



# Robot de exploración ambiental

Autor:

Ing. Gonzalo F. Carreño

Director:

DIRECTOR (pertenencia)

Codirector:

CODIRECTOR (FIUBA)

*Esta planificación fue realizada en el curso de Gestión de proyectos  
entre el 13 de marzo de 2023 y el 18 de mayo de 2023.*

## Índice

|   |    |
|---|----|
| 1. Descripción técnica-conceptual del proyecto a realizar . . . . . | 5  |
| 2. Identificación y análisis de los interesados . . . . .           | 6  |
| 3. Propósito del proyecto . . . . .                                 | 6  |
| 4. Alcance del proyecto . . . . .                                   | 6  |
| 5. Supuestos del proyecto. . . . .                                  | 6  |
| 6. Requerimientos . . . . .   | 7  |
| 7. Historias de usuarios ( <i>Product backlog</i> ). . . . .        | 8  |
| 8. Entregables principales del proyecto . . . . .                   | 8  |
| 9. Desglose del trabajo en tareas . . . . .                         | 9  |
| 10. Diagrama de Activity On Node. . . . .                           | 10 |
| 11. Diagrama de Gantt . . . . .                                     | 10 |
| 12. Presupuesto detallado del proyecto . . . . .                    | 13 |
| 13. Gestión de riesgos . . . . .                                    | 13 |
| 14. Gestión de la calidad . . . . .                                 | 14 |
| 15. Procesos de cierre . . . . .                                    | 15 |

## Registros de cambios

| Revisión | Detalles de los cambios realizados                               | Fecha               |
|----------|--|---------------------|
| 0        | Creación del documento   | 13 de marzo de 2023 |
| 1        | Se completa hasta el punto 5 inclusive                           | 14 de marzo de 2023 |
| 2        | Se completa hasta el punto 9 inclusive y se agregan correcciones | 21 de marzo de 2023 |

## Acta de constitución del proyecto

Buenos Aires, 13 de marzo de 2023

Por medio de la presente se acuerda con el Ing. Ing. Gonzalo F. Carreño que su Trabajo Final de la Carrera de Especialización en Sistemas Embebidos se titulará “Robot de exploración ambiental”, consistirá esencialmente en la implementación de un prototipo de un sistema embebido para un dispositivo móvil controlado a distancia con funcionalidades que permiten explorar el entorno, y tendrá un presupuesto preliminar estimado de 600 h de trabajo y \$14.000, con fecha de inicio 13 de marzo de 2023 y fecha de presentación pública 20 de noviembre de 2023.

Se adjunta a esta acta la planificación inicial.

|                          |   |
|--------------------------|---|
| Dr. Ing. Ariel Lutenberg | - |
| Director posgrado FIUBA  | - |

DIRECTOR  
Director del Trabajo Final

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

El presente proyecto es un emprendimiento personal que busca volcar los conocimientos aprendidos de diseño y programación de sistemas embebidos tomando como caso de uso un robot de exploración ambiental.

En una primera el dispositivo versión tendrá las funciones básicas de poder desplazarse, sensar el medio ambiente, ser controlado por un mando a distancia de manera cableada y comunicar las diferentes mediciones al control de mandos para su visualización.

**Estado del arte:** los robots exploradores son dispositivos robotizados que han sido creados con el fin de reconocer y explorar un lugar o terreno siendo capaces de moverse de forma autónoma o controlados por personas a control remoto. Su objetivo es evitar poner en riesgo la vida de los humanos, ya sea debido a que el lugar es inaccesible o porque se encuentra en una zona contaminada. Tienen como finalidad hacer reconocimiento allí en donde el hombre no puede llegar por ser una zona inaccesible o porque supondría un peligro para la salud. También son utilizados en lugares de difícil acceso, a donde sí que podría llegar una persona solo que empleando más tiempo y recursos económicos. Una de sus principales características es que están diseñados para moverse por terrenos con alta dificultad para desplazarse. En función de las necesidades del entorno en el que van a trabajar, disponen de diferentes sistemas de motricidad, como son los bípedos o cuadrúpedos, a los que hay sumar los que se mueven por medio de una oruga. En cuanto a la forma de control, se pueden manejar por control remoto, habiendo equipos más sofisticados que gracias a aplicaciones controladas por Inteligencia Artificial están preparados para desplazarse y tomar decisiones de forma autónoma. Algunos de los tipos de robots exploradores más conocidos son: robots exploradores espaciales, robots exploradores de minas, robots exploradores de rescate en catástrofes, robots exploradores de tuberías, robots exploradores acuáticos y/o submarinos, etc.

En el siguiente diagrama se puede apreciar el diseño a alto nivel del sistema embebido del robot.

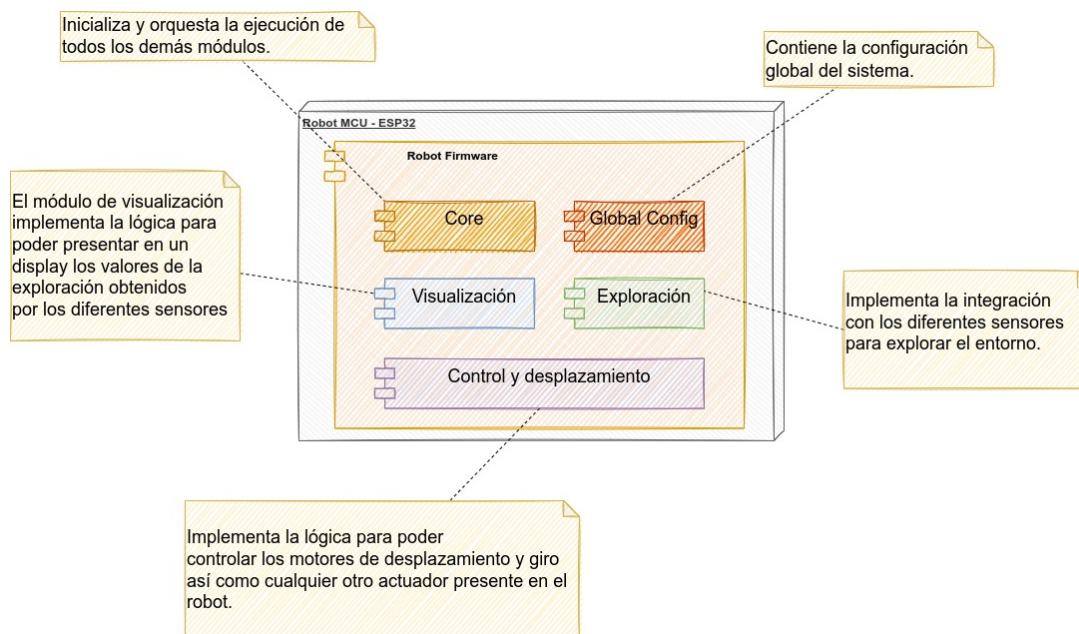


Figura 1. Diagrama en bloques del sistema.

## 2. Identificación y análisis de los interesados

A continuación se enumeran los diferentes roles e individuos que participarán en el proyecto.

| Rol         | Nombre y Apellido       | Organización | Puesto                 |
|-------------|-------------------------|--------------|------------------------|
| Cliente     | -                       | -            | -                      |
| Responsable | Ing. Gonzalo F. Carreño | FIUBA        | Alumno                 |
| Orientador  | DIRECTOR                | pertenencia  | Director Trabajo final |

## 3. Propósito del proyecto

El propósito de este proyecto es volcar en un caso de la industria los conocimientos más importantes aprendidos en la especialización de sistemas embebidos.

Finalmente, cabe destacar, que si bien el robot de exploración ambiental del presente proyecto es una implementación abstracta con a funcionalidades genéricas (detalladas más adelante en la sección Alcance del Proyecto), su arquitectura podría ser extrapolada a casos de uso más interesantes y de valor en la industria como por ejemplo la exploración de suelos en el agro, la exploración submarina para la perforación de pozos de petróleo, o los antes mencionados en el estado del arte.

## 4. Alcance del proyecto

Las funcionalidades incluidas en el alcance del proyecto serán:

- Sistema de desplazamiento terrestre.
- Operaciones de exploración (como por ejemplo medición de humedad, temperatura, presencia de gas, etc).
- Visualización de estado de exploración (lecturas de los sensores).
- Sistema de control por medio de un Joystick cableado.

Queda fuera del alcance:

- locomocion por cualquier otro medio que no sea terrestre,
- cualquier otra función no contemplada en este alcance.

## 5. Supuestos del proyecto

Para el desarrollo del presente proyecto se supone que:

- será posible conseguir los componentes materiales necesarios,

- se dispondrá del conjunto de librerías, drivers y APIs de bajo nivel para el desarrollo de las funcionalidades planteadas en el alcance sin ser necesario el desarrollo de drivers y dichos componentes de bajo nivel,
- los componentes open source de la comunidad de software libre utilizados a bajo nivel para el acceso al hardware de sensores y actuadores se encontrara estable para que su integración en el proyecto no resulte en desvíos,
- tanto el prototipado de los componentes de software del sistema embebido como el ensamblado de los componentes de hardware del dispositivo no producirán desvíos considerables en el plan,
- no habrá desvíos otros desvios no contemplados en el plan que impidan o demoren entregas en el proyecto,
- el comité académico encargado de la corrección tendrá disponibilidad para realizar la evaluación en las fechas planificadas de entrega,
- el director asignado tendrá la disponibilidad de tiempo para darle seguimiento al proyecto.

## 6. Requerimientos

A continuación se listan los requerimientos del producto:

### 1. Requerimientos funcionales

- 1.1. El sistema debe contar con funciones de desplazamiento para poder moverse hacia adelante y atrás, y poder girar radialmente hasta un ángulo de 360 grados.
- 1.2. El sistema debe ser capaz de realizar las siguientes operaciones de exploración:
  - 1) medición de humedad en el ambiente
  - 2) medición de temperatura en el ambiente
  - 3) medición de luminosidad en el ambiente
  - 4) detección de gas en el ambiente
- 1.3. El sistema debe poder ser controlado a distancia mediante un joystick para que el dispositivo pueda realizar sus movimientos. En caso de que alguna de sus operaciones de exploración requiera algún mecanismo de control, el mismo también será integrado en el joystick.
- 1.4. El sistema debe proveer un mecanismo de visualización de las operaciones de exploración al usuario que controla el dispositivo para poder ver el estado y lectura de las operaciones de exploración.

### 2. Requerimientos de documentación

- 2.1. Se debe incluir documentación de arquitectura técnica a alto nivel del diseño del sistema.
- 2.2. Se debe incluir documentación de técnica nivel detallado de la implementación del software.
- 2.3. Se debe incluir documentación de técnica nivel detallado de la implementación del hardware.

- 2.4. Se debe incluir manual de usuario.
- 3. Requerimiento de testing
  - 3.1. Se debe incluir tests de integración de componentes
- 4. Requerimientos de la interfaz
  - 4.1. La interfaz de usuario debe permitir visualizar las lecturas de cada uno de los sensores
  - 4.2. Debe haber una pequeña leyenda de que magnitud se está midiendo y la unidad de medida utilizada junto con el valor,
- 5. Requerimientos opcionales
  - 5.1. De interfaz: Se permite agregar cualquier otra interfaz adicional que agregue mejoras en la experiencia de usuario
  - 5.2. De operaciones de exploración: Se permite agregar cualquier otra operación adicional de exploración que agregue valor a exploración.
  - 5.3. De comunicación: Se permite agregar comunicación inalámbrica.

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

A continuacion se listan las historias de usuario. La ponderacion de *story points* se realiza considerando 1 punto = 1 hora:

- (150 puntos) Como explorador quiero ver las lecturas de exploración en un display, indicando las magnitudes y unidades usadas para saber lo que el robot está midiendo.
- (100 puntos) Como explorador quiero que el robot pueda medir presencia de gas para que sea de utilidad en la aplicaciones de mineria y excavación.
- (100 puntos) Como explorador quiero que el robot pueda medir temperatura y humedad para que sea de utilidad en aplicaciones donde sea necesario determinar la temperatura y humedad ambiental en un lugar remoto y una persona no pueda/deba acceder.
- (100 puntos) Como explorador quiero que el robot pueda medir luminosidad ambiental para poder usarlo en aplicaciones de mineria.
- (150 puntos) Como explorador quiero un joystick para poder controlar los movimientos del robot.

## 8. Entregables principales del proyecto

Los entregables del proyecto son:

- Documentación:
  - 1. Manual de usuario
  - 2. Documentación de arquitectura técnica del sistema



3. Documentación técnica de diseño de software
  4. Documentación técnica de diseño de hardware
- Código fuente del firmware
  - Video demostrativo de uso
  - Informe final

## 9. Desglose del trabajo en tareas

El conjunto de actividades y tareas que se realizarán durante el proyecto son:

1. POC (prueba de concepto), experimentación y prototipado
  - 1.1. POC de plataforma base (24 h)
  - 1.2. POC e integración de sensor de temperatura y humedad en plataforma base (24 hs)
  - 1.3. POC e integración de sensor de luminosidad en plataforma base (24 h)
  - 1.4. POC e integración de sensor de gas en plataforma base (24 h)
  - 1.5. POC e integración de motores en plataforma base (24 h)
  - 1.6. POC e integración de joystick en plataforma base (24 h)
  - 1.7. POC e integración de display en plataforma base (24 h)
2. Set-up ambiente de integración continua (actividad opcional)
  - 2.1. Set-up imagen Docker con código de proyecto (24 h)
  - 2.2. Set-up servicio de integración continua cloud (24 h)
  - 2.3. Configuración con Github para tomar los commits y ejecutar los builds (24 h)
3. Diseño y desarrollo de funcionalidades
  - 3.1. Diseño del framework de orquestación de componentes (24 h)
  - 3.2. Desarrollo de funcionalidad de medición de temperatura y humedad (16 h)
  - 3.3. Desarrollo de funcionalidad de medición de gas (16 h)
  - 3.4. Desarrollo de funcionalidad de medición de luminosidad (16 h)
  - 3.5. Desarrollo de funcionalidad de medición de desplazamiento (16 h)
  - 3.6. Desarrollo de funcionalidad de medición de comandos en el joystick analógico (16 h)
  - 3.7. Desarrollo de funcionalidad de escritura y formato de valores en el display (16 h)
4. Testing
  - 4.1. Desarrollo de tests de integración de sensores (24 h)
  - 4.2. Desarrollo de tests de integración de display (24 h)
  - 4.3. Desarrollo de tests de integración de joystick (24 h)
  - 4.4. Desarrollo de tests de integración de motores (24 h)
5. Ensamblado del hardware

- 5.1. Ensamblado del joystick (36 h)
- 5.2. Ensamblado del robot (36 h)
- 6. Funcionalidades extras (actividad opcional)
  - 6.1. POC comunicación inalámbrica (36 h)
  - 6.2. POC dispositivo de video camara integrada (36 h)

Cantidad total de horas: (600 h)

## 10. Diagrama de Activity On Node

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

Figura 2. Diagrama de *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:

## 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 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.

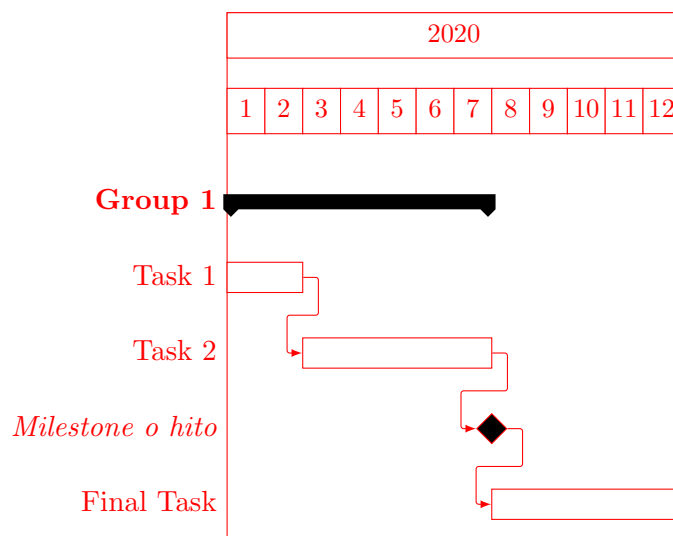


Figura 3. Diagrama de Gantt de ejemplo



Figura 4. Ejemplo de diagrama de Gantt rotado

## 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**.

| 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):
- Ocurrencia (O):

Riesgo 3:

- Severidad (S):

■ Ocurrecia (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).

## 14. Gestión de la calidad

Para cada uno de los requerimientos del proyecto indique:

- Req #1: copiar acá el requerimiento.
  - 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, 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.