



# Open Drone

Autor:

Ing. Daniel David Albarracin

Director:

Ing. Juan Manuel Cruz - A Definir (FIUBA)

*Esta planificación fue realizada en el curso de Gestión de proyectos  
entre el 20 de Agosto de 2024 y el 8 de Octubre 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. . . . .	8
6. Requerimientos . . . . .	8
7. Historias de usuarios ( <i>Product backlog</i> ). . . . .	9
8. Entregables principales del proyecto . . . . .	9
9. Desglose del trabajo en tareas . . . . .	10
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	20 de Agosto de 2024

## Acta de constitución del proyecto

Buenos Aires, 20 de Agosto de 2024

Por medio de la presente se acuerda con el Ing. Daniel David Albarracin que su Trabajo Final de la Carrera de Especialización en Sistemas Embebidos se titulará “Open Drone” y consistirá en la implementación de un prototipo experimental de un drone de bajo coste. El trabajo tendrá un presupuesto preliminar estimado de 640 horas y un costo estimado de \$ 300.000, con fecha de inicio el 20 de Agosto de 2024 y fecha de presentación pública el 31 de Marzo de 2025.

Se adjunta a esta acta la planificación inicial.

Dr. Ing. Ariel Lutenberg  
Director posgrado FIUBA

Comite evaluador  
CESE - FIUBA

Ing. Juan Manuel Cruz - A Definir  
Director del Trabajo Final

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

La actualidad ha popularizado el uso y desarrollo de la industria de los drones debido a su versatilidad en amplios ámbitos de aplicación. Su uso puede hallarse en campos de investigación, agricultura, seguridad, adquisición de imágenes, militar e incluso recreativo, por solo enumerar algunos campos.

El presente trabajo, de carácter personal, desarrolla un prototipo de drone experimental de bajo costo con componentes disponibles en el mercado.

El desarrollo de un modelo prototipo de un drone permite la puesta en marcha, verificación y realización de pruebas de las partes funcionales resguardando la integridad del producto.

El sistema embebido a desarrollar permitirá realizar la función de controlador de vuelo (FC por sus siglas en inglés). El FC basado en un microcontrolador debe ser el punto central de comunicación entre todos los elementos de entrada y salida. En tal sentido y en base a la placa Núcleo STM32F4 funcionando como FC, se desarrollarán las interfaces de hardware y software para lograr la interacción con los componentes mínimos necesarios para un disponer de drone funcional.

El mercado de los drones abunda en ofertas de distinta calidad, orientadas principalmente a uso recreativo y a uso profesional. En el primer grupo se encuentran drones de bajo costo y baja calidad, mientras que en el otro segmento las soluciones son cerradas y de precio prohibitivo.

El presente proyecto intenta solventar una doble necesidad: por un lado disponer de un drone funcional a precio asequible y por otro, dar acceso a la información en forma detallada de su desarrollo para ser modificado, editado y copiado sin fines de lucro.

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

Se observa que el FC es el punto de interconexión entre las entradas (IMU, GPS, UltraSonido, barómetro y Rx) y las salidas (Brushless Engine y Telemetría). .

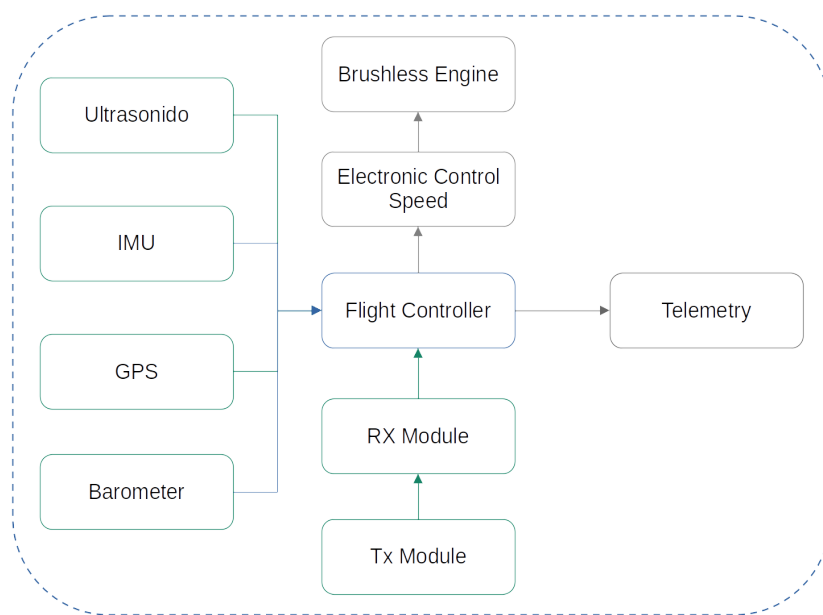


Figura 1. Diagrama en bloques del sistema.

## 2. Identificación y análisis de los interesados

Rol	Nombre y Apellido	Organización	Puesto
Auspiciante	-	-	-
Cliente	Comite evaluador	CESE - FIUBA	-
Impulsor	-	-	-
Responsable	Ing. Daniel David Albarracin	FIUBA	Alumno
Colaboradores	-	-	-
Orientador	Ing. Juan Manuel Cruz - A Definir	FIUBA	Director del Trabajo Final
Equipo	- -		
Opositores			
Usuario final	Aficionados	Publico en general	

## 3. Propósito del proyecto

Disponibilizar de forma libre la documentacion, codigo y detalles de implementacion y explicacion teorica de un drone funcional basado en el microcontrolador STM32F4 y perifericos asociados.

## 4. Alcance del proyecto

A continuacion se listan los alcances del proyecto en lo concerniente al desarrollo de software, hardware y documentacion.

El proyecto incluye:

- Software.
  - Desarrollo de firmware de motor brushless
  - Desarrollo de firmware de GPS
  - Desarrollo de firmware de tarjeta SD
  - Desarrollo de firmware de IMU
  - Desarrollo de firmware de ultrasonido
  - Desarrollo de firmware de barometro
  - Desarrollo de firmware de control de velocidad
  - Desarrollo de firmware de control de potencia
  - Desarrollo de firmware de Rx RF
  - Desarrollo integral sobre sistema de tiempo real (FreeRTOS)
- Hardware.
  - Un motor brushless (a definir)
  - Un modulo GPS - (U-blox / NEO-6m)
  - Una interface con tarjeta SD (Generic - a definir)
  - Un sensor de ultrasonido (Generic - a definir)
  - Un modulo de medicion inercial (IMU / MPU9250)
  - Un modulo de medicion de presion (BMP280)
  - Un receptor de radio frecuencia Rx RF (FLYSKY/ FS-IA6R - A definir)
  - Un transmisor de radio frecuencia Tx RF (FLYSKY / FS-I6x - A definir)
  - Desarrollo prototipo de PCB para control de velocidad
  - Desarrollo prototipo de PCB para control de potencia
  - Una bateria LiPo - A definir
- Documentacion.
  - Documentacion teorica y de implementacion de GPS
  - Documentacion teorica y de implementacion de motor brushless y modulo de control de velocidad
  - Documentacion teorica y de implementacion de medidor inercial
  - Documentacion teorica y de implementacion de barometro
  - Documentacion teorica y de implementacion de Tx RF
  - Esquematicos de desarrollo de PCB para control de velocidad
  - Esquematicos de desarrollo de PCB para control de potencia
  - Documentacion de Integracion

El proyecto no incluye:

- General.

- Chasis mecanico de soporte
- Pruebas en vuelo
- Transimision de video
- No transmitira datos al receptor
- Compatibilidad electromagnetica
- Software.
  - Compatibilidad con diferentes tipos de modulos y fabricantes
  - Compatibilidad con protocolos no desarrollados en el proyecto
  - Portacion a otro sistema de tiempo real
  - Portacion a otro microcontrolador
- Hardware.
  - Desarrollo comercial de PCB para el controlador de velocidad
  - Desarrollo comercial de PCB para el controlador de potencia

## 5. Supuestos del proyecto

Para el desarrollo del presente proyecto se realizan los siguientes supuestos:

- Realizacion de analisis de características y alternativas de componentes
- Los modulos y elementos electronicos seran adquiridos en el mercado local.
- Se contara con la orientacion tecnica de un director para el desarrollo de software
- se contara con la orientacion tecnica de un colaborador para el desarrollo de hardware
- Se dispondra de los medios economicos para la adquisicion de compoentes
- Se dispondra de una carga horaria media de 20 hs semanales

## 6. Requerimientos

Los requerimientos deben enumerarse y de ser posible estar agrupados por afinidad, por ejemplo:

### 1. Requerimientos funcionales:

- 1.1. El sistema debe...
- 1.2. Tal componente debe...
- 1.3. El usuario debe poder...

### 2. Requerimientos de documentación:

- 2.1. Requerimiento 1.
- 2.2. Requerimiento 2 (prioridad menor)



3. Requerimiento de testing...
4. Requerimientos de la interfaz...
5. Requerimientos interoperabilidad...
6. etc...

Leyendo los requerimientos se debe poder interpretar cómo será el proyecto y su funcionalidad.

Indicar claramente cuál es la prioridad entre los distintos requerimientos y si hay requerimientos opcionales.

**!!!No olvidarse de que los requerimientos incluyen a las regulaciones y normas vigentes!!!**

Y al escribirlos seguir las siguientes reglas:

- Ser breve y conciso (nadie lee cosas largas).
- Ser específico: no dejar lugar a confusiones.
- Expresar los requerimientos en términos que sean cuantificables y medibles.

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

Descripción: en esta sección se deben incluir las historias de usuarios y su ponderación (*history points*). Recordar que las historias de usuarios son descripciones cortas y simples de una característica contada desde la perspectiva de la persona que desea la nueva capacidad, generalmente un usuario o cliente del sistema. La ponderación es un número entero que representa el tamaño de la historia comparada con otras historias de similar tipo.

Se debe indicar explícitamente el criterio para calcular los *story points* de cada historia.

El formato propuesto es:

1. “Como [rol] quiero [tal cosa] para [tal otra cosa].”  
*Story points*: 8 (complejidad: 3, dificultad: 2, incertidumbre: 3)

## 8. Entregables principales del proyecto

Los entregables del proyecto son (ejemplo):

- Manual de usuario.
- Diagrama de circuitos esquemáticos.
- Código fuente del firmware.

- Diagrama de instalación.
- Memoria del trabajo final.
- etc...

## 9. Desglose del trabajo en tareas

El WBS debe tener relación directa o indirecta con los requerimientos. Son todas las actividades que se harán en el proyecto para dar cumplimiento a los requerimientos. Se recomienda mostrar el WBS mediante una lista indexada:

### 1. Grupo de tareas 1 (suma h)

- 1.1. Tarea 1 (tantas h)
- 1.2. Tarea 2 (tantas h)
- 1.3. Tarea 3 (tantas h)

### 2. Grupo de tareas 2 (suma h)

- 2.1. Tarea 1 (tantas h)
- 2.2. Tarea 2 (tantas h)
- 2.3. Tarea 3 (tantas h)

### 3. Grupo de tareas 3 (suma h)

- 3.1. Tarea 1 (tantas h)
- 3.2. Tarea 2 (tantas h)
- 3.3. Tarea 3 (tantas h)
- 3.4. Tarea 4 (tantas h)
- 3.5. Tarea 5 (tantas h)

Cantidad total de horas: tantas.

**¡Importante!:** la unidad de horas es h y va separada por espacio del número. Es incorrecto escribir “23hs”.

**Se recomienda que no haya ninguna tarea que lleve más de 40 h.** De ser así se recomienda dividirla en tareas de menor duración.

## 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 2. 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 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.

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.

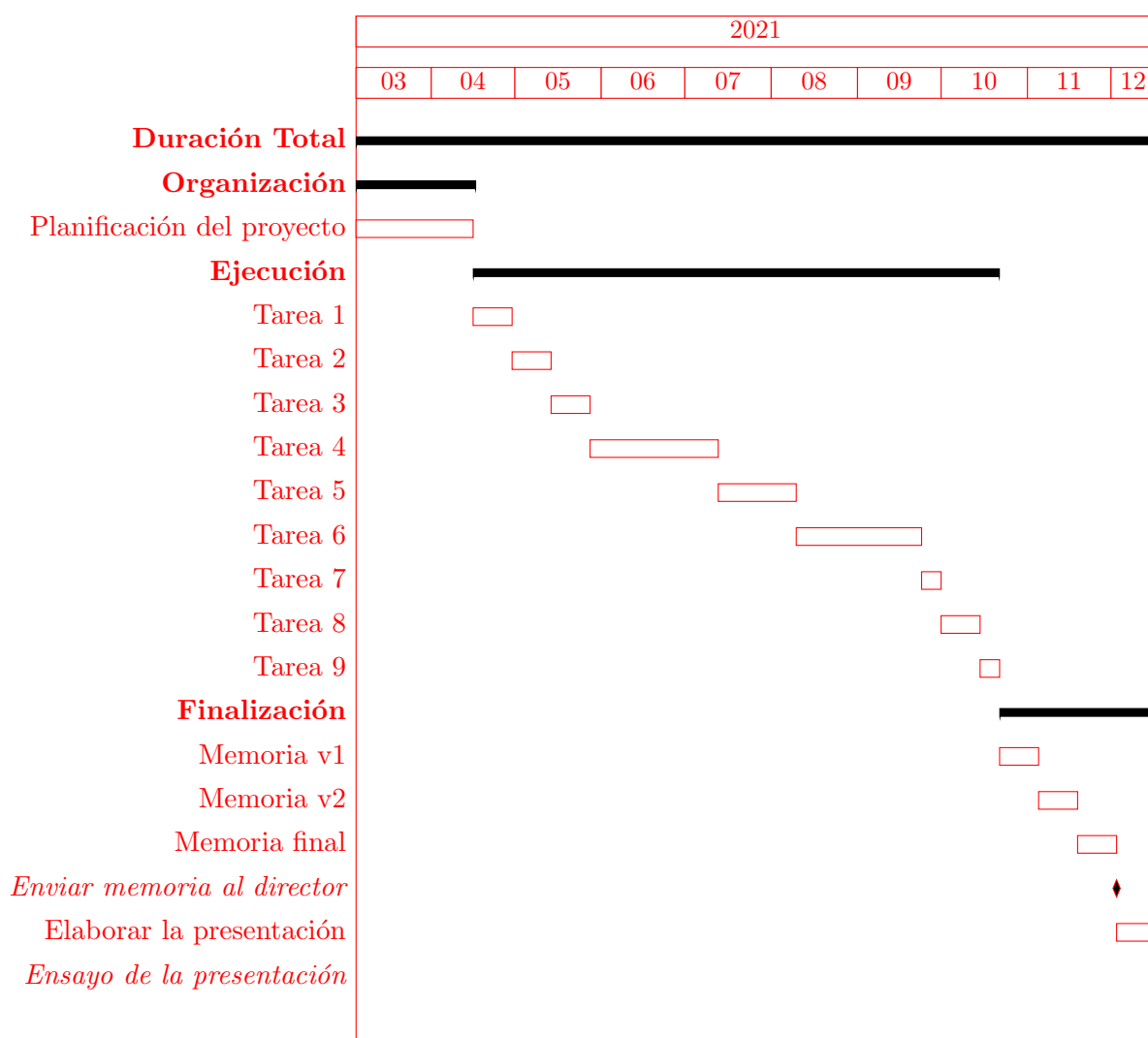


Figura 3. Diagrama de gantt de ejemplo



Figura 4. 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...

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

Riesgo 3:

- Severidad (S): X.  
Justificación...
- Ocurrencia (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.