



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL LITORAL**  
Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas

PROPUESTA DE PROYECTO FINAL DE CARRERA  
INGENIERÍA INFORMÁTICA

**DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA PLATAFORMA PARA EL  
GUIADO Y NAVEGACIÓN DE UN VEHÍCULO AÉREO NO TRIPULADO:  
INSTRUMENTACIÓN Y VUELO DE UN CUADRICÓPTERO**

Alumno: Bastida Eric

Director: Dra. Marina Murillo

Co-Director: Ing. Nahuel Deniz

Asesor temático: Ing. Guido Sánchez

Santa Fe, Agosto de 2017

# Índice

<b>Resumen</b>	<b>2</b>
<b>Justificación</b>	<b>3</b>
<b>Objetivos</b>	<b>5</b>
<b>Alcance</b>	<b>5</b>
<b>Metodología</b>	<b>7</b>
<b>Plan de tareas y actividades</b>	<b>10</b>
<b>Cronograma</b>	<b>11</b>
<b>Informes de avance</b>	<b>12</b>
<b>Riesgos</b>	<b>13</b>
<b>Recursos necesarios y disponibles</b>	<b>15</b>
<b>Presupuesto</b>	<b>15</b>
<b>Bibliografía</b>	<b>17</b>

# Resumen

Últimamente se ha visto que el mercado de los vehículos aéreos no tripulados (UAVs) o mejor conocidos como *drones* se está expandiendo a usos cotidianos en la sociedad, algunos ejemplos pueden ser como: misiones de búsqueda y rescate, inspección de líneas eléctricas, actividades agrícolas, recolección de imágenes, seguridad, lucha contra incendios forestales, entre otros. Sin embargo, en la actualidad hay pocos softwares que permiten implementar algoritmos e ideas sobre vehículos de estas características. Para solventar este problema, en este proyecto se propone la instrumentación de un cuadricóptero, considerando cada etapa del armado del mismo: desde el ensamblado hasta la prueba de vuelo. Luego, para evaluar el comportamiento de este vehículo, se desarrollará una plataforma que provea las funcionalidades a más alto nivel con el propósito de poder implementar sus correspondientes acciones de una manera mucho más fácil para el usuario común. Además, el software tendrá la característica de tener el código fuente para su libre modificación, es decir, *open source*.

**Palabras clave - UAVs, drone, cuadricoptero, plataforma, open source.**

# Justificación

Una de las áreas de la aviación que ha experimentado un rápido crecimiento es aquella relacionada con los vehículos aéreos no tripulados (UAVs). Esta clase de vehículos pueden ser operados de forma remota o totalmente autónoma [4,5], presentan reducidos costos de operación y además no ponen en riesgo al operador. En los últimos años han ganado gran interés debido a su utilización en misiones de búsqueda y rescate [6], inspección de líneas eléctricas [7], actividades agrícolas [8], recolección de imágenes [9], seguridad [10], lucha contra incendios forestales [10, 11], entre otros.

Los UAVs pueden implementarse a través de los dos tipos de vehículos aéreos disponibles: aviones o multirrotores (dentro de este último grupo se encuentran los cuadricópteros). Esto hace que los UAVs resultantes presenten características dinámicas y prestaciones (autonomía, maniobrabilidad, capacidad de carga, etc.) muy definidas y diferentes. Los aviones son capaces de recorrer grandes distancias empleando poca energía, gracias a la sustentación provista por las alas, de modo que el UAV resultante tiene una gran autonomía. Sin embargo, las maniobras necesarias para relevar la información son muy complicadas o requieren de sistemas de control avanzados. Por otro lado, los cuadricópteros se caracterizan por su maniobrabilidad y su capacidad de vuelo estacionario (*hovering*), lo que los hace particularmente aptos para la recolección de información en un punto determinado.

Actualmente en el mercado nacional no se han reportado empresas que se dediquen al desarrollo de UAVs, siendo los mismos importados, tanto su hardware como su software. Por otro lado, los UAVs disponibles no son open source, lo cual implica que la adaptación de los mismos a las necesidades de clientes y/o empresas se ve dificultada. Desde el punto de vista académico-científico, la posibilidad de implementar algoritmos propios en este tipo de vehículos comerciales es prácticamente nula. Si bien existen empresas que se dedican al desarrollo de UAVs *open source*, como lo es la empresa española *Erle Robotics*<sup>1</sup>, los costos de adquisición de dichos vehículos son bastante elevados.

De lo expuesto anteriormente se desprende la necesidad de contar con una plataforma de desarrollo para UAVs. Una plataforma para este tipo de vehículos, es un sistema que sirve como base para hacer funcionar los módulos de hardware o de software. En lo que concierne al hardware hacemos referencia a los componentes electrónicos del UAVs como pueden ser:

- Motores.
- Sensores como acelerómetros, giroscopios, magnetómetros, etc.
- Periféricos de entrada y/o salida tales como tarjeta SD, puertos USB, entre otros.

Para poder obtener información de cada componente y gestionar sus interacciones es necesario que un software administre en un segundo plano estas tareas, y que de forma sencilla proporcione al usuario funcionalidades para manipular estos componentes electrónicos, con el propósito de realizar acciones de navegación sobre el vehículo, como pueden ser:

- Despegar (Take off).

---

<sup>1</sup> <http://erlerobotics.com/>

- Mantenerse suspendido (hovering).
- Desplazarse.

Con el objetivo de solventar las deficiencias presentes en proyectos del mercado, tales como código privativo y escasa visualización de datos en forma evolutiva, se propone realizar el proyecto *open source* e implementar un módulo de visualización de datos a través del tiempo, este tiene el propósito de monitorear y controlar las variables de estado y controles del vehículo.

De esta forma, la realización del PFC propuesto será de gran utilidad para el desarrollo de cualquier otro tipo de proyecto que involucre vehículos autónomos, ya que facilitará la tarea del operador para que el mismo enfoque su atención en sus propios objetivos.

Para la realización del PFC, se tendrá a disposición el equipamiento e instalaciones del Instituto de Investigación en Señales, Sistemas e Inteligencia Computacional (*sinc(i)*), donde desempeñan sus actividades de investigación los directores propuestos. El *sinc(i)* fue creado en 2004 por la Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas (FICH) de la Universidad Nacional del Litoral (UNL), siendo reconocido como unidad ejecutora de doble dependencia UNL-CONICET en 2014. Las tareas de investigación en el *sinc(i)* tienen como objetivo desarrollar nuevos algoritmos para el aprendizaje automático, procesamiento de señales, modelado y análisis de sistemas complejos, proporcionando tecnologías innovadoras para el avance de la salud, la agricultura de precisión, la bioinformática, la energía, los sistemas autónomos e interfaces hombre-máquina. El *sinc(i)* posee la infraestructura necesaria para el correcto desempeño del PFC propuesto, a saber: espacio físico, equipamiento informático, laboratorio de electrónica, software, códigos y algoritmos propios. Recientemente ha adquirido computadoras modelo Raspberry Pi<sup>2,3</sup> que operan en conjunto con placas Navio2<sup>4,5</sup>, las cuales contienen GPS, doble IMU (unidad de medición inercial), giróscopo y barómetro, siendo de aplicación específica para navegación de vehículos autónomos. Además, cuenta con un kit de GPS con soporte de RTK (los cuales logran precisión centimétrica) y con modelos a escala de un automóvil tipo *crawler* y de un cuadricóptero. Asimismo, posee un centro de prototipado rápido que permite el desarrollo e implementación de sistemas embebidos a medida.

El desarrollo de este Proyecto Final de Carrera (PFC) impactará positivamente tanto en la industria nacional como en el ámbito académico, científico y tecnológico. En primer lugar, el alumno adquirirá el *know-how* (experiencia, conocimiento y habilidad) en el manejo de sistemas embebidos para el desarrollo de plataformas *open source* para UAVs. Además, impulsará el salto tecnológico no sólo por el desarrollo de UAVs a nivel local con fines de entretenimiento, sino que también permitirá trasladar el conocimiento adquirido a la obtención de UAVs con fines comerciales, económicos y/o sociales, entre otros, contribuyendo fuertemente al desarrollo de la industria argentina. Desde el punto de vista personal, la realización del PFC propuesto aumentará el activo de conocimientos complementarios obtenidos en la carrera Ingeniería en Informática, ya que el mismo involucra temas relacionados como redes y comunicación de datos, sistemas embebidos y

---

<sup>2</sup> Computadora reducida en tamaño y de bajo coste.

<sup>3</sup> <https://www.raspberrypi.org/>

<sup>4</sup> Placa electrónica con un conjunto de sensores destinados para el control de navegación.

<sup>5</sup> <https://emlid.com/introducing-navio2/>

electrónica digital. Asimismo, contribuirá en la formación práctica y experimental, lo cual, en definitiva, es fundamental para el crecimiento de un profesional en este ámbito.

## Objetivos

- Objetivo General

- ❑ Instrumentar el cuadricóptero con la Navio2 y la Raspberry Pi.
- ❑ Diseñar e implementar una plataforma de desarrollo para UAVs.

- Objetivos Específicos

- ❑ Desarrollar un módulo que permita la comunicación inalámbrica entre el cuadricóptero y una PC para procesar la información adquirida.
- ❑ Desarrollar un módulo que permita la adquisición de datos relevantes como ser posición, velocidad, aceleración y actitud.
- ❑ Desarrollar un módulo de visualización de datos en tiempo real, el cual sea capaz de mostrar los datos provenientes de sensores que poseen alta frecuencia de muestreo.
- ❑ Evaluar el funcionamiento de la plataforma desarrollada mediante la utilización de un modelo a escala de un cuadricóptero.

## Alcance

El PFC propuesto consiste en desarrollar una plataforma para UAVs, que permita el control manual del mismo, además que permita la visualización de forma gráfica de los datos que fueron adquiridos de sus correspondientes sensores. Una vez desarrollada dicha plataforma será evaluada con un UAV tipo cuadricóptero.

El desarrollo del proyecto estará restringido por las siguientes características:

1. La plataforma dispondrá del libre acceso al código fuente, es decir, de tipo *Open Source*.
2. Estará orientado al uso de computadoras de escritorio.
3. El lenguaje de codificación utilizado será Python.
4. Dispondrá de una interfaz gráfica.
5. Las opciones de navegación que tendrá el cuadricoptero serán:
  - Ascenso.
  - Descenso.
  - Hovering.

En lo que concierne a las funcionalidades de la plataforma serán limitadas por los siguientes módulos:

## **Módulo de operación manual**

El módulo perteneciente al control en modo manual será el encargado de gestionar los comandos que serán enviados desde un joystick conectado a la pc a nuestro cuadricóptero. Estos comandos determinarán los movimientos del vehículo según la restricción 5.

## **Módulo de comunicación inalámbrica**

Corresponde a la comunicación entre el ordenador y el cuadricóptero. Se desarrollará con tecnología inalámbrica, considerando un radio de cobertura según los dispositivos disponibles a nuestro alcance. Además, gestionará el tipo de comunicación entre el receptor y emisor, con eso hacemos referencia al protocolo de comunicación, velocidad de transferencia, entre otros. Por el mismo medio se transmitirán los datos obtenidos por los sensores como también las maniobras establecidas por el usuario de forma manual.

## **Módulo de gráfico de datos**

Este módulo permitirá la selección del sensor de nuestro interés, y mostrará de forma gráfica cómo evolucionan los datos que se están obteniendo de los mismos en tiempo real. Debido a que la mayoría de los sensores utilizados emplean una frecuencia de muestreo alta, es necesario utilizar librerías gráficas que sean capaces de cumplir con los requerimientos de tiempo real. Para asegurar este objetivo, se propone utilizar VisPy o similar, la cual es una librería escrita en lenguaje Python que está diseñada específicamente para la visualización interactiva de gran cantidad de datos de forma rápida, escalable y fácil.

Con respecto a la adquisición de datos de los sensores, en el mercado existe un sinfín de éstos que son de utilidad para algún problema que se quiera resolver, como podrían ser: detección de temperatura, presión, humo, obtención de imágenes mediante una cámara o la captura de un video, entre otros. En este PFC se utilizarán los sensores que nos proporciona la placa Navio2, a saber:

- ❑ 2 unidades de medición inercial MPU 9250 9DOF y LSM9DS1 9DOF. Son dispositivos electrónicos que miden e informan acerca de la velocidad, orientación y fuerzas magnéticas utilizando una combinación de acelerómetros y giróscopos.
- ❑ 1 barómetro MS5611 para medir la presión atmosférica.
- ❑ 1 sistema de navegación por satélite U-blox M8N, el cual utilizan una combinación de las tecnologías Glonass/GPS/Beidou.

# Metodología

Antes de seleccionar la metodología de desarrollo que debe seguir nuestro PFC, debemos considerar la naturaleza del mismo. A grandes rasgos este consiste en la instrumentación de un cuadricóptero y en el desarrollo de una plataforma para su control, por lo que podemos suponer que el cuadricóptero ya instrumentado no dependerá de la plataforma y viceversa; exceptuando los casos en el que se necesite comprobar la comunicación entre sí y la navegación del cuadricóptero. Por lo expuesto hasta ahora, podemos considerar que el proyecto se dividirá principalmente en dos submódulos:

- A. Instrumentación del cuadricóptero
- B. Desarrollo de una plataforma.

Por lo tanto, a fines organizativos el proyecto simulará tener una secuencia lógica de tipo paralela, pero en el fondo va a consistir simplemente en un orden secuencial ya que por limitaciones de recursos humanos existe un único personal a cargo. Otro punto importante a tener en cuenta es que la definición del proyecto ya se encuentra parcialmente estipulada, es decir, sus requerimientos generales ya están fijados y no se esperan cambios radicales en los mismos, por lo que se requiere de una metodología rígida como lo es el ciclo de vida tipo cascada, descartando los modelos evolutivos como son espiral, incremental, por prototipos, entre otros.

En consecuencia, decidimos optar por tener un ciclo de vida rígido tipo cascada, pero con la opción de realizar estos dos submódulos de forma paralela<sup>6</sup>. En consecuencia, optamos por utilizar un método cascada con subproyectos, como se puede observar en la Fig. 1.

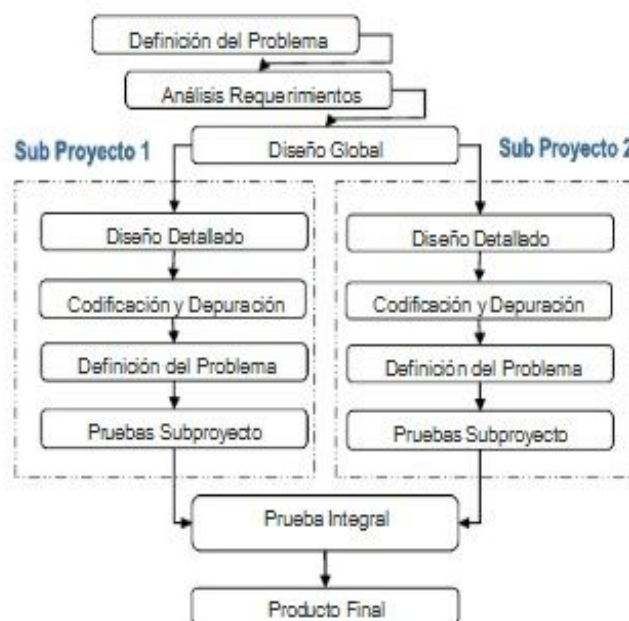


Fig. 1 - Modelo de metodología a utilizar

<sup>6</sup> Cuando nos referimos en forma paralela, hacemos referencia que las tareas se harán en forma intercalada, ya que la realización de una fase requerirá la suspensión de la otra.



En base a lo mencionado anteriormente se definen las siguientes etapas del proyecto:

## **Etapas:**

### **1. Obtención y análisis de requerimientos**

El inicio del proyecto consistirá en una entrevista con los stakeholders, con el objetivo de obtener los requerimientos necesarios para realizar el PFC como son: qué funcionalidades se desea que brinde la plataforma, que recursos (componentes del cuadricoptero) hay a disposición para la instrumentación y herramientas a utilizar, entre otras cosas. Posteriormente se realizará un estudio del estado del arte que involucre proyectos y aplicaciones similares. Por último, se seleccionará las mejores alternativas para contribuir en los requerimientos del proyecto y finalmente desarrollar un documento de requerimientos.

❑ Entregables: Documento de requerimientos.

### **2. Diseño global**

Una vez ya obtenido e interiorizado los requerimientos del proyecto, se procede a realizar el diseño de la estructura de nuestra plataforma, como son : funcionalidades que proveerá, interfaz para cada módulo (sketching) y que tipo de interacción tendrá con el cuadricoptero.

❑ Entregables: sketching, casos de usos, diagrama de clases.

#### **3.A.1 Análisis y adquisición de componentes**

En esta etapa se investigará el funcionamiento de manera detallada de cada componente perteneciente al cuadricóptero. En caso de existir faltante de recursos se procederá a buscar entre los proveedores que minimicen el tiempo y costo de adquisición.

❑ Hito 1: Componentes adquiridos.

#### **3.A.2 Instrumentación del cuadricoptero**

Se ejecutarán los pasos ya diseñados para el armado del cuadricóptero, y de manera consecutiva se configurarán cada componente para su posterior evaluación.

❑ Hito 2: Cuadricoptero armado.

#### **3.A.3 Evaluación y corrección del funcionamiento**

Se almacenarán instrucciones de forma Ad-hoc y temporal dentro de la computadora del cuadricoptero, de tal manera que se puedan comprobar el correcto funcionamiento de las maniobras que podría realizar en el futuro. Además se verificará la validez de los datos tomados por los sensores, tomando todas las medidas de seguridad que aseguren la integridad del equipo. En lo que concierne a las instrucciones serán almacenadas en un formato adaptable para el uso de la plataforma.

❑ Hito 3: Cuadricoptero en correcto funcionamiento.

### 3.B.1 Diseño detallado de la plataforma

A partir del diseño global se empiezan a diseñar de manera específica los módulos del proyecto, como lo son el módulo de control manual y el de visualización. Definiendo así la estructura de las mismas, el tipo de interfaz que tendrán y las distintas opciones que brindará, como es el caso de la representación de datos obtenidos por varios sensores.

- ❑ Entregables: Casos de usos, wireframe.

### 3.B.2 Codificación y testeo

Según lo establecido en el documento de requerimientos y en la etapa de diseño se comenzará a codificar la plataforma. De manera iterativa se comprobarán las correctas funcionalidades de la plataforma. Además, para asegurar que las instrucciones que se enviarán al cuadricóptero sean correctas, en primer instancia se utilizará la consola como método de análisis, y en caso de ser necesario se utilizará la simulación como una alternativa. Con respecto al testeo se validará mediante los stakeholders.

- ❑ Entregables: Prototipo de la plataforma.

## 4. Prueba integral de plataforma y cuadricoptero

Se evaluará mediante la plataforma la navegación del cuadricoptero con el módulo de control, y de manera conjunta la representación de los datos que se van obteniendo en tiempo real por los sensores del mismo.

- ❑ Entregables: Plataforma.
- ❑ Hito 4: Plataforma funcional.

## 5. Desarrollo del informe final

Una vez finalizada la etapa anterior se obtendrán conclusiones que serán debatidas con los stakeholders para poder realizar toda la documentación del informe final.

- ❑ Informe final del PFC.
- ❑ Hito 5: Proyecto final de carrera finalizado.

Criterio de aceptación: En lo que respecta al criterio de aceptación de los entregables, serán dictaminados por los directores, asegurando así los requerimientos estipulados desde un principio y según las necesidades o inconvenientes que se presenten.

# Plan de tareas y actividades

Para la estimación de las duraciones de cada actividad se ha utilizado la técnica de *estimación paramétrica más juicio experto*. El esfuerzo impuesto para el proyecto será de 4 hs diarias a excepción de 8hs por día cuando se ejecuten las fases 3.A y 3.B que corresponden a los dos subproyectos, destinando 4 horas a cada eje de forma intercalada de lunes a sábados, ya que existe una persona como el responsable del mismo.

ID	Tarea/Actividad	Duración [Hs]
<b>A</b>	<b>1. Obtención y análisis de requerimientos</b>	<b>32</b>
A.1	Obtener requerimientos con los stakeholders.	4
A.2	Estudiar el campo actual.	4
A.3	Analizar y negociar los requerimientos.	8
A.4	Desarrollar el documento de requerimientos.	16
<b>B</b>	<b>2. Diseño global de la plataforma</b>	<b>64</b>
B.1	Definir las interacciones del cuadricóptero y la plataforma.	24
B.2	Diseñar arquitectura de la plataforma.	40
<b>C</b>	<b>3.A.1 Análisis y adquisición de componentes</b>	<b>56</b>
C.1	Investigar la tecnología a utilizar.	20
C.2	Analizar proveedores.	4
C.3	Realizar compra y esperar adquisición.	32
<b>D</b>	<b>3.A.2 Instrumentación del cuadricoptero</b>	<b>56</b>
D.1	Ensamblar el cuadricoptero.	32
D.2	Configurar y calibrar componentes.	24
<b>E</b>	<b>3.A.3 Evaluación y corrección del funcionamiento</b>	<b>52</b>
E.1	Comprobar y corregir las maniobras generales.	20
E.2	Evaluar las instrucciones almacenadas.	16
E.3	Capturar y validar datos de los sensores.	16
<b>F</b>	<b>3.B.1 Diseño detallado de la plataforma</b>	<b>52</b>
F.1	Describir la estructura y el comportamiento de la plataforma.	28
F.2	Definir las interfaces.	24
<b>G</b>	<b>3.B.2 Codificación y testing</b>	<b>196</b>
G.1	Preparar las herramientas a utilizar.	8
G.2	Codificar la plataforma	120
G.3	Controlar y validar las funcionalidades	40
G.4	Realizar documentación de la plataforma	28
<b>H</b>	<b>4. Prueba integral de plataforma y cuadricoptero</b>	<b>32</b>
H.1	Evaluar el funcionamiento del cuadricóptero y la plataforma.	20
H.2	Controlar la representación gráfica de los datos.	12
<b>I</b>	<b>5. Desarrollo del informe final</b>	<b>52</b>
I.1	Crear y debatir las conclusiones.	12
I.2	Redactar el informe final.	40
	<b>Total</b>	<b>528</b>

Tabla 1 - Plan de tareas

# Cronograma

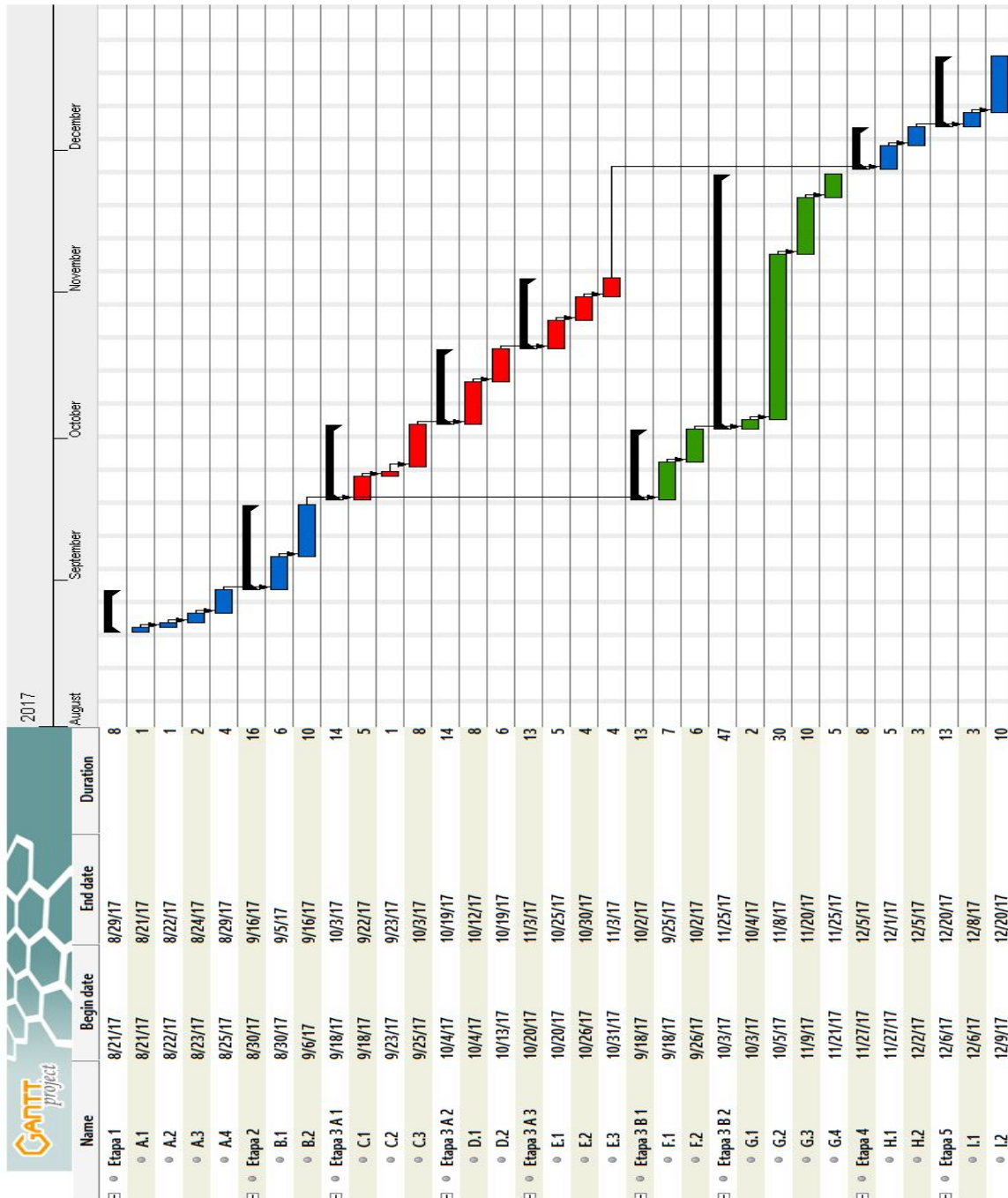


Fig. 2 - Diagrama de Gantt del proyecto

En la figura 2, tenemos la representación de las actividades a través del tiempo mediante un diagrama de Gantt, donde se muestra el orden lógico de las actividad a seguir, esto es, el conjunto de actividades a realizar en el proyecto y sus correspondientes duraciones (en días). Un punto importante a tener en cuenta en esta gráfica es que no representa de manera real la secuencia que va a seguir el proyecto, ya que en las fases 3.A y 3.B no se pueden realizar las tareas correspondientes en forma paralela, por lo que recurre a utilizar esta gráfica de manera representativa ya que las actividades se realizarán a la necesidad a la cual se requiera en dichas fichas. El inicio de proyecto se propone el día

lunes 21 de agosto del 2017, con una estimación de fecha de finalización para el 20 de diciembre del 2017. El camino crítico se representa en la figura 2, mediante una trama a rayas sobre las actividades.

## Informes de avance

A continuación se describirán los entregables que serán presentados ante la cátedra de Proyecto Final de Carrera con fines de control y/o incluir puntos de seguimiento que serán tenidos en cuenta por el alumno.

**Entregable 1:** Este informe tiene como objetivo informar sobre las etapas iniciales y aspectos generales del PFC, el mismo contendrá los requerimientos que fueron recolectados mediante sus correspondientes técnicas y análisis decisorios. Los requerimientos estarán debidamente validados por los directores y representados mediante el documento de requerimientos. Además, se adjuntan las descripciones comportamentales y estructurales de la plataforma de manera general.

Fecha de entrega: 18/09/2017

**Entregable 2:** Aquí se describe todo lo referido al subproyecto A, es decir, la instrumentación del cuadricoptero. Contendrá el análisis de la tecnología utilizada, los pasos realizados para el ensamblado del cuadricoptero, como también su configuración y los resultados de las pruebas. En el caso de presentarse problemas durante las etapas 3.A.1, 3.A.2 y 3.A.3 se adjuntará el procedimiento realizado para su solución.

Fecha de entrega: 6/11/2017

**Entregable 3:** Se describe los detalles de diseño, codificación y testing de la plataforma incluyendo además un prototipo del mismo.

Fecha de entrega: 27/11/2017

**Entregable 4:** Este informe contendrá información del avance con respecto a las pruebas de integración entre la plataforma y el cuadricoptero. Se describe como es la interacción entre ambos, las pruebas de navegación desde la computadora (emisor) y el vehículo (receptor) y resultados de la representación de datos obtenidos de manera gráfica.

Fecha de entrega: 5/12/2017

**Entregable 5:** Este último informe será el documento del proyecto final de carrera propuesto y el producto terminado.

Fecha de entrega: 22/12/2017

# Riesgos

En esta sección se identificarán los riesgos que podrían presentarse en el desarrollo del Proyecto Final de Carrera. Estos riesgos son fenómenos que pueden afectar el objetivo de nuestro proyecto, como podría ser un retraso en el cronograma por falta de algún recurso o que los resultados preliminares no están cumpliendo los objetivos establecidos y que de manera desprevénida no podamos solucionarlo, es por eso, que además desarrollaremos un plan de acción [1], este tendrá como objetivo solventar estas perturbaciones mediante técnicas o alternativas en el momento que se presenten, continuando así con el transcurso normal de nuestro proyecto.

A cada riesgo se le asignará una probabilidad de ocurrencia e impacto sobre el proyecto de manera cuantitativa y cualitativa. Una vez que tengamos los riesgos identificados con sus correspondientes características se aplicarán estrategias según la severidad del mismo; la severidad se obtendrá multiplicando la probabilidad [0 - 1] con el impacto [1 - 10]. En la tabla 2 se ven las estrategias seleccionadas según el tipo de severidad.

Severidad	Estrategia
1	Aceptar
(1, 3)	Mitigar
[3, 7)	Mitigar
[7, 10]	Evitar

Tabla 2: Estrategias según la severidad

Se identifican los siguientes riesgos que podrían presentarse en el transcurso, descartando los riesgos que no afecten de manera significativa a los objetivos del proyecto.

ID: R001	Título: Falla o avería en el hardware	
<b>Descripción:</b> Al estar trabajando con hardware para el ensamblado y vuelo del cuadricóptero, y además sumando la inexperiencia del alumno en proyectos similares, existen altas probabilidades de que algún componente pueda ser quemado o sufrir algún tipo de fractura. Esto provocará vacíos temporales en el cronograma, retrasando la fecha final estimada del proyecto; ya que se deberá esperar la reposición del componente importado.		
Probabilidad: 0.8 - Alta	Impacto: 8 - Alto	Severidad: 6
<b>Estrategia: Mitigar</b>		
Estar en constante supervisión de personal idóneo en el tema en el momento de prueba del algún componente.		
<b>Plan de contingencia:</b> Tener a disposición repuestos de los componentes críticos al proyecto.		
ID: R002	Título: Disponibilidad de la directora	

<b>Descripción:</b> Por razones personales o laborales la disponibilidad de la directora puede afectar el desarrollo proyecto, provocando implementaciones erróneas y tiempos de corrección innecesarios, retrasando así el cronograma.		
<b>Probabilidad: 0.3 - Baja</b>	<b>Impacto: 7 - Medio</b>	<b>Severidad: 2</b>
<b>Estrategia: Mitigar</b>		
Informar periódicamente el avance del proyecto al Co-director y seleccionar un correcto asesor temático.		
<b>Plan de contingencia:</b> Avanzar en otros aspectos del proyecto.		
<b>ID: R003</b>	<b>Título: Problemas en el vuelo</b>	
<b>Descripción:</b> Por ciertos motivos, el vuelo del cuadricóptero puede ser afectado por factores desconocidos sobre la materia, como calibración de hélices y/o cuestiones aerodinámicos, produciendo así tiempos en pruebas de ensayos y error ineficientes.		
<b>Probabilidad: 0.4 - Baja</b>	<b>Impacto: 8 - Medio</b>	<b>Severidad: 3</b>
<b>Estrategia: Mitigar</b>		
Consultar con personal experimentado en el rubro y estudiar bibliografía relacionada.		
<b>Plan de contingencia:</b> Simular el vuelo mediante software para comprobar el funcionamiento de la plataforma, con el objetivo de descartar imperfecciones en el hardware; en caso de que este sea el impedimento se procederá a sustituirlo o reemplazarlo.		
<b>ID: R004</b>	<b>Título: Daños al personal humano</b>	
<b>Descripción:</b> Las hélices del cuadricóptero giran a una gran velocidad, y en etapas de pruebas de vuelos iniciales el mismo puede perder el control y generar algún tipo de daño, ya que no se encuentran debidamente calibradas o por inexperiencia del responsable.		
<b>Probabilidad: 0.6 - Media</b>	<b>Impacto: 3 - Bajo</b>	<b>Severidad: 2</b>
<b>Estrategia: Mitigar</b>		
Realizar las pruebas iniciales sin ninguna hélice y posteriormente en un ambiente despejado.		

Tabla 3: Riesgos

# Recursos necesarios y disponibles

Actualmente para el desarrollo del proyecto contamos con los siguientes tipos de recursos

## Recursos disponibles

### Hardware:

- Notebook Asus Intel Core I3 4GB Ram, 320GB Disco rígido, pantalla 15.6".
- Raspberry pi 3.
- Estructura del cuadricóptero.
- Placa Navio2.

### Software:

- Entorno de desarrollo: Qt, Sublime Text.
- Herramienta de sincronización del proyecto y almacenamiento en nube: Github.
- Sistema Operativo: Linux.
- Entorno para la redacción de informes: Latex.

### Recursos Humanos

- Único alumno responsable del proyecto.
- Directora del proyecto.

## Recursos necesarios

- Arduino UNO.
- Joystick .
- Transmisor/Receptor RC.
- Cables.

## Presupuesto

En esta sección se establecerá el presupuesto de nuestro proyecto final de carrera, teniendo en cuenta las siguientes restricciones:

- En los bienes de capital se considera la amortización del mismo, basándonos en los datos sobre la notebook como ejemplo la amortización se obtiene de la siguiente forma:
  - Valor nuevo: \$10000.
  - Valor residual: \$1000.
  - Vida útil: 13800 hs.
  - Horas de uso = 528 hs.
  - $[(VN - VR) / VU] * \text{horas de uso} = \$344.$
- Las remuneraciones de los RRHH han sido extraídos de los honorarios publicados por el colegio de ingenieros especialistas de la provincia de Santa fe.



- El alumno actualmente se encuentra viviendo en su ciudad origen, por lo que se considera 5 viajes (Informes de avance + entrega final), más 3 viajes con objetivos de consultoría.
- El costo de los servicios se basan en la cantidad de meses que dura el proyecto.

Bienes de capital	Valor unitario [\$]	Cantidad	Amortización [\$]
Notebook	10000	1	344
Herramientas (tester, pinzas, destornillador)	800	1	10
Material e Insumos	Valor unitario [\$]		Precio total [\$]
Estructura del dron	1200	1	1200
Raspberry pi 3	1200	1	1200
Arduino UNO	300	1	300
Navio2	3000	1	3000
Receptor y transmisor RC	3000	1	3000
Joystick	300	1	300
Cables	100	1	100
RRHH	Valor unitario [\$]		Precio total [\$]
Horas de programador	150	528	79200
Horas de la directora	350	124	43400
Viajes y viáticos	Valor unitario [\$]		Precio total [\$]
Viajes (Federación - Santa fe)	200	16	3200
Viajes en colectivo urbano (Santa fe)	8	32	256
Otros	Valor unitario [\$]		Precio total [\$]
Acceso a internet	500	6	3000
Energía eléctrica	800	6	4800
Impresión y anillado del informe final	300	3	900
Impresión entregables	50	5	250
		<b>Total del Proyecto</b>	<b>\$144.460</b>

Tabla 4: Costos

# Bibliografía

- [1] Project Management Institute. Guía de los Fundamentos de la Dirección de Proyectos (Guía del PMBOK), Cuarta Edición. Impreso.
- [2] Sommerville, Ian. Ingeniería De Software. USA: Addison Wesley I., 1980. Impreso.
- [3] Sitio Oficial de Navio2. <https://docs.emlid.com/navio2/>. Último acceso: Mayo 2017.
- [4] Valavanis K, Oh P, Piegel LA. Unmanned Aircraft Systems: International Symposium On Unmanned Aerial Vehicles, UAV'08. Springer Science & Business Media; 2008.
- [5] Valavanis KP. Advances in Unmanned Aerial Vehicles: State of the Art and the Road to Autonomy. Springer Science & Business Media; 2008.
- [6] Doherty P, Rudol P. A UAV Search and Rescue Scenario with Human Body Detection and Geolocalization. Lecture Notes in Computer Science, n.d., p. 1–13.
- [7] Jones D. Power line inspection - a UAV concept. IEEE Forum on: Autonomous Systems, 2005. doi:10.1049/ic:20050472.
- [8] Zhang C, Kovacs JM. The application of small unmanned aerial systems for precision agriculture: a review. *Precis Agric* 2012;13:693–712.
- [9] Adams SM, Levitan ML, Friedland CJ. High Resolution Imagery Collection Utilizing Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) for Post-Disaster Studies. *Advances in Hurricane Engineering*, 2012. doi:10.1061/9780784412626.067.
- [10] Maza I, Caballero F, Capitán J, Martínez-de-Dios JR, Ollero A. Experimental Results in Multi-UAV Coordination for Disaster Management and Civil Security Applications. *Unmanned Aerial Vehicles*, 2010, p. 563–85.
- [11] Ollero A, Martínez-de-Dios JR, Merino L. Unmanned aerial vehicles as tools for forest-fire fighting. *For Ecol Manage* 2006;234:S263.