



Sistema de monitoreo de *Rhynchophorus ferrugineus* en palmeras de Montevideo

Autor:

Ing. Bruno Masoller

Director:

Ing. Juan Ignacio Cavalieri (FIUBA)

*Esta planificación fue realizada en el curso de Gestión de proyectos
entre el 15 de octubre de 2024 y el 03 de diciembre de 2024.*

Índice

1. Descripción técnica-conceptual del proyecto a realizar	5
2. Identificación y análisis de los interesados	7
3. Propósito del proyecto	7
4. Alcance del proyecto	7
5. Supuestos del proyecto.	8
6. Requisitos específicos	8
7. Historias de usuarios (<i>Product backlog</i>).	11
8. Entregables principales del proyecto	13
9. Desglose del trabajo en tareas	13
10. Diagrama de Activity On Node.	14
11. Diagrama de Gantt	16
12. Presupuesto detallado del proyecto	18
13. Gestión de riesgos	18
14. Gestión de la calidad	19
15. Procesos de cierre	20

Registros de cambios

Revisión	Detalles de los cambios realizados	Fecha
0	Creación del documento	15 de octubre de 2024
1	Se completa hasta el punto 5 inclusive	29 de octubre de 2024
2	Se corrige secciones 1, 2, 3, 4 y 5. Se completa hasta el punto 9 inclusive.	05 de noviembre de 2024

Acta de constitución del proyecto

Buenos Aires, 15 de octubre de 2024

Por medio de la presente se acuerda con el Ing. Bruno Masoller que su Trabajo Final de la Carrera de Especialización en Inteligencia Artificial se titulará “Sistema de monitoreo de *Rhynchophorus ferrugineus* en palmeras de Montevideo” y consistirá en la presentación de una prueba de concepto de un sistema de monitoreo de la plaga *Rhynchophorus ferrugineus* en palmeras de Montevideo. El trabajo tendrá un presupuesto preliminar estimado de 600 horas y un costo estimado de \$ 900.000, con fecha de inicio el 15 de octubre de 2024 y fecha de presentación pública en junio de 2025.

Se adjunta a esta acta la planificación inicial.

Dr. Ing. Ariel Lutenberg
Director posgrado FIUBA

Ing. Agr. Alfonso Arcos
Intendencia de Montevideo

Ing. Juan Ignacio Cavalieri
Director del Trabajo Final

1. Descripción técnica-conceptual del proyecto a realizar

En Montevideo, hay alrededor de 25.000 palmeras, que forman una parte esencial del paisaje urbano y contribuyen al equilibrio del ecosistema local. Desde 2010, la plaga del *Rhynchophorus ferrugineus*, conocido comúnmente como “picudo rojo” (ver figura 1), ha estado propagándose por América, llegando a Uruguay en 2022. Esta plaga supone una amenaza grave para las palmeras, ya que las larvas de este escarabajo se alimentan de su tejido interno, causando el colapso estructural de los árboles en un período de entre 8 y 10 meses.

La infestación del picudo rojo no solo tiene consecuencias ecológicas, sino también económicas. La caída de palmeras infectadas puede provocar daños a personas y propiedades, especialmente durante los fuertes vientos que afectan a Montevideo. Además, la eliminación de estos árboles infestados implica un costo aproximado de 1.000 dólares estadounidenses por unidad.



Figura 1. *Rhynchophorus ferrugineus*.

Actualmente, el método principal método de detección que utiliza la Intendencia de Montevideo (IM), consiste en la inspección visual presencial en lugares donde se sospecha la presencia de la plaga o se ha reportado por parte de particulares. La IM también tiene otros métodos de detección, como lo son trampas colocadas en puntos claves de la ciudad que permiten observar el desplazamiento de la plaga.

El servicio de Áreas Verdes es el principal encargado del tratamiento de la plaga del picudo rojo y gestiona sectores clave, como el de arbolado, que representa una de las primeras línea de defensa. Este servicio proporciona diversos datos y colabora estrechamente con otras áreas importantes para la gestión de la plaga, como los servicios de Geomática e Informática. Entre los datos disponibles, se incluye la ubicación de todas las palmeras en el sistema de información geográfica de la IM. Además, el servicio de Geomática cuenta con drones que permiten obtener imágenes de ortomosaicos bajo demanda (ver figura 2), las cuales pueden ser solicitadas por el servicio de Áreas Verdes. Estos ortomosaicos alcanzan una resolución espacial de 3 cm por píxel en la banda RGB. Adicionalmente, se realizan vuelos que cubren toda la ciudad de Montevideo, generando ortomosaicos de alta resolución en la misma banda RGB.



Figura 2. Fotografías ortorectificadas de un vuelo de avión y dron, respectivamente.

Se ha demostrado la viabilidad de detectar la plaga utilizando imágenes capturadas con Google Street View (a nivel de suelo)[4]. Además, existen datos que avalan la identificación de palmeras en imágenes obtenidas mediante drones, con resoluciones similares a las del servicio de Geomática de la IM. Sin embargo, la detección directa de la plaga en imágenes aéreas en la banda RGB sigue siendo un desafío, aunque algunos estudios han explorado el uso del índice de vegetación e imágenes en la banda infrarroja para este fin[3].

Este proyecto propone un enfoque integral que conecta la información geoespacial gestionada por el servicio de Informática con los recursos de imágenes aéreas del servicio de Geomática. El objetivo es desarrollar una plataforma informática que mejore la eficiencia en el tratamiento de la plaga, especialmente en el proceso de inspección manual, mediante el uso de modelos de vanguardia en visión por computadora y aprendizaje profundo.

Como proyecto en general, se propone una plataforma como el de la siguiente figura 3.

Ecosistema interno

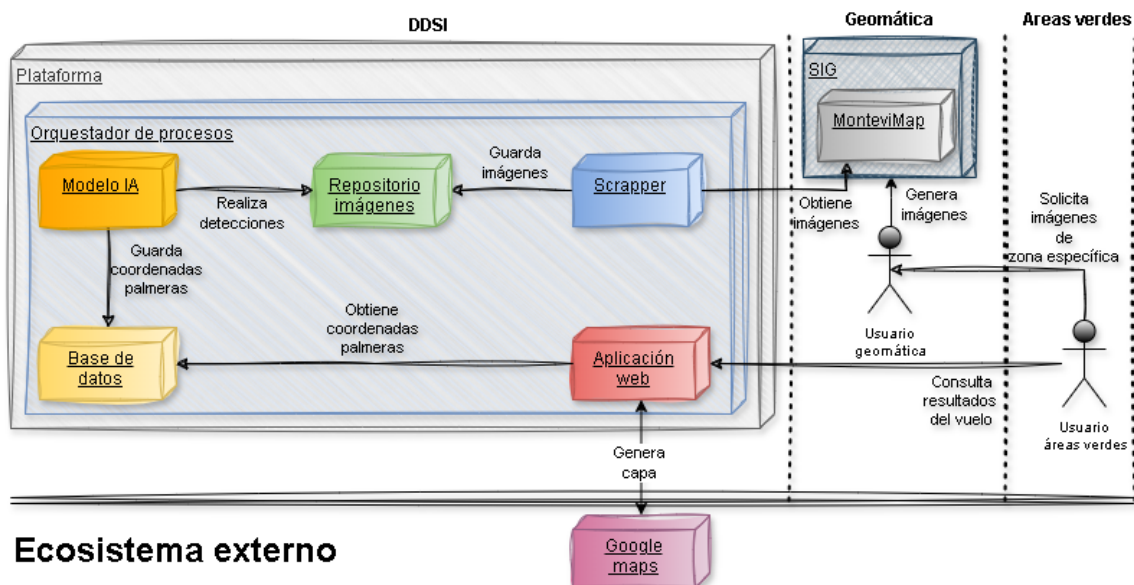


Figura 3. Diagrama de la solución.

La implementación de esta plataforma ofrece beneficios tanto económicos como ambientales para la IM. La detección temprana y tardía de la plaga puede reducir los costos de inspección presencial y optimizar el uso de drones, aprovechando su capacidad para cubrir grandes áreas. En particular, esta plataforma permitirá a la IM optimizar sus recursos en el manejo del picudo rojo, disminuyendo los costos asociados a la remoción de palmeras, focalizando las inspecciones presenciales solo en casos excepcionales, y realizando vuelos programados de drones para maximizar su autonomía. Asimismo, validará un prototipo que puede extenderse a otros proyectos, que pueden contribuir a la preservación del entorno ecológico de la ciudad y a la seguridad de sus habitantes. Finalmente, se brinda la posibilidad de incorporar un módulo para la detección automática de palmeras en los vuelos aéreos.

2. Identificación y análisis de los interesados

Rol	Nombre y Apellido	Organización	Puesto
Cliente	Ing. Agr. Alfonso Arcos	Intendencia de Montevideo	Director sector arbolado
Impulsor	Msc. Ing. Juan Prada	Intendencia de Montevideo	Director ciudades inteligentes
Responsable	Ing. Bruno Masoller	Intendencia de Montevideo	Alumno
Orientador	Ing. Juan Ignacio Cavalieri	FIUBA	Director del trabajo final
Usuario final	Usuarios de áreas verdes	Intendencia de Montevideo	Administrativo

3. Propósito del proyecto

Proveer una prueba de concepto (POC) del componente de inteligencia artificial de una plataforma informática, alineada con la visión de la IM (*Montevideo más verde*), que permita mejorar la eficiencia en la detección del *Rhynchophorus ferrugineus*, utilizando técnicas avanzadas de visión por computadora y aprendizaje profundo.

4. Alcance del proyecto

El alcance de la etapa inicial del proyecto incluye:

- Investigar la viabilidad de la detección del *Rhynchophorus ferrugineus* mediante técnicas de visión por computadora en dominios multiespectrales.
- Desarrollar un modelo de visión por computadora que permita detectar el *Rhynchophorus ferrugineus* en palmeras de Montevideo.
- Gestionar el proceso de etiquetado de datos.
- Escribir una memoria con los resultados del proyecto.

En esta etapa, el proyecto no incluye:

- La detección de la plaga y palmeras mediante imágenes de vuelos por aviones.
- Identificación del grado de infección de las palmeras, sino su clasificación binaria en infectadas y no infectadas.
- Otros componentes de la arquitectura presentada que no sea el modelo de visión por computadora.
- Las posibles extensiones de la plataforma.
- La gestión del ciclo de vida del modelo de detección.
- La evolución del sistema.

5. Supuestos del proyecto

Para el desarrollo del presente proyecto se supone que:

- Se cuenta con disponibilidad horaria de al menos 20 horas semanales para realizar el proyecto.
- Se cuenta con imágenes de drones con resoluciones espaciales de al menos 3 cm/pixel.
- Se cuenta con voluntad del cliente para realizar el etiquetado de las imágenes.
- Se cuenta con la infraestructura necesaria para el despliegue de los componentes de software.
- Se cuenta con el apoyo de la IM para la ejecución del proyecto.
- Se cuenta con que se pueda detectar la plaga mediante imágenes RGB o infrarrojas (o combinación de ambas) obtenidas desde drones.
- Se cuenta con imágenes georeferenciadas.
- Se cuenta con mosaicos ortorectificados.

6. Requisitos específicos

Para una mejor organización los requisitos se expresan utilizando una metodología de rotulado contextual, donde cada uno se identifica según su nivel de afinidad y jerárquico.

La notación se realiza en lenguaje natural, siguiendo un formato estandarizado, donde se especifica el actor y luego la funcionalidad.

La organización jerárquica se toma del template de referencia de especificación de requisitos de software de la IEEE[1].

Finalmente, se priorizan utilizando el método *MoSCoW*[2].

1. Requisitos de interfaces internas:

- 1.1. Modelo de visión por computadora
 - [RII-ModeloVPC-1] (S) El modelo de visión por computadora debe proporcionar un servicio web que reciba una imagen y devuelva una estructura de datos con las detecciones y sus coordenadas.
- 1.2. Visualizador de detecciones
 - [RII-VisDetecciones-1] (S) El visualizador de detecciones debe aceptar una imagen y la estructura de datos de las detecciones, mostrando la imagen compuesta con las detecciones realizadas.
2. Requisitos de interfaces externas:
 - 2.1. Gestor de datos
 - [RF-GestorDatos-1] (S) El gestor de datos debe ser accesible desde internet por los usuarios de áreas verdes.
 - 2.2. Visualizador de detecciones
 - [RII-VisDetecciones-1] (S) El visualizador de detecciones debe ser accesible desde internet por los usuarios de áreas verdes.
3. Requisitos funcionales:
 - 3.1. Modelo de visión por computadora
 - [RF-ModeloVPC-1] (M) El modelo de visión debe ser capaz de generar predicciones a partir de una imagen proporcionada.
 - [RF-ModeloVPC-2] (M) El modelo de visión debe identificar palmeras en imágenes aéreas de forma precisa.
 - [RF-ModeloVPC-3] (M) El modelo de visión debe clasificar automáticamente las palmeras en dos categorías: infectadas y no infectadas.
 - 3.2. Visualizador de detecciones
 - [RF-VisDetecciones-1] (C) El visualizador de detecciones debe permitir la visualización de una imagen junto con sus detecciones.
 - 3.3. Gestor de datos
 - [RF-GestorDatos-1] (S) El gestor de datos debe incluir una herramienta para el etiquetado de datos que permita al cliente etiquetar imágenes de drones.
 - [RF-GestorDatos-2] (C) El gestor de datos debe almacenar los datos etiquetados en el repositorio de la Intendencia Municipal (IMNube).
4. Requisitos del proceso:
 - 4.1. Modelo de visión por computadora
 - [RP-ModeloVPC-1] (S) Se debe investigar el estado del arte en modelos de visión por computadora para la detección de la plaga.
 - [RP-ModeloVPC-2] (C) Se debe realizar una investigación sobre enfoques de detección de plagas mediante imágenes multiespectrales.
 - 4.2. Gestor de datos
 - [RP-GestorDatos-1] (C) Se deben investigar herramientas adecuadas para el etiquetado de datos.
5. Requisitos de datos:

5.1. Gestor de datos

[RDATA-GestorDatos-1] (C) El sistema debe permitir al cliente etiquetar al menos 100 imágenes, asegurando un equilibrio entre las clases de palmeras infectadas y no infectadas.

6. Requisitos de documentación:

6.1. Informe final

[RDOC-InformeFinal-1] (M) Se debe elaborar un informe final que incluya una presentación completa del proyecto y sus resultados.

[RDOC-InformeFinal-2] (C) Se debe elaborar un informe de avance a mitad del tiempo asignado para el proyecto, detallando los progresos realizados.

7. Requisitos de rendimiento:

7.1. Modelo de visión por computadora

[RR-ModeloVPC-1] (C) El modelo de visión por computadora debe mantener una precisión mínima del 90 % en la identificación de palmeras y un 80 % en la clasificación de infestación.

[RR-ModeloVPC-2] (C) El modelo de visión por computadora debe ser capaz de procesar imágenes capturadas en condiciones de iluminación variables.

8. Requisitos de interfaces gráficas:

8.1. Visualizador de detecciones

[RII-VisDetecciones-1] (C) El visualizador de detecciones debe brindar un criterio de satisfacción de usabilidad mayor al 80 % para los usuarios.

9. Requisitos de seguridad (*security*):

9.1. Gestor de datos

[RF-GestorDatos-1] (S) El gestor de datos debe estar bajo un mecanismo de autorización de usuarios.

9.2. Visualizador de detecciones

[RII-VisDetecciones-1] (S) El visualizador de datos debe estar bajo un mecanismo de autorización de usuarios.

10. Requisitos de diseño:

10.1. Lenguaje

[RD-ModeloVPC-1] (C) El sistema debe ser implementado utilizando *Python 3* para el procesamiento backend.

[RD-ModeloVPC-2] (C) El sistema debe ser implementado utilizando *Angular* para el procesamiento frontend.

[RD-ModeloVPC-3] (C) El protocolo de comunicación de los servicios debe ser *REST*.

7. Historias de usuarios (*Product backlog*)

Las historias de usuario contienen sus criterios de aceptación, y se ponderan según la complejidad, dificultad e incertidumbre. El resultado final de puntos de historia, es el número de *Fibonacci* superior más cerca.

Los actores involucrados son:

Actor	Descripción
Usuario técnico de la IM	El usuario técnico de la IM es el responsable de realizar la implementación técnica del proyecto, lo que incluye todo lo relacionado con el ciclo de vida del software.
Usuario del servicio de áreas verdes	El usuario del servicio de áreas verdes es el encargado de interactuar con el software en modalidad de "usuario final".
Usuario responsable del proyecto	El usuario responsable del proyecto es el encargado en todas las disciplinas transversales del proyecto, como lo es la gestión, entre otros.

1. Como usuario técnico de la IM quiero identificar palmeras en imágenes de drones ortorectificadas para detectar posibles casos de estudio de infestación.
 - *Story points*: **34** (complejidad: 8, dificultad: 8, incertidumbre: 13)
 - *Criterios de aceptación*:
 - El sistema debe procesar imágenes y marcar las palmeras detectadas con sus respectivas coordenadas.
 - La detección debe mantener una precisión mínima del 90 %
2. Como usuario técnico de la IM quiero clasificar las palmeras en imágenes de drones ortorectificadas en infectadas y no infectadas para detectar posibles casos de infestación.
 - *Story points*: **55** (complejidad: 13, dificultad: 13, incertidumbre: 13)
 - *Criterios de aceptación*:
 - El sistema debe procesar imágenes con palmeras detectadas y marcar clasificarlas en infectadas o no infectadas.
 - El sistema debe mantener una precisión mínima del 80 % en el modelo de visión por computadora.
3. Como usuario técnico de la IM quiero acceder e investigar información sobre el estado del arte en detección de plagas en dominios multiespectrales para asegurarme que el modelo de visión utilice los enfoques más efectivos.
 - *Story points*: **55** (complejidad: 21, dificultad: 13, incertidumbre: 8)
 - *Criterios de aceptación*:
 - Se debe documentar una revisión de modelos de visión por computadora avanzados para la detección de plagas en el informe final.
 - La revisión debe incluir métodos actuales para detección en imágenes multiespectrales.
 - La revisión debe incluir casos de estudios de al menos dos modelos.

4. Como usuario del servicio de áreas verdes quiero, dada una imagen, visualizar las palmeras que están infectadas o no para aplicar posibles tratamientos de la plaga.
 - *Story points*: **21** (complejidad: 8, dificultad: 5, incertidumbre: 8)
 - *Criterios de aceptación*:
 - El sistema debe mostrar, dada una imagen proporcionada, cuales palmeras están infectadas y cuales no.
 - El sistema debe brindar una satisfacción de usabilidad mayor al 80 % en el visualizador de detecciones.
5. Como usuario del servicio de áreas verdes quiero etiquetar las imágenes de los drones para brindarle al modelo de visión por computadora una mejor capacidad de predicción.
 - *Story points*: **21** (complejidad: 8, dificultad: 5, incertidumbre: 8)
 - *Criterios de aceptación*:
 - El sistema debe proporcionar una herramienta que permita la selección y etiquetado de palmeras en imágenes de drones.
 - El sistema debe permitir el almacenamiento tanto de las imágenes sin etiquetar como las etiquetadas en la IMNube.
 - El sistema debe permitir que los usuarios accedan desde la internet al gestor de datos.
6. Como usuario responsable del proyecto quiero que el sistema cuente con imágenes etiquetadas para asegurarme la robustez del modelo.
 - *Story points*: **89** (complejidad: 34, dificultad: 5, incertidumbre: 21)
 - *Criterios de aceptación*:
 - Se debe etiquetar al menos 100 imágenes.
 - El etiquetado debe contener tanto la detección de la palmera como la clasificación en infectada y no infectada.
7. Como usuario responsable del proyecto quiero el modelo de visión por computadora brinde una interfaz que permita consumir una imagen y exponer un servicio con las detecciones de dicha imagen para asegurarme de que el sistema sea escalable en otras iteraciones.
 - *Story points*: **21** (complejidad: 5, dificultad: 8, incertidumbre: 5)
 - *Criterios de aceptación*:
 - El protocolo de comunicación debe ser *REST*.
8. Como usuario responsable del proyecto quiero acceder a un informe final con los resultados del proyecto para presentarlo ante los responsables de la IM y FIUBA.
 - *Story points*: **55** (complejidad: 34, dificultad: 5, incertidumbre: 5)
 - *Criterios de aceptación*:
 - El informe final debe incluir la presentación completa del proyecto, resultados obtenidos y conclusiones.
 - Debe estar estructurado y listo para presentación en el formato provisto por la FIUBA.
 - Se debe presentar un informe de avance a la mitad del proceso.

8. Entregables principales del proyecto

Los entregables para esta etapa del proyecto son:

- Aplicación para el etiquetado de datos.
- Aplicación para visualizar las detecciones.
- Modelo de visión por computadora.
- Código fuente referente a las aplicaciones.
- Informe final.

9. Desglose del trabajo en tareas

1. *Análisis e investigación* (100 h)

- 1.1. Análisis de tecnologías para el gestor de datos (20 h).
- 1.2. Análisis de tecnologías para el visualizador de detecciones (20 h).
- 1.3. Investigación del estado del arte en modelos de visión por computadora (30 h).
- 1.4. Investigación específica para detección en imágenes multispectrales (30 h).

2. *Diseño del sistema* (50 h)

- 2.1. Diseño de arquitectura en general (10 h)
- 2.2. Diseño de pruebas (5 h)
- 2.3. Diseño del gestor de datos (5 h)
- 2.4. Diseño del visualizador de detecciones (10 h)
- 2.5. Diseño del modelo de visión por computadora (20 h)

3. *Construcción del sistema* (200 h)

- 3.1. Construcción del sistema en general (40 h)
- 3.2. Construcción del gestor de datos (40 h)
- 3.3. Construcción del visualizador de detecciones (20 h)
- 3.4. Construcción del modelo de visión por computadora (100 h)
 - 1) Construcción del modelo (40 h)
 - 2) Entrenamiento del modelo (40 h)
 - 3) Adaptación del modelo (20 h)

4. *Validación y verificación del sistema* (50 h)

- 4.1. Validación y verificación del gestor de datos (5 h)
- 4.2. Validación y verificación del visualizador de detecciones (5 h)
- 4.3. Validación y verificación del modelo de visión por computadora (30 h)
- 4.4. Validación y verificación de la integración de aplicaciones (10 h)

5. *Implantación del sistema* (50 h)

- 5.1. Configuración inicial (10 h)
- 5.2. Implantación del gestor de datos (10 h)
- 5.3. Implantación del visualizador de detecciones (10 h)
- 5.4. Implantación del modelo de visión por computadora (20 h)
- 6. *Gestión del proyecto (50 h)*
 - 6.1. Planificación (10 h)
 - 6.2. Refinar planes (10 h)
 - 6.3. Versionado de herramientas, código y datos (10 h)
 - 6.4. Reuniones (10 h)
 - 6.5. Gestión del etiquetado de datos (10 h)
- 7. *Gestión de la documentación (100 h)*
 - 7.1. Informe final (40 h)
 - 7.2. Informe de avance (40 h)
 - 7.3. Presentación del proyecto (20 h)

Cantidad total de horas: 600 h

10. Diagrama de Activity On Node

En la figura 4 se muestra el diagrama de precedencia de actividades. En color rojo, se muestra el camino crítico, que está definido por las siguientes tareas secuenciales:

- 1.3. Investigación del estado del arte en modelos de visión por computadora (30 h).
- 1.4. Investigación específica para detección en imágenes multiespectrales (30 h).
- 2.1. Diseño de arquitectura en general (10 h).
- 2.5. Diseño del modelo de visión por computadora (20 h).
- 3.1. Construcción del sistema en general (40 h).
- 3.4.1. Construcción del modelo (40 h).
- 3.4.1. Entrenamiento del modelo (40 h).
- 3.4.1. Adaptación del modelo (20 h).
- 4.3. Validación y verificación del modelo de visión por computadora (30 h).
- 4.4. Validación y verificación de la integración de aplicaciones (10 h).
- 5.1. Configuración inicial (10 h).
- 5.4. Implantación del modelo de visión por computadora (20 h).
- 7.2. Informe de avance (40 h).
- 7.1. Informe final (40 h).
- 7.3. Presentación del proyecto (20 h).

El camino crítico indica que el proyecto puede hacerse en un mínimo de **400 horas**.

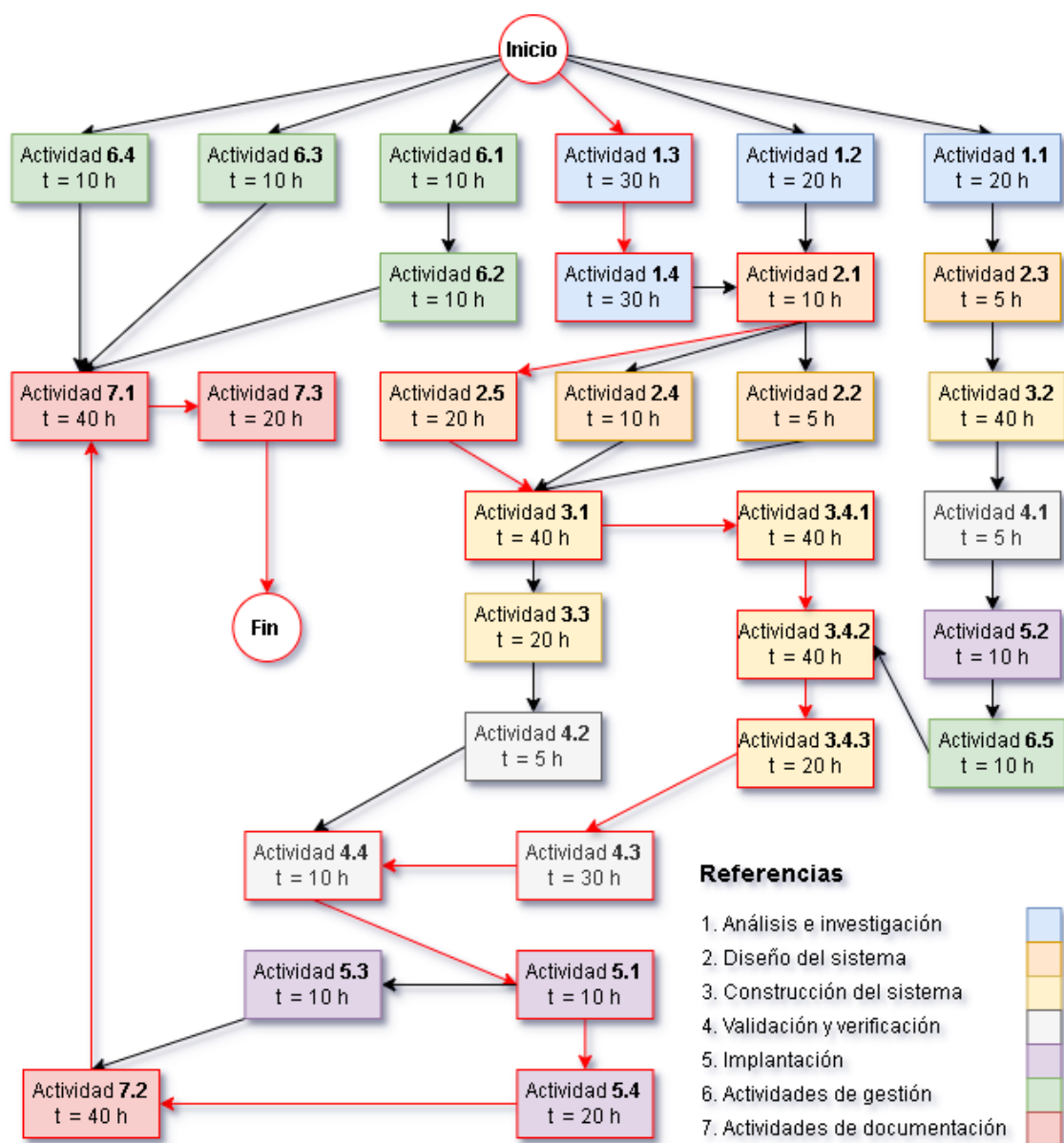


Figura 4. Diagrama de *Activity on Node*.

11. Diagrama de Gantt

En la figura 5 se puede observar la lista de actividades, y en la figura 6 el diagrama Gantt asociado a dicha lista.

ID	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Predecesoras
0	Sistema de monitoreo de Rhynchophorus ferrugineus en palmeras de Monetvideo	600 horas	lun 3/3/25	vie 13/6/25	
1	Análisis e investigación	145 horas	lun 3/3/25	jue 27/3/25	
1.1	Análisis de tecnologías para el gestor de datos.	20 horas	lun 24/3/25	jue 27/3/25	
1.2	Análisis de tecnologías para el visualizador de detecciones.	20 horas	jue 6/3/25	mar 11/3/25	
1.3	Investigación del estado del arte en modelos de visión por computadora.	30 horas	lun 3/3/25	jue 6/3/25	
1.4	Investigación específica para detección en imágenes multiespectrales.	30 horas	mar 11/3/25	vie 14/3/25	4
2	Diseño del sistema	70 horas	lun 17/3/25	jue 27/3/25	
2.1	Diseño de arquitectura en general.	10 horas	lun 17/3/25	mar 18/3/25	5;3
2.2	Diseño de pruebas.	5 horas	lun 24/3/25	lun 24/3/25	7
2.3	Diseño del gestor de datos.	5 horas	jue 27/3/25	jue 27/3/25	2
2.4	Diseño del visualizador de detecciones.	10 horas	jue 20/3/25	vie 21/3/25	7
2.5	Diseño del modelo de visión por computadora.	20 horas	mar 18/3/25	jue 20/3/25	7
3	Construcción del sistema	225 horas	jue 27/3/25	mar 6/5/25	
3.1	Construcción del sistema en general.	40 horas	jue 27/3/25	jue 3/4/25	11;10;8
3.2	Construcción del gestor de datos.	40 horas	jue 3/4/25	jue 10/4/25	9
3.3	Construcción del visualizador de detecciones.	20 horas	vie 2/5/25	mar 6/5/25	13
3.4	Construcción del modelo de visión por computadora.	100 horas	mar 15/4/25	vie 2/5/25	
3.4.1	Construcción del modelo.	40 horas	mar 15/4/25	mar 22/4/25	13
3.4.2	Entrenamiento del modelo.	40 horas	mar 22/4/25	mar 29/4/25	17;35
3.4.3	Adaptación del modelo.	20 horas	mar 29/4/25	vie 2/5/25	18
4	Validación y verificación del sistema	190 horas	jue 10/4/25	mié 14/5/25	
4.1	Validación y verificación del gestor de datos.	5 horas	jue 10/4/25	vie 11/4/25	14
4.2	Validación y verificación del visualizador de detecciones.	5 horas	mar 6/5/25	mié 7/5/25	15
4.3	Validación y verificación del modelo de visión por computadora.	30 horas	mié 7/5/25	mar 13/5/25	19
4.4	Validación y verificación de la integración de aplicaciones.	10 horas	mar 13/5/25	mié 14/5/25	22;23
5	Implantación del sistema	225 horas	vie 11/4/25	mié 21/5/25	
5.1	Configuración inicial.	10 horas	mié 14/5/25	jue 15/5/25	24
5.2	Implantación del gestor de datos.	10 horas	vie 11/4/25	lun 14/4/25	21
5.3	Implantación del visualizador de detecciones.	10 horas	mar 20/5/25	mié 21/5/25	26
5.4	Implantación del modelo de visión por computadora.	20 horas	jue 15/5/25	mar 20/5/25	26
6	Gestión del proyecto	255 horas	lun 14/4/25	mié 28/5/25	
6.1	Planificación.	10 horas	mié 21/5/25	jue 22/5/25	1CC
6.2	Refinar planes.	10 horas	mar 27/5/25	mié 28/5/25	31
6.3	Versionado de herramientas, código y datos.	10 horas	jue 22/5/25	vie 23/5/25	1CC
6.4	Reuniones.	10 horas	lun 26/5/25	mar 27/5/25	1CC
6.5	Gestión del etiquetado de datos.	10 horas	lun 14/4/25	mar 15/4/25	27
7	Gestión de la documentación	100 horas	mié 28/5/25	vie 13/6/25	
7.1	Informe final.	40 horas	mié 4/6/25	mié 11/6/25	32;33;38;34
7.2	Informe de avance.	40 horas	mié 28/5/25	mié 4/6/25	28;29
7.3	Presentación del proyecto.	20 horas	mié 11/6/25	vie 13/6/25	37
8	HITO: Defensa del proyecto	0 horas	vie 13/6/25	vie 13/6/25	39

Figura 5. Lista de tareas para el Diagrama Gantt.

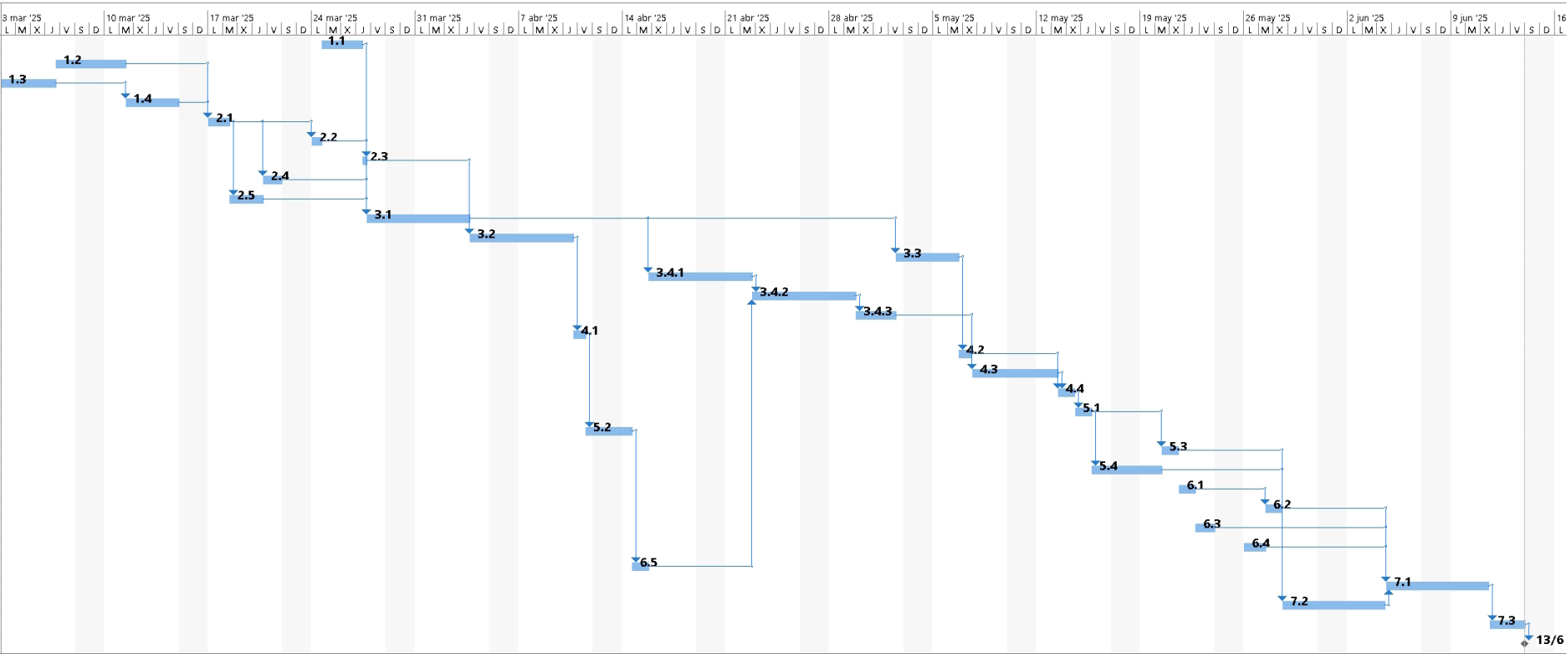


Figura 6. Diagrama de Gantt.

12. Presupuesto detallado del proyecto

Los principales costos asociados de este proyecto se encuentran en las horas de ingeniería dedicadas. Como costos secundarios, las horas de personal cualificado para la realización del etiquetado de los datos. Como punto final, los datos ya se encuentran disponibles, sin embargo, es posible solicitarlos a demanda, por lo que estos costos indirectos también son incluidos.

COSTOS DIRECTOS			
Descripción	Cantidad	Valor unitario	Valor total
Horas de ingeniería	600 h	USD 30 / h	USD 18000
Horas de cómputo	100 h	USD 0.1	USD 10
Infraestructura y almacenamiento	300 h	USD 0.1	USD 30
SUBTOTAL			USD 18040
COSTOS INDIRECTOS			
Descripción	Cantidad	Valor unitario	Valor total
Horas de etiquetado	40 h	USD 25	USD 1000
Vuelos de drones	5 U	USD 500	USD 2500
Imprevistos (40 % costos directos)	1 U	USD 7216	USD 7216
SUBTOTAL			USD 10716
TOTAL			USD 28756

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...

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

b) Tabla de gestión de riesgos: (El RPN se calcula como $RPN=S \times O$)

Riesgo	S	O	RPN	S*	O*	RPN*

Criterio adoptado:

Se tomarán medidas de mitigación en los riesgos cuyos números de RPN sean mayores a...

Nota: los valores marcados con (*) en la tabla corresponden luego de haber aplicado la mitigación.

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

Riesgo 1: plan de mitigación (si por el RPN fuera necesario elaborar un plan de mitigación).
Nueva asignación de S y O, con su respectiva justificación:

- Severidad (S*): mientras más severo, más alto es el número (usar números del 1 al 10). Justificar el motivo por el cual se asigna determinado número de severidad (S).
- Probabilidad de ocurrencia (O*): mientras más probable, más alto es el número (usar del 1 al 10). Justificar el motivo por el cual se asigna determinado número de (O).

Riesgo 2: plan de mitigación (si por el RPN fuera necesario elaborar un plan de mitigación).

Riesgo 3: plan de mitigación (si por el RPN fuera necesario elaborar un plan de mitigación).

14. Gestión de la calidad

Elija al menos diez Requisitos 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.

Referencias

- [1] Ieee guide for software requirements specifications. *IEEE Std 830-1984*, pages 1–26, 1984.
- [2] Dai Clegg and Richard Barker. *Case Method Fast-Track: A Rad Approach*. Addison-Wesley Longman Publishing Co., Inc., USA, 1994.
- [3] Stephanie Delalieux, Tom Hardy, Michel Ferry, Susi Gomez, Lammert Kooistra, Maria Culman, and Laurent Tits. Red palm weevil detection in date palm using temporal uav imagery. *Remote Sensing*, 15:1380, 02 2023.
- [4] Dima Kagan, Galit Alpert, and Michael Fire. Automatic large scale detection of red palm weevil infestation using aerial and street view images. 04 2021.