



# Sistema de dosificación controlada y autoajustable de líquidos aplicado a procesos industriales

Autor:

Ing. Federico Leonardo Alderisi

Director:

Ing. César Fabián Boarelli (UTN - FRM)

*Esta planificación fue realizada en el curso de Gestión de proyectos  
entre el 23 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 . . . . .	7
4. Alcance del proyecto . . . . .	8
5. Supuestos del proyecto. . . . .	8
6. Requerimientos . . . . .	9
7. Historias de usuarios ( <i>Product backlog</i> ). . . . .	10
8. Entregables principales del proyecto . . . . .	11
9. Desglose del trabajo en tareas . . . . .	12
10. Diagrama de Activity On Node. . . . .	13
11. Diagrama de Gantt . . . . .	16
12. Presupuesto detallado del proyecto . . . . .	18
13. Gestión de riesgos . . . . .	18
14. Gestión de la calidad . . . . .	20
15. Procesos de cierre . . . . .	22

## Registros de cambios

Revisión	Detalles de los cambios realizados	Fecha
0	Creación del documento	23 de abril de 2024
1	Se completa hasta el punto 5 inclusive	6 de mayo de 2024
2	Se completa hasta el punto 9 inclusive	14 de mayo de 2024
3	Se completa hasta el punto 12 inclusive	21 de mayo de 2024
4	Se completa el plan	28 de mayo de 2024

## Acta de constitución del proyecto

Buenos Aires, 23 de abril de 2024

Por medio de la presente se acuerda con el Ing. Federico Leonardo Alderisi que su Trabajo Final de la Carrera de Especialización en Sistemas Embebidos se titulará “Sistema de dosificación controlada y autoajustable de líquidos aplicado a procesos industriales” y consistirá en la implementación de un prototipo de un sistema de control de dosificación de líquidos industriales, de forma controlada y autoajustable, mediante un parámetro externo provisto por el usuario. El trabajo tendrá un presupuesto preliminar estimado de 615 horas y un costo estimado de \$4.795.200, con fecha de inicio el 23 de abril de 2024 y fecha de presentación pública a definir.

Se adjunta a esta acta la planificación inicial.

Dr. Ing. Ariel Lutenberg  
Director posgrado FIUBA

Ing. Carmelo Alderisi  
-

Ing. César Fabián Boarelli  
Director del Trabajo Final

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

Un dosificador de líquidos, utilizado en procesos industriales, facilita el control de las dosis aplicadas de manera controlada, continua y precisa durante un proceso específico. Generalmente, estos sistemas incorporan un medio de bombeo que permite un flujo de líquido hacia la salida del dosificador y un caudalímetro para el sensado del caudal.

Comúnmente, los sistemas de dosificación controlada constan de un único parámetro de referencia, llamado punto de trabajo. Su valor es ingresado por el usuario y representa la dosis o caudal que se desea mantener de forma continua a la salida del dosificador. El lazo cerrado del control del sistema se ajusta a través de un circuito que adquiere la señal del caudalímetro, la compara con la del punto de trabajo ingresado por el usuario y ajusta la salida para lograrlo.

A continuación, en la figura 1 se ilustra un sistema dosificador continuo y controlado utilizado en la industria actualmente.

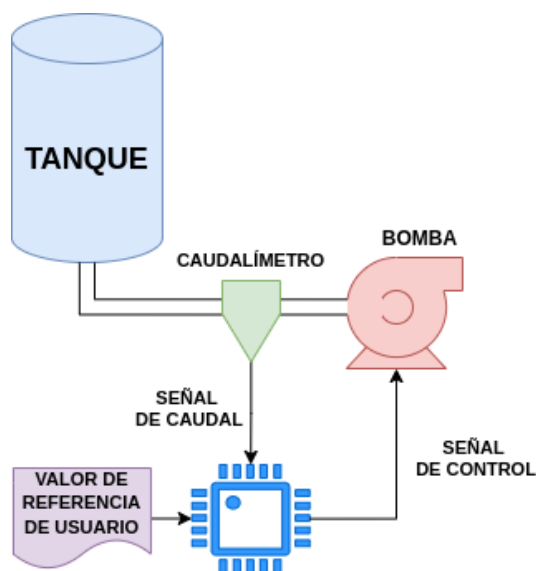


Figura 1. Dosificador genérico.

A pesar de ser un sistema utilizado en distintos procesos industriales, los sistemas de dosificación actuales no pueden transportarse ya que están fijos en una etapa del proceso. Además, estos controlan grandes o medianos caudales y su punto de trabajo se mantiene constante. En consecuencia, aquellas aplicaciones que requieran transportar un dosificador a distintos lugares o utilizar un parámetro de referencia variable para la dosificación, no pueden llevarse a cabo.

A raíz de esta problemática, se decide realizar un prototipo de un nuevo sistema de dosificación portable e innovador. A este sistema de dosificación controlada se le añade, como característica principal, la posibilidad de que el parámetro de referencia sea autoajutable, a través de un parámetro variable, en vez de uno estático como es el caso de los sistemas actuales. Además, se incorporará una interfaz de usuario que permita la interacción y configuración del sistema, como el parámetro de referencia variable, visualización de estadísticas y otras funcionalidades a definir.

También, se utilizarán distintos subsistemas de control y alarma para el nivel del líquido del tanque, medición de temperatura y control del sistema eléctrico de alimentación. Como enfoque

principal de aplicación, se desarrollará un sistema de dosificación de líquidos para aplicaciones industriales de bajo caudal.

La característica de autoajustable permite la introducción de un parámetro de referencia variable, lo que facilita el autoajuste del sistema de dosificación para adaptar el caudal de salida a las condiciones cambiantes del proceso. Esto es importante, ya que distintos procesos industriales requieren ajustes de caudal constantes. El éxito de estos procesos depende de variar el caudal en función de la magnitud de ciertos parámetros variables, como puede ser la temperatura, el peso y otros.

A continuación, en la figura 2 se ilustra un diagrama en bloques del sistema propuesto. Se pueden observar los distintos bloques que conforman el sistema electrónico y el bloque del sistema eléctrico de alimentación que se desarrollará durante este trabajo. El sistema electromecánico no será incluido.

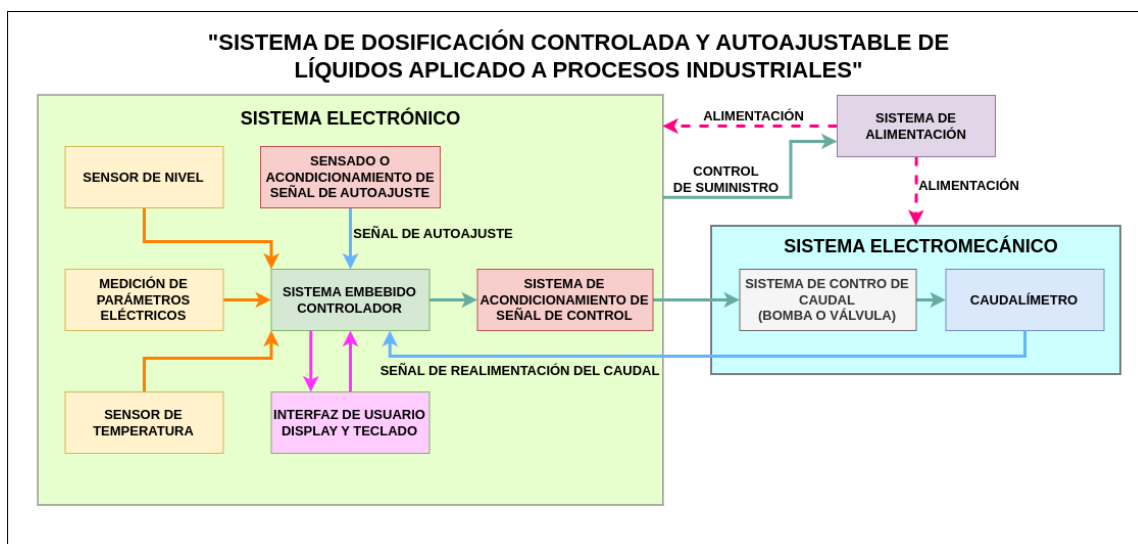


Figura 2. Diagrama en bloques del sistema.

Es importante destacar que este proyecto se realiza como un emprendimiento personal, junto a un colaborador que será responsable del diseño mecánico e hidráulico. Este proyecto se circunscribe al desarrollo del firmware y hardware de este sistema.

## 2. Identificación y análisis de los interesados

Rol	Nombre y Apellido	Organización	Puesto
Cliente	Ing. Carmelo Alderisi	-	Consultor comercial
Responsable	Ing. Federico Leonardo Alderisi	FIUBA	Alumno
Colaboradores	Ing. Julián Marchese	-	Diseñador
Orientador	Ing. César Fabián Boarelli	UTN - FRM	Director del Trabajo Final
Usuario final	Trabajador del área industrial	-	Proceso industrial

Las características principales de cada uno de los interesados listados previamente son:

- Cliente: ingeniero agrónomo de amplia experiencia en la industria alimentaria, agropecuaria y en el área comercial. Es una persona rigurosa y exigente al observar posibles mejoras en procesos industriales. Busca agilizar y efficientizar procedimientos y mecanismos agrícolas. La amplia experiencia permite que se pueda disponer de información respecto a los diferentes campos de aplicación del sistema a desarrollar, como así también los requerimientos mínimos a cumplir.
- Colaborador: ingeniero electromecánico que trabaja como diseñador y desarrollador de sistemas mecánicos, térmicos e hidráulicos. Una persona que trabaja de forma profesional, que al desarrollar proyectos busca de forma exhaustiva cumplir con sus objetivos. Consta de un amplio conocimiento en maquinarias agropecuarias de siembra y cosecha, en los que puede ser aplicado el sistema a desarrollar.
- Orientador: ingeniero electrónico, domina las técnicas de diseño y armado de circuitos electrónicos de baja potencia y electrónica de baja escala de integración. Amplia experiencia en diseño asistido por computadora de sistemas de control, temperatura, presión, caudal, compensadores y PID. En la actualidad se encuentra realizando la maestría en Energía Renovables. Consta de una extensa formación complementaria en el área de sistemas control. Es un profesor comprometido con la modernización del área educacional e impulsa los trabajos académicos de sus alumnos de manera rigurosa.
- Usuario final: trabajador del área industrial. Específicamente es un operario con conocimientos en la aplicación específica de su proceso industrial, que incluye dosificación de líquidos. Busca agilizar y controlar el proceso del que es responsable, utilizando una interfaz de usuario amigable y robusta. El conocimiento de las nuevas tecnologías puede variar entre distintos operarios, por lo que busca simpleza en las herramienta que utiliza.

### 3. Propósito del proyecto

Se propone el desarrollo de un sistema prototipo de dosificación controlada y continua para líquidos en aplicaciones industriales. Este sistema permitirá autoajustarse en función de un parámetro externo dinámico o un parámetro estático ingresado por el usuario. Dado su enfoque en dosificación de bajo caudal, se diseñará para ser fácilmente transportable y con dimensiones adecuadas para ser manipulado por una persona. Este sistema constará de varios subsistemas, incluyendo una interfaz de usuario para el ingreso de parámetros de control y visualización, control de parámetros ambientales y eléctricos, así como control de nivel de tanque, entre otros.

La implementación de este sistema resuelve la problemática actual relacionada con la dificultad para mantener un flujo de dosificación autoajutable. Los sistemas de bajo costo disponibles en la actualidad no incorporan esta característica y carecen de portabilidad. Por lo tanto, el objetivo de este desarrollo es ofrecer una solución robusta, confiable y segura para su uso industrial. Esto permitirá a los usuarios reemplazar los antiguos procedimientos de dosificación aproximada en sus procesos industriales.

### 4. Alcance del proyecto

Como se especificó en la sección 1, el prototipo del sistema de dosificador controlada y autoajutable consta de distintas características. Estas determinan el alcance de este trabajo final correspondiente a la Carrera de Especialización en Sistemas Embebidos.

Este proyecto incluye:

- Desarrollo del prototipo funcional del sistema de dosificación controlada y autoajustable, consta de:
  - Definición del algoritmo de control para la dosificación de líquidos.
  - Desarrollo del sistema de acondicionamiento señales de control y señales de realimentación.
  - Implementación del algoritmo de control en un sistema embebido.
  - Diseño e implementación de una interfaz de usuario para controlar y visualizar el funcionamiento del sistema.
  - Adquisición de parámetros ambientales y eléctricos requeridos.
  - Determinar un sistema de alimentación acorde al uso.
- Pruebas funcionales y de concepto.
- Reporte de resultados.

Este proyecto no incluye:

- Desarrollo del sistema hidráulico y mecánico.
- Construcción de un producto final comercial.
- Certificación del sistema a través de estándares.

## 5. Supuestos del proyecto

Para el desarrollo del presente proyecto se tiene a consideración los siguientes supuestos:

- Interés del mercado y del cliente: actualmente, no existen sistemas de estas características que se puedan comparar con lo propuesto. En consecuencia, el cliente tiene interés en que se desarrolle este sistema.
- Disponibilidad de materiales: a pesar de que es complicado el proceso de importar productos electrónicos, es viable en este caso, ya que no se necesitan grandes cantidades para realizar un primer prototipo.
- Desarrollo del prototipo: este sistema solo será fabricado a nivel de prototipo, sin realizar iteraciones en su diseño.
- Presupuesto: este proyecto tendrá los fondos disponibles para financiar los gastos de inversión inicial y desarrollo.
- Tiempo: se dispondrá del tiempo establecido por la planificación para lograr los objetivos.



## 6. Requerimientos

### 1. Requerimientos funcionales:

#### 1.1. Control:

- 1) El prototipo debe permitir controlar el caudal de líquido dosificado en milímetros cúbicos por minuto.
- 2) La muestra de caudal debe poder ser adquirida desde una señal provista por un caudalímetro.
- 3) La señal de salida del sistema de control debe permitir ser aplicada sobre un dispositivo de accionamiento, como una bomba o válvula, a definir durante el desarrollo.
- 4) El sistema de control debe permitir que el usuario ingrese un valor como punto de trabajo o admitir un valor de referencia externo que funcione como punto de trabajo variable.
- 5) El sistema debe permitir dosificar en forma continua, teniendo en cuenta el nivel del líquido del tanque y los límites de dosificación (entre trescientos y un valor a definir durante el transcurso del proyecto, medido en milímetros cúbicos por minuto).
- 6) El sistema debe lograr el equilibrio en un tiempo acotado, en función del proceso en el que se utilizará, siendo este tiempo menor a 3 segundos.
- 7) El valor de referencia externo debe ser un valor acondicionado, que provenga de una entrada del sistema embebido utilizado.
- 8) El sistema de alimentación debe ser monitoreado para mantener la integridad del dosificador.
- 9) Otros parámetros a definir, como temperatura o variables del sistemas, deben poder ser monitoreados.

#### 1.2. Interfaz de usuario:

- 1) La interfaz debe permitir configurar la dosis y cambiar el modo de funcionamiento.
- 2) La pantalla debe presentar el estado general del dosificador, su modo de funcionamiento, las estadísticas, configuraciones y posibles alarmas a definir.
- 3) El teclado debe permitir ingresar el valor de dosificación de forma numérica, además de incluir las funciones para cambiar de menú, encender y apagar la bomba, y navegar dentro del menú.
- 4) El prototipo debe mostrar señales lumínicas en función del estado de la alimentación, modo de funcionamiento y alarmas.

#### 1.3. Alimentación:

- 1) El sistema de alimentación debe poder ser conectado a una línea de alimentación de 12 Volts C.C. y adaptar esta tensión a lo requerido por el dosificador.
- 2) El usuario debe poder encender o apagar el sistema de alimentación y, en consecuencia, el dosificador.
- 3) El controlador debe poder apagar el sistema de alimentación, como así también limitar y aislar los puntos de falla, como el sistema de accionamiento a definir.

### 2. Requerimientos de documentación:

- 2.1. Se debe documentar de manera clara las instrucciones de uso del dosificador.

- 2.2. El sistema de control, junto a sus entradas y salidas, debe ser especificado eléctricamente para realizar su posterior conexión.
- 2.3. Se debe documentar las conexiones de alimentación y del sistema electromecánico para su puesta en marcha.
3. Requerimiento de testing y pruebas:
  - 3.1. Se deben presentar resultados de las pruebas unitarias y de integración, con alcance a definir.
  - 3.2. Se deben realizar pruebas de aceptación en presencia del cliente.
  - 3.3. Las pruebas del sistema deben evidenciar los objetivos propuestos en este trabajo.
4. Requerimientos de comunicación (opcional): el desarrollador podría proponer un sistema de comunicación inalámbrico, que permita al usuario conectarse a través de un celular, que permita configurar el sistema y visualizar datos.

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

En esta sección se describen las historias de usuarios y sus puntajes correspondientes. Los 3 aspectos que definirán los puntajes de las historias son los siguientes:

1. Dificultad: cantidad de trabajo a realizar.
2. Complejidad: complejidad del trabajo a realizar.
3. Incertidumbre: riesgo del trabajo a realizar.

Se utilizará una escala de 3 puntos, donde el valor más alto implica mayor costo. A continuación, se listan los puntajes para cada ítem dentro de los *Story points*.

1. Dificultad:
  - Baja: 1.
  - Media: 2.
  - Alta: 3.
2. Complejidad:
  - Baja: 1.
  - Media: 2.
  - Alta: 3.
3. Incertidumbre:
  - Baja: 1.
  - Media: 2.
  - Alta: 3.

Historia de usuarios:

1. Operario: “Como operario de la industria química, deseo un dosificador que permita cambiar la dosificación de forma automática para no tener que hacerlo manualmente.”
  - Dificultad media (2): realizar un sistema de control automático que depende de un parámetro variable es algo que puede generar inestabilidades durante su control. A pesar de esto, si se definen los tiempos de accionamiento y límites, se puede realizar.
  - Complejidad alta (3): requiere implementar un sistema de control digital, donde se controle y limite la variable de entrada y salida, para evitar oscilaciones. Si el parámetro de entrada oscila rápidamente, puede generar inestabilidades durante la dosificación, por lo que es algo que se debe caracterizar.
  - Riesgo medio (2): en caso de que no pueda aplicarse un control automático en todos los casos, el sistema permite igualmente ingresar por teclado el punto de trabajo deseado. Por esto, el usuario podrá de todas maneras reemplazar el sistema manual que utiliza actualmente.

*Story points: 7.*

2. Ingeniero agrónomo: “Como ingeniero agrónomo quiero un sistema que permita ingresar un valor de dosis por teclado rápidamente y que sea visible, para agilizar la inyección de productos durante la siembra, constatar que este es el correcto y así evitar errores de dosificación.”
  - Dificultad baja (1): realizar una interfaz de usuario a través de un teclado y una pantalla no es algo que requiera grandes esfuerzos.
  - Complejidad media (2): este sistema debe ser robusto y confiable, por lo que la validación de datos, confirmación y ajustes de parámetros es indispensable. Además, se debe proveer una interfaz duradera, ya que será utilizada en el campo.
  - Riesgo bajo (1): para lograr este objetivo, se debe analizar productos con interfaz de usuario que se utilizan actualmente en el campo. De esta manera se puede obtener una idea de qué tipo de interfaz rápida y confiable se puede utilizar. A pesar de esto, una mala interfaz puede generar molestia al momento de utilizar el dosificador.

*Story points: 4*

## 8. Entregables principales del proyecto

Los entregables del proyecto son:

- Un prototipo.
- Manual de usuario.
- Instrucciones de puesta en marcha, que incluye las especificaciones de las distintas conexiones eléctricas.
- Diagrama de circuitos esquemáticos.
- Memoria del trabajo final.

## 9. Desglose del trabajo en tareas

A continuación, se desglosa el trabajo en tareas con su duración estimada:

### 1. Desarrollo del prototipo (395 h).

#### 1.1. Modularización del sistema y definición de funcionalidades (80 h).

- 1) Selección del dispositivo de accionamiento, medición de caudal y caracterización de las señales correspondientes (20 h).
- 2) Definición del sistema de control y algoritmo (30 h).
- 3) Determinación de los periféricos de entrada y salida (15 h).
- 4) Definición de circuitos e interfaces de acondicionamiento de señales (15 h).

#### 1.2. Selección del sistema embebido, circuitos periféricos e implementación del programa (160 h).

- 1) Selección del sistema embebido, acorde a los requerimientos y el análisis previo (15 h).
- 2) Programación del sistema de control principal (40 h).
- 3) Programación de drivers (40 h).
- 4) Programación de la interfaz de usuario (35 h).
- 5) Programación de sistemas secundarios (30 h).

#### 1.3. Hardware, sistema de alimentación, circuitos periféricos e interfaces de conexión (155 h).

- 1) Definición de dispositivos y periféricos generales (interfaz de usuario, adaptadores de señales y otros) (30 h).
- 2) Diseño del sistema de alimentación (15 h).
- 3) Dimensionamiento de componentes (15 h).
- 4) Diseño de esquemáticos (35 h).
- 5) Diseño de placas y conexionado (30 h).
- 6) Ensamblaje del prototipo (20 h).
- 7) Pruebas eléctricas e inspección general (10 h).

### 2. Testing (95 h).

- 2.1. Realizar pruebas unitarias (40 h).
- 2.2. Realizar pruebas de integración (35 h).
- 2.3. Realizar pruebas del sistema (20 h).

### 3. Documentación (125 h).

- 3.1. Desarrollo de reporte de testing (25 h).
- 3.2. Elaboración del manual e instrucciones (20 h).
- 3.3. Redacción del informe de avance (20 h).
- 3.4. Redacción de la memoria del trabajo final (40 h).
- 3.5. Elaboración de la presentación del proyecto (20 h).

Total de horas estimadas: 615 h.

## 10. Diagrama de Activity On Node

En las figuras 3 y 4 se muestra el diagrama de Activity on Node del presente proyecto, basado en el desglose de tareas. Las referencias temporales son presentadas en horas. Las flechas en rojo muestran el camino crítico, que suma un total de 340 h.

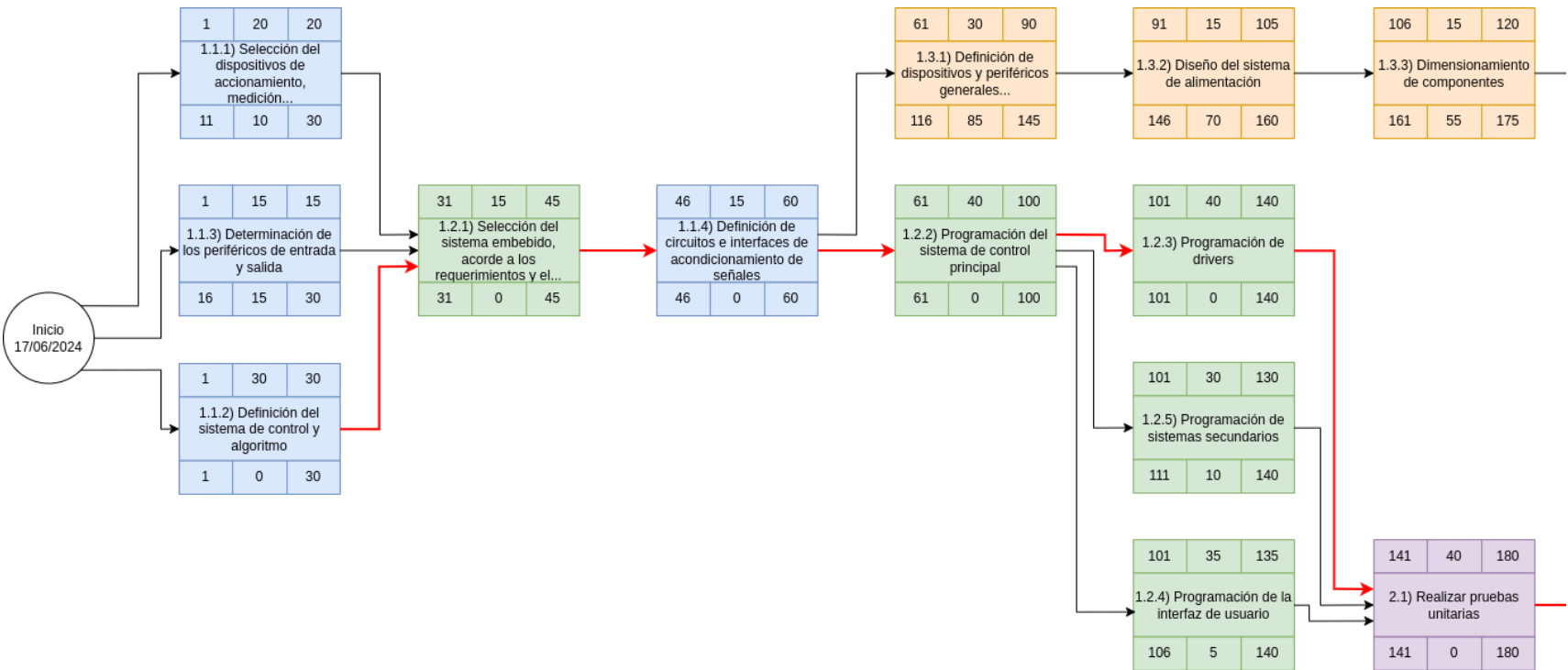


Figura 3. Diagrama de *Activity on Node*(1).

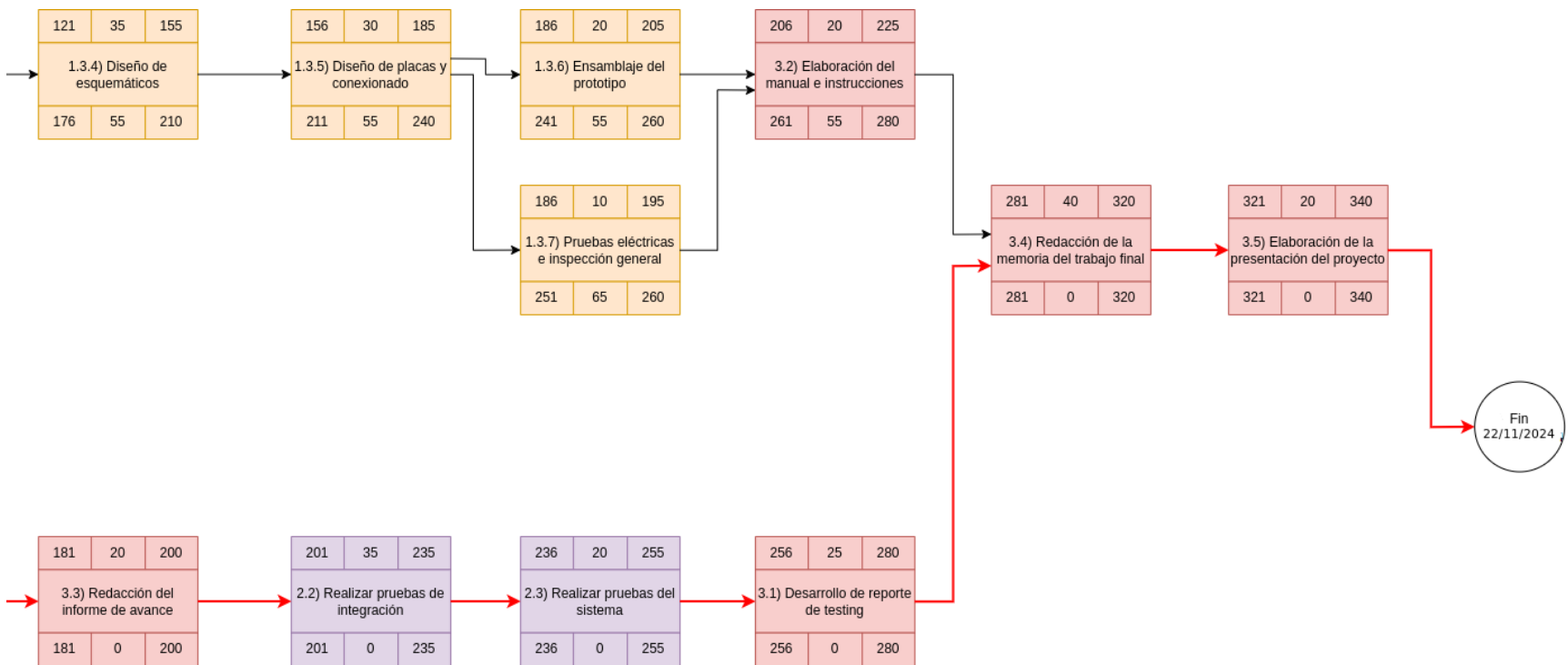


Figura 4. Diagrama de *Activity on Node*(2).

## 11. Diagrama de Gantt

A continuación, en la figura 5 se muestra la tabla con la información correspondiente al desglose de tareas. Además, se observa su duración, fecha de inicio y fecha de fin. El diagrama de Gantt se puede observar en la imagen 6.

Name	Duration	Start	Finish
▼ Sistema de dosificación controlada y autoajutable de líquidos aplicado a procesos industriales	136d 3h	jun 17	nov 22
▼ 1) Desarrollo del prototipo	104d 2h	jun 17	oct 16
▼ 1.1) Modularización del sistema y definición de funcionalidades	17d 3h	jun 17	jul 6
1.1.1) Selección del dispositivo de accionamiento, medición de caudal y caracterización de las	4d 2h	jun 17	jun 21
1.1.2) Definición del sistema de control y algoritmo	6d 3h	jun 21	jun 29
1.1.3) Determinación de los periféricos de entrada y salida	3d 1h	jun 29	jul 3
1.1.4) Definición de circuitos e interfaces de acondicionamiento de señales	3d 1h	jul 3	jul 6
▼ 1.2) Selección del sistema embebido, circuitos periféricos e implementación del programa	35d 2h	jul 6	ago 17
1.2.1) Selección del sistema embebido, acorde a los requerimientos y el análisis previo	3d 1h	jul 6	jul 11
1.2.2) Programación del sistema de control principal	8d 4h	jul 11	jul 20
1.2.3) Programación de drivers	8d 4h	jul 22	jul 31
1.2.4) Programación de la interfaz de usuario	7d 3h	jul 31	ago 9
1.2.5) Programación de sistemas secundarios	6d 3h	ago 9	ago 17
▼ 1.3) Hardware, sistema de alimentación, circuitos periféricos e interfaces de conexión	51d	ago 17	oct 16
1.3.1) Definición de dispositivos y periféricos generales (interfaz de usuario, adaptadores de s	6d 3h	ago 17	ago 24
1.3.2) Diseño del sistema de alimentación	3d 1h	ago 26	ago 29
1.3.3) Dimensionamiento de componentes	3d 1h	sep 18	sep 21
1.3.4) Diseño de esquemáticos	7d 3h	sep 21	oct 1
1.3.5) Diseño de placas y conexionado	6d 3h	oct 1	oct 8
1.3.6) Ensamblaje del prototipo	4d 2h	oct 8	oct 14
1.3.7) Pruebas eléctricas e inspección general	2d 1h	oct 14	oct 16
▼ 2) Testing	45d 2h	ago 29	oct 21
2.1) Realizar pruebas unitarias	8d 4h	ago 29	sep 9
2.2) Realizar pruebas de integración	7d 3h	sep 9	sep 17
2.3) Realizar pruebas del sistema	4d 2h	oct 16	oct 21
▼ 3) Documentación	27d 3h	oct 21	nov 22
3.1) Desarrollo de reporte de testing	5d 2h	oct 21	oct 28
3.2) Elaboración del manual e instrucciones	4d 2h	oct 28	nov 1
3.3) Redacción del informe de avance	4d 2h	nov 1	nov 7
3.4) Redacción de la memoria del trabajo final	8d 4h	nov 7	nov 18
3.5) Elaboración de la presentación del proyecto	4d 2h	nov 18	nov 22

Figura 5. Tabla del diagrama de Gantt.



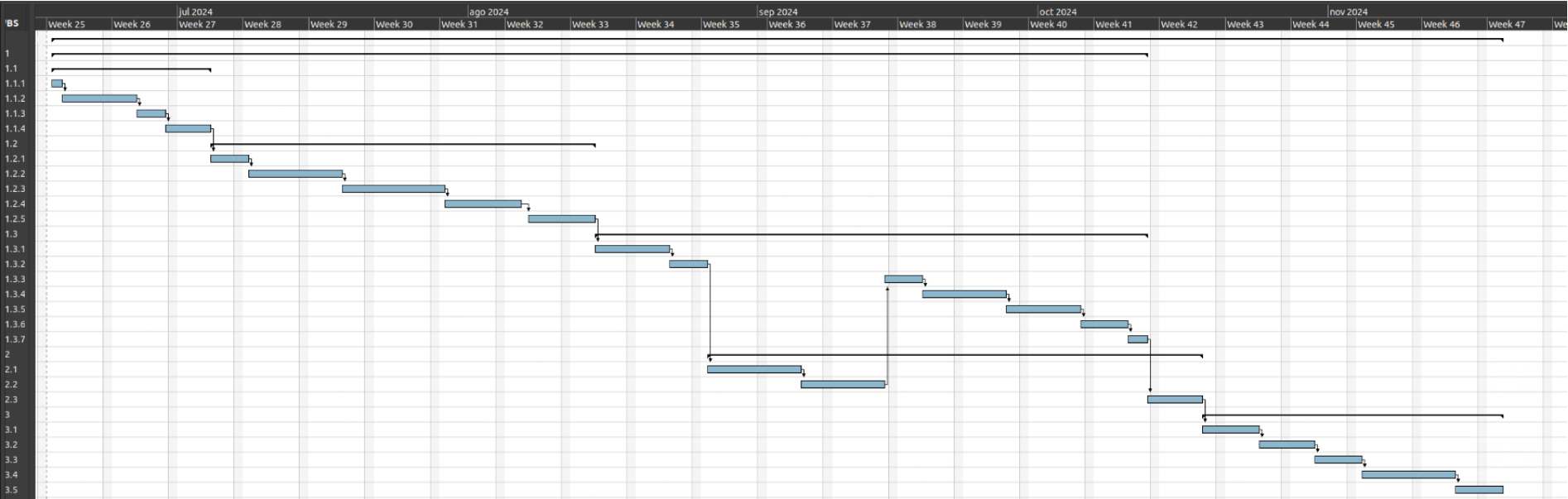


Figura 6. Diagrama de *Gannt*.

## 12. Presupuesto detallado del proyecto

A continuación, se describen los costos aproximados del proyecto expresados en pesos argentinos. Estos costos se basan en los valores promedios que se encontraron para distintos elementos candidatos a ser utilizados, por lo que estos valores pueden verse ajustados durante el desarrollo del proyecto. El valor de 1 USD (dólar estadounidense), al momento de realizar el presupuesto, es de \$1.200.

COSTOS DIRECTOS			
Descripción	Cantidad	Valor unitario	Valor total
Horas de ingeniería	615	\$ 5000	\$3 250 000
Microcontrolador	2	\$45 000	\$90 000
Manufactura de PCB	5	\$10 000	\$50 000
Componentes pasivos	300	\$100	\$30 000
Fuente de alimentación	2	\$3500	\$7000
Conectores, borneras y otros	5	\$10 000	\$50 000
Sensores	2	\$17 500	\$35 000
Caja estanca	1	\$15 000	\$15 000
Interfaz gráfica y teclado	1	\$25 000	\$25 000
SUBTOTAL			\$3 552 000
COSTOS INDIRECTOS			
Descripción	Cantidad	Valor unitario	Valor total
35 % de los costos directos	1	\$1 243 200	\$1 243 200
SUBTOTAL			\$1 243 200
TOTAL			\$4 795 200

## 13. Gestión de riesgos

a) En la siguiente sección se describen los principales riesgos, sus consecuencias y se estima la importancia a partir del análisis de los siguientes parámetros:

1. Severidad (S): se evalúa del 1 al 10, siendo el 10 el grado más alto de importancia y consecuencias.
2. Probabilidad de ocurrencia (O): se evalúa del 1 al 10, siendo el 10 el grado más alto de probabilidad de ocurrencia.
3. Nivel de prioridad de riesgo (RPN): se obtiene al realizar el producto de la *Severidad (S)* y la *Probabilidad de ocurrencia (O)*, este representa un nivel relativo y comparativo del nivel de importancia.

Riesgo 1: demora de entrega al importar dispositivos o faltante de estos.

- Severidad (S): 8, esto impacta fuertemente ya que el desarrollo y las pruebas dependen de los dispositivos y controladores.
- Ocurrencia (O): 7, esto suele suceder frecuentemente, a mediar que el precio de la encomienda es mayor.

Riesgo 2: dificultad durante el desarrollo del sistema de control.

- Severidad (S): 7, esto genera una complicación importante ya que el principal objetivo del proyecto es el desarrollo e implementación de un sistema de control.
- Ocurrencia (O): 4, el sistema de control a implementar no es un área completamente inexplorado. Existen implementaciones y casos similares de aplicación, en donde se puede recopilar información afín.

Riesgo 3: destrucción del prototipo durante las pruebas.

- Severidad (S): 9, la destrucción del prototipo implica la pérdida del entregable principal.
- Ocurrencia (O): 7, esto es posible, ya que las pruebas funcionales requieren ser realizadas en el campo de aplicación, junto a los equipos electromecánicos.

Riesgo 4: elevados costos de componentes y materiales.

- Severidad (S): 4, este proyecto no requiere componentes que impliquen gran inversión, a pesar de que puedan tener un aumento a corto plazo.
- Ocurrencia (O): 5, es probable que aumenten los precios de los dispositivos electrónicos durante un posible conflicto bélico en los países asiáticos donde se realiza la manufactura (como China y Taiwan).

Riesgo 5: modificación del alcance del proyecto durante el desarrollo.

- Severidad (S): 7, esto modifica notablemente la planificación, el tiempo y el costo del desarrollo.
- Ocurrencia (O): 3, esto tiene baja ocurrencia ya que se realizó un estudio previo amplio a través de encuestas a posibles usuarios.

b) En la siguiente tabla de gestión de riesgos se representan los niveles de prioridad para los riesgos listados anteriormente:

Criterio adoptado: se tomarán medidas de mitigación en los riesgos cuyos números de RPN sean mayores a 40.

Riesgo	S	O	RPN	S*	O*	RPN*
Riesgo 1: demora de entrega al importar dispositivos o faltante de estos.	8	7	56	8	3	24
Riesgo 2: dificultad durante el desarrollo del sistema de control.	7	4	28	-	-	-
Riesgo 3: destrucción del prototipo durante las pruebas.	9	7	63	4	7	28
Riesgo 4: elevados costos de componentes y materiales.	4	5	20	-	-	-
Riesgo 5: modificación del alcance del proyecto durante el desarrollo.	7	3	21	-	-	-

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

Riesgo 1: se definirán los dispositivos a utilizar con anticipación, para acortar los posibles retrasos. Además, se buscarán distintos proveedores internos y externos, priorizando los internos, para evitar las complicaciones que se generan durante la importación. En caso de importar, se intentarán realizar pequeñas compras para evitar detención de la encomienda en la aduana.

- Severidad ( $S^*$ ): 8, si sucede, impacta igualmente en el desarrollo.
- Probabilidad de ocurrencia ( $O^*$ ): 3, se se priorizan los proveedores internos, se disminuye la probabilidad de los problemas al importar pequeñas cantidades de dispositivos.

Riesgo 3: está previsto realizar un prototipo de respaldo, para que en caso de falla o destrucción, aún exista la posibilidad de proveer el entregable principal. Este tendrá las mismas características funcionales que el prototipo principal.

- Severidad ( $S^*$ ): 4, a pesar de que existe un prototipo de respaldo, este no será el original con el que se realizarán todas las pruebas, este es solo un respaldo.
- Probabilidad de ocurrencia ( $O^*$ ): 7, la probabilidad no disminuye ya que las pruebas se deben realizar igualmente y el riesgo de fallas se mantiene.

## 14. Gestión de la calidad

En esta sección se describen las verificaciones y validaciones para los requerimientos definidos como críticos:

- Req 1.1.1.1) El prototipo debe permitir controlar el caudal de líquido dosificado en milímetros cúbicos por minuto.
  - Verificación: se ingresarán distintos valores a través de la interfaz gráfica y se controlará el volumen del líquido expedido por el sistema luego de un minuto.
  - Validación: el cliente inspeccionará el caudal y el volumen expedido a través un método elegido por él.
- Req 1.1.1.2) La muestra de caudal debe poder ser adquirida desde una señal provista por un caudalímetro.
  - Verificación: se utilizarán distintos valores y puntos de trabajos simulando la señal de un caudalímetro real.
  - Validación: se instalará el prototipo junto al sistema electromecánico y se conectará a la señal del caudalímetro para validar su funcionamiento.
- Req 1.1.1.4) El sistema de control debe permitir que el usuario ingrese un valor como punto de trabajo o admitir un valor de referencia externo que funcione como punto de trabajo variable.
  - Verificación: se cambiará la configuración del parámetro de entrada del sistema de control durante su funcionamiento, para contrastar si su valor de salida se modifica correctamente.

- Validación: se inyectará una señal que simule un parámetro variable que cambia el punto de trabajo del dosificador, observando el comportamiento a la salida del sistema.
- Req 1.1.1.6) El sistema debe lograr el equilibrio en un tiempo acotado, en función del proceso en el que se utilizará, siendo este tiempo menor a 3 segundos.
  - Verificación: se calculará el tiempo de establecimiento del sistema de control.
  - Validación: se realizarán pruebas con parámetros estáticos y variables para corroborar el tiempo de establecimiento del caudal.
- Req 1.1.2.1) La interfaz debe permitir configurar la dosis y cambiar el modo de funcionamiento.
  - Verificación: se implementarán pruebas de interfaz gráfica y teclado, para verificar las distintas combinaciones de manipulación del menú y la configuración.
  - Validación: el usuario navegará por todo los menús y configuraciones antes y durante el funcionamiento.
- Req 1.1.2.3) El teclado debe permitir ingresar el valor de dosificación de forma numérica, además de incluir las funciones para cambiar de menú, encender y apagar la bomba, y navegar dentro del menú.
  - Verificación: se le entregará al cliente un documento previo con las distintas presentaciones de datos, modos de configuración y menús que tendrá el sistema. Este será desarrollado a partir de todas las funcionalidades verificadas durante las pruebas de interfaz de usuario.
  - Validación: el cliente podrá corroborar lo solicitado durante la navegación en el menú del sistema.
- Req 1.1.2.4) El prototipo debe mostrar señales lumínicas en función del estado de la alimentación, modo de funcionamiento y alarmas.
  - Verificación: se generarán fallas y estados de alerta que permitan corroborar las salidas del sistema de control.
  - Validación: durante las pruebas finales, se generarán fallas no destructivas para corroborar el correcto funcionamiento.
- Req 1.1.3.1): El sistema de alimentación debe poder ser conectado a una línea de alimentación de 12 Volts C.C. y adaptar esta tensión a lo requerido por el dosificador.
  - Verificación: se constatarán los valores de tensión de entrada y salida del sistema de alimentación.
  - Validación: una vez instalado el prototipo, se constatarán los valores de entrada y salida del sistema de alimentación.
- Req 1.1.3.2): El usuario debe poder encender o apagar el sistema de alimentación y, en consecuencia, el dosificador.
  - Verificación: se simulará el sistema de encendido y apagado de alimentación.
  - Validación: el cliente realizará pruebas de corte y encendido de alimentación.

- Req 1.1.3.3): El controlador debe poder apagar el sistema de alimentación, como así también limitar y aislar los puntos de falla, como el sistema de accionamiento a definir.
  - Verificación: se realizarán pruebas controladas, que simulen un estado de falla eléctrico, para forzar el sistema de apagado automático.
  - Validación: se forzará una falla de baja tensión de entrada, para generar una alarma.

## 15. Procesos de cierre

- Pautas de trabajo que se seguirán para analizar si se respetó el Plan de Proyecto original:
  1. Responsable: Federico Leonardo Alderisi.
  2. Se corroborará que los requerimientos se hayan cumplido, que las verificaciones y validaciones hayan sido correctamente elegidas y constatará si el tiempo dedicado coincidió con la planificación.
- Identificación de las técnicas y procedimientos útiles e inútiles que se emplearon, los problemas que surgieron y cómo se solucionaron:
  1. Responsable: Federico Leonardo Alderisi.
  2. Se revisará el enfoque y métodos de programación utilizados, la elección del sistema de control y la versatilidad de la interfaz gráfica desarrollada para evaluar y listar las mejoras que podrían realizarse en futuros trabajos.
- Indicar quién organizará el acto de agradecimiento a todos los interesados, y en especial al equipo de trabajo y colaboradores:
  1. Responsable: Federico Leonardo Alderisi.
  2. Se agradecerá formalmente a los colaboradores, profesores y autoridades de la especialización, como así también al cliente y a los participantes indirectos que hicieron posible el desarrollo del trabajo final.