantes/críticos/que aportan más valor y para cada uno de ellos indique las acciones de verificación y validación que permitan asegurar su cumplimiento.

- Req #1: copiar acá el requerimiento con su correspondiente número.

- 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, 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.