



# 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. 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	15 de octubre de 2024
1	Se completa hasta el punto 5 inclusive	29 de octubre 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 a nivel de suelo capturadas con Google Street View (a nivel de suelo) (TODO: Incluir referencia). 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 (TODO: incluir referencia).

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

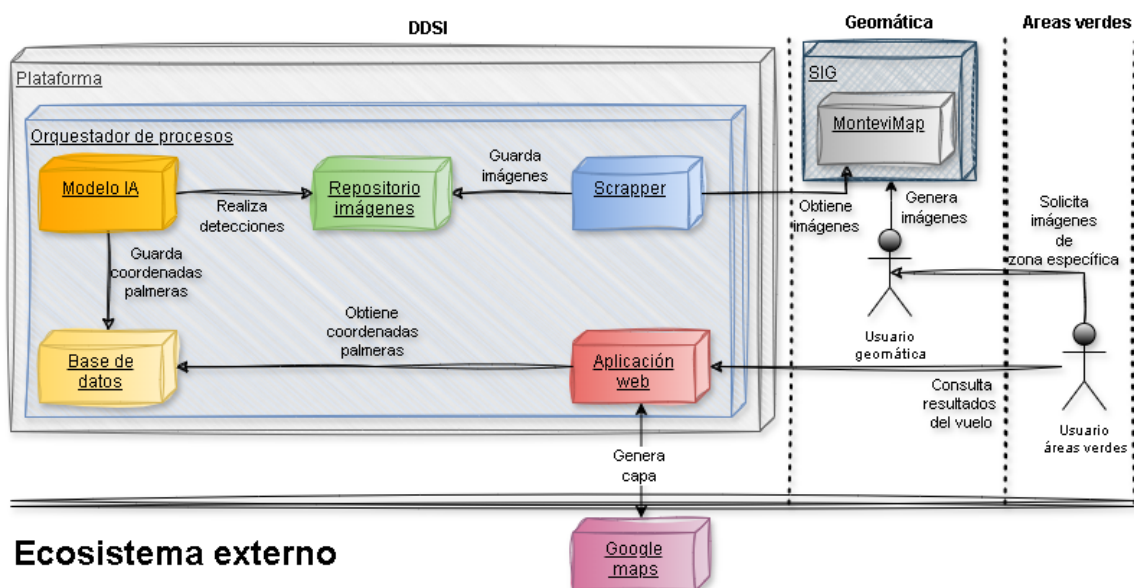


Figura 3. Diagrama de la solución.

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. Además, contribuirá a la preservación del entorno ecológico de la ciudad y a la seguridad de sus habitantes. Adicionalmente, se puede 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 herramienta informática que permita mejorar la eficiencia en la detección del *Rhynchophorus ferrugineus* mediante la validación de una plataforma que utiliza 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 multispectrales.
- 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.

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.

## 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. 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 4. 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 5, 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.

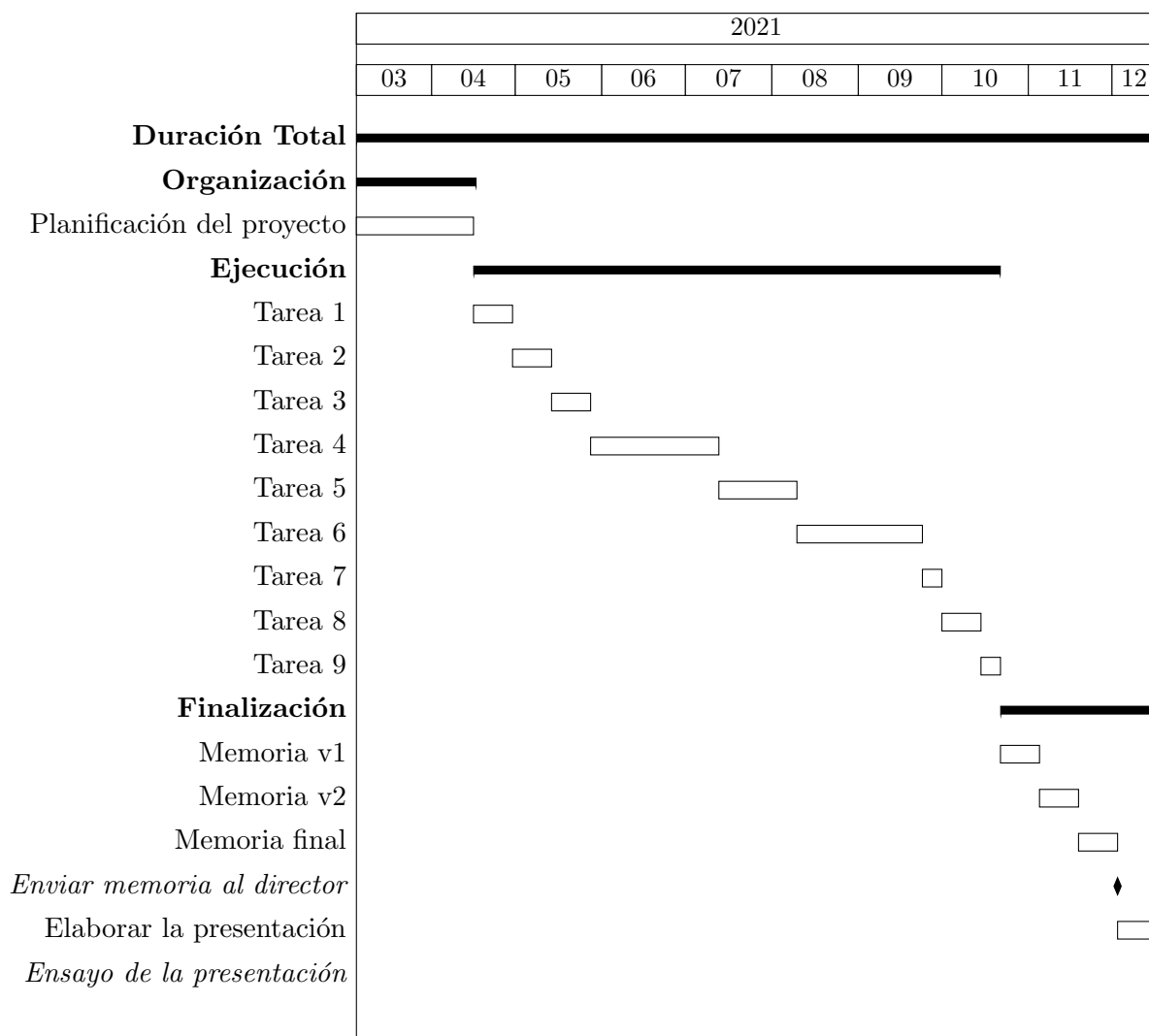


Figura 5. Diagrama de gantt de ejemplo



Figura 6. 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...

- Ocurriencia (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 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.