



# Detección de regiones asentadas en pastilla de freno ferroviaria mediante procesamiento de imágenes

Autor:

Ing. Carlos Strumia

Director:

Nombre del Director (pertenencia)

*Esta planificación fue realizada en el curso de Gestión de proyectos  
entre el 22 de octubre de 2021 y el 09 de diciembre de 2021.*

## 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 . . . . .	7
5. Supuestos del proyecto. . . . .	7
6. Requerimientos . . . . .	8
7. Historias de usuarios ( <i>Product backlog</i> ). . . . .	8
8. Entregables principales del proyecto . . . . .	11
9. Desglose del trabajo en tareas . . . . .	11
10. Diagrama de Activity On Node. . . . .	12
11. Diagrama de Gantt . . . . .	12
12. Presupuesto detallado del proyecto . . . . .	15
13. Gestión de riesgos . . . . .	15
14. Gestión de la calidad . . . . .	16
15. Procesos de cierre . . . . .	16

## Registros de cambios

Revisión	Detalles de los cambios realizados	Fecha
0	Creación del documento	22/10/2021
1	Se completa hasta el punto 5 inclusive	04/11/2021
2	Se completa hasta el punto 9 inclusive Se aceptan y se corrigen las observaciones del revisor	11/11/2021
3	Se completa hasta el punto 12 inclusive Se aceptan y se corrigen las observaciones del revisor	18/11/2021

## Acta de constitución del proyecto

Buenos Aires, 22 de octubre de 2021

Por medio de la presente se acuerda con el Ing. Ing. Carlos Strumia que su Trabajo Final de la Carrera de Especialización en Inteligencia Artificial se titulará “Detección de regiones asentadas en pastilla de freno ferroviaria mediante procesamiento de imágenes”, consistirá esencialmente en la elaboración de un software capaz de reconocer, a partir de un modelo de inteligencia artificial, regiones asentadas en una pastilla de freno como las que utilizan ciertos tipos de vehículos ferroviarios, y tendrá un presupuesto preliminar estimado de 630 hs de trabajo y \$750.000, con fecha de inicio 22 de octubre de 2021 y fecha de presentación pública xx de octubre de 2022.

Se adjunta a esta acta la planificación inicial.

Dr. Ing. Ariel Lutenberg  
Director posgrado FIUBA

Ing. Gabriel Juárez  
Trenes Argentinos Operaciones

Nombre del Director  
Director del Trabajo Final

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

Los vehículos ferroviarios, denominados de forma genérica material rodante, están dotados con sistemas de frenado que les permiten reducir su velocidad de circulación cuando es requerido, contribuyendo a la operación segura de los mismos.

El freno electroneumático es uno de los sistemas de frenos más utilizados y consiste en presionar una serie de pastillas de freno, accionadas mediante un cilindro neumático, sobre discos metálicos de forma tal que la fricción generada reduzca la velocidad de la formación. En la Figura 1 se observa el sistema electroneumático.

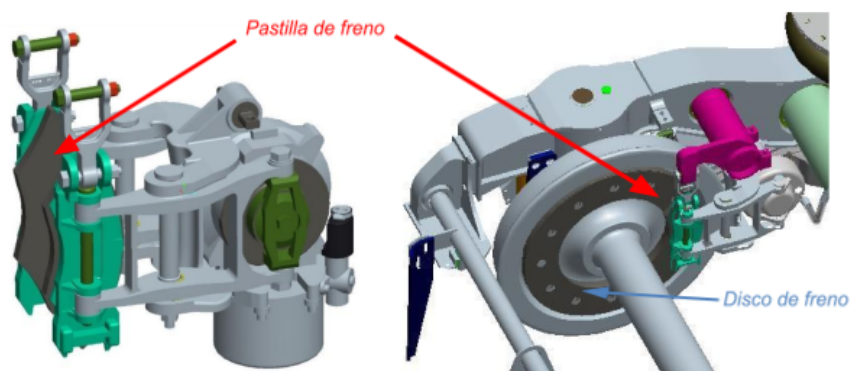


Figura 1. Freno electroneumático.

Es importante mencionar que la vida útil de las pastillas es considerablemente menor a la de un disco, es decir, estas se reemplazan varias veces antes de efectuar alguna tarea de mantenimiento sobre el disco, por ejemplo, rectificado. Para evaluar la performance de frenado es fundamental conocer qué porcentaje de la superficie de la pastilla está asentada, ya que representa el apoyo efectivo contra el disco. Si el porcentaje es bajo, se reduce considerablemente la fuerza de fricción y se favorece al calentamiento excesivo de los componentes. En la Figura 2 se aprecia una imagen típica de una pastilla de freno.



Figura 2. Pastilla de freno.

El desafío de este proyecto es estimar, de manera precisa, el grado de asentamiento de dichas pastillas de freno a partir de algún modelo de visión artificial. De esta manera, se satisface la necesidad que plantea Trenes Argentinos Operaciones de reducir los tiempos que demandan los trabajos habituales de inspección visual. Este proyecto se destaca especialmente por automatizar una tarea que en la actualidad requiere un procesamiento manual. Esta innovación agrega

eficiencia en el trabajo de mantenimiento lo que favorece a la operación segura del material rodante, un pilar fundamental en la misión de la empresa.

En la Figura 3 se presenta un diagrama en bloques del sistema a implementar.

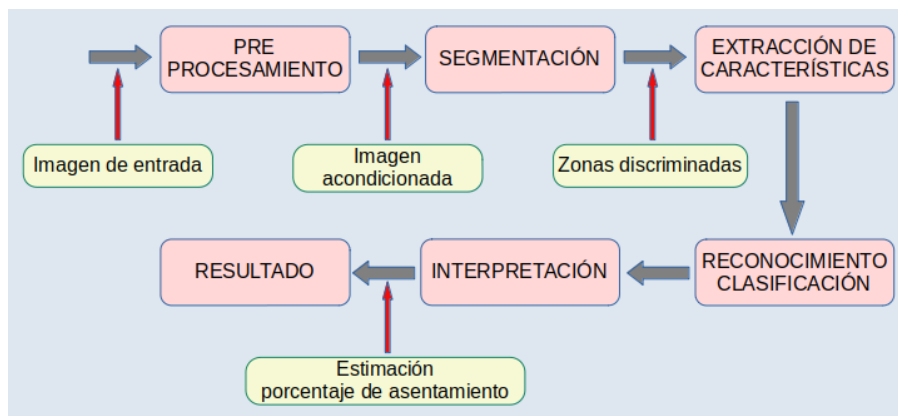


Figura 3. Diagrama en bloques del sistema.

## 2. Identificación y análisis de los interesados

Rol	Nombre y Apellido	Organización	Puesto
Cliente	Ing. Gabriel Juárez	Trenes Argentinos Ope- raciones	Coordinador
Responsable	Ing. Carlos Strumia	FIUBA	Alumno
Orientador	Nombre del Director	pertenencia	Director Trabajo final

- Usuario final: personal perteneciente a la Subgerencia de Desarrollo y Normas Técnicas (Trenes Argentinos Operaciones).

## 3. Propósito del proyecto

En línea con una estrategia de mejora continua e innovación, el propósito general de este proyecto es elaborar un software capaz de reconocer regiones asentadas en una pastilla de freno como las que utilizan ciertos tipos de vehículos ferroviarios, de esta manera se simplifican los trabajos habituales de inspección visual y los tiempos que éstos demandan. Como base para el desarrollo, el cliente proporciona una serie de imágenes de determinadas pastillas de freno, en donde se aprecian zonas asentadas de colores diferentes a las regiones sin asentar. Adicionalmente, entrega algunos resultados obtenidos por procesamiento manual.

#### 4. Alcance del proyecto

Este proyecto contempla todo el software a desarrollar para el ciclo completo que se observa en la Figura 3, desde el preprocesamiento de la imagen de entrada (similar a la mostrada en la Figura 2) hasta el reporte que se almacena en la base de datos. El reporte contendrá el valor estimado del porcentaje de asentamiento (PA), el cual se define en la Ecuación 1:

$$PA(\%) = \left(1 - \frac{\text{Sup. NO asentada}}{\text{Sup. total de la pastilla}}\right) \cdot 100 \quad (1)$$

El modelo de visión artificial deberá identificar y diferenciar aquellas regiones asentadas y no asentadas, tal como se muestran en la Figura 4, a modo de referencia.



Figura 4. Segmentación de regiones.

Una vez detectadas las superficies, se deberá calcular el área asentada y el área sin asentar para obtener el PA. La precisión admitida para el valor calculado de PA es de  $\pm 2.5\%$ . Se validarán los resultados arrojados por el modelo con los obtenidos por el método manual.

El presente proyecto no incluye el análisis de las zapatas empleadas en el sistema de frenos de las locomotoras y vagones de carga.

#### 5. Supuestos del proyecto

Para el desarrollo del presente proyecto se supone que:

- Se contará con las imágenes necesarias (dataset). Se estima que para entrenar al modelo es necesario un 80 % de las imágenes brindadas por el cliente. El 20 % restante será para la etapa de prueba.
- La calidad de las imágenes será óptima.
- Se dispondrá del hardware necesario para el desarrollo y ejecución del proyecto.
- Debido a que las 630 hs de trabajo fueron estimadas de manera conservativa, se presume que el tiempo para desarrollar el proyecto es suficiente.
- Se contará con los recursos económicos necesarios para afrontar el proyecto.

## 6. Requerimientos

Los requerimientos del proyecto son:

### 1. Requerimientos funcionales

- 1.1. El sistema debe reconocer regiones asentadas en una pastilla de freno ferroviaria a partir del procesamiento de imágenes.
- 1.2. La base de datos que genera el sistema debe contener el valor estimado del porcentaje de asentamiento (PA).
- 1.3. La precisión de la estimación debe ser  $\pm 2,5\%$ .
- 1.4. El usuario debe cargar como input del software las imágenes con los respectivos números de identificación de cada pastilla.
- 1.5. La calidad de la imagen a procesar debe ser igual a la utilizada actualmente en las tareas de inspección.

### 2. Requerimientos de testing

- 2.1. El 20 % del dataset debe ser empleado en la etapa de validación.

### 3. Requerimientos de la interfaz

- 3.1. La interfaz gráfica debe indicar las regiones asentadas de la pastilla de freno.

### 4. Requerimientos de documentación

- 4.1. Se debe proveer una guía de configuración y operación.

### 5. Requerimientos de diseño/implementación

- 5.1. El código a desarrollar deber ser preferentemente en Python.
- 5.2. El diseño debe ser modular.

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

Se identifican los siguientes roles:

**Analista:** conoce en detalle el alcance de la tarea y cuenta, al menos, con un manejo básico de herramientas para el análisis de datos. Una de sus funciones es confeccionar informes en donde determina la validez de cierto número de pastillas de freno. Puede ser un ingeniero o técnico de la Subgerencia de Desarrollo y Normas Técnicas.

**Operario de mantenimiento:** se encarga, entre otras cosas, del mantenimiento del mecanismo de frenado de las unidades. Una de sus tareas es desmontar la pastilla de freno y tomarle fotografías para analizar el grado de asentamiento.

**Desarrollador de software con perfil IA:** realiza cambios en el software para cumplir con los requisitos de funcionalidad. Propone modificaciones a los algoritmos existentes e incorpora nuevos, los implementa y pone a prueba. Sus tareas pueden incluir: reentrenar modelos,



modificar y agregar componentes en las cadenas de procesamiento o diagnosticar fallas en un algoritmo. Tiene conocimientos de Python.

Para calcular el puntaje de cada historia de usuario se consideran tres aspectos: tiempo requerido, complejidad y riesgo. A cada uno se le asigna un puntaje de 1 (bajo) a 5 (alto) y el puntaje final es el número de Fibonacci que más se aproxima a la suma parcial. Por ejemplo, la recopilación, procesamiento, y corrección de los datos de entrada es una tarea que insume tiempo pero es sencilla. En cambio, la selección de parámetros de un modelo de red neuronal demanda cierto grado de conocimiento de la arquitectura. Si bien la implementación requiere algunas líneas de código, es una tarea compleja que contiene cierto riesgo.

Historia: *estimación confiable*

Como analista deseo contar con una estimación del porcentaje de asentamiento (PA) confiable, para automatizar el proceso de inspección. Sugiero una precisión de  $\pm 2,5\%$ .

- Esfuerzo: medio. Peso 3
- Complejidad: alta. Peso 5
- Riesgo: alto. Peso 5
- Total: 13
- Puntaje: 13

Historia: *consulta de datos*

Como analista deseo poder consultar el historial de las inspecciones realizadas y obtener los resultados en un formato estándar, para que puedan ser tratados con Python, R o Matlab.

- Esfuerzo: bajo. Peso 1
- Complejidad: baja. Peso 2
- Riesgo: bajo. Peso 1
- Total: 4
- Puntaje: 5

Historia: *interfaz gráfica*

Como analista deseo que la interfaz gráfica del software incluya la imagen de la pastilla de freno con las zonas segmentadas para hacer un chequeo rápido y emplearla como referencia en mis reportes.

- Esfuerzo: medio. Peso 3
- Complejidad: baja. Peso 1
- Riesgo: bajo. Peso 1
- Total: 5

- Puntaje: 5

Historia: *manual de usuario*

Como analista deseo contar con un instructivo breve y conciso para operar el software, usar sus herramientas, etc.

- Esfuerzo: bajo. Peso 1
- Complejidad: baja. Peso 1
- Riesgo: bajo. Peso 1
- Total: 3
- Puntaje: 3

Historia: *calidad del dataset*

Como operario de mantenimiento deseo continuar trabajando con el dispositivo de adquisición de imágenes actual, para mantener la calidad de las imágenes.

- Esfuerzo: bajo. Peso 1
- Complejidad: baja. Peso 1
- Riesgo: bajo. Peso 1
- Total: 3
- Puntaje: 3

Historia: *desarrollo del software*

Como desarrollador de software con perfil IA deseo que la solución esté implementada de manera modular, con componentes que cumplan funciones específicas, para implementar funcionalidades alternativas.

- Esfuerzo: alto. Peso 4
- Complejidad: media. Peso 3
- Riesgo: bajo. Peso 1
- Total: 8
- Puntaje: 8

## 8. Entregables principales del proyecto

Los entregables del proyecto son:

- Manual de usuario.
- Código fuente del software.
- Informe de avance.
- Informe final.

## 9. Desglose del trabajo en tareas

En este apartado se enumeran las tareas que forman parte del proyecto.

1. Planificación del proyecto (40 hs)
  - 1.1. Realizar el plan del proyecto (40 hs).
2. Investigación preliminar (90 hs)
  - 2.1. Investigar métodos de visión por computadora para detectar regiones (30 hs).
  - 2.2. Buscar información sobre bibliotecas utilizadas en la detección de regiones (20 hs).
  - 2.3. Buscar documentación sobre modelos de datos pre entrenados para detectar regiones (20 hs).
  - 2.4. Investigar las tecnologías y frameworks requeridos para el desarrollo del software (20 hs).
3. Selección de bibliotecas y modelos de datos (60 hs)
  - 3.1. Realizar pruebas con las bibliotecas y modelos de datos preseleccionados (40 hs).
  - 3.2. Análisis de los resultados obtenidos (10 hs).
  - 3.3. Elegir las bibliotecas y modelos de datos a utilizar (10 hs).
4. Desarrollo del algoritmo de inteligencia artificial (200 hs)
  - 4.1. Desarrollo del algoritmo de visión por computadora (40 hs).
  - 4.2. Desarrollo del algoritmo de detección de regiones (40 hs).
  - 4.3. Desarrollo del algoritmo de gestión de los datos (40 hs).
  - 4.4. Desarrollo del algoritmo de reporte de la información (40 hs).
  - 4.5. Optimización y búsqueda de errores (40 hs).
5. Desarrollo del software/aplicación (120 hs)
  - 5.1. Desarrollo del backend (40 hs).
  - 5.2. Desarrollo del frontend (50 hs).
  - 5.3. Optimización y búsqueda de errores (30 hs).

## 6. Procesos de cierre (120 hs)

- 6.1. Redacción de memoria del trabajo (90 hs).
- 6.2. Confección de informe de avance (10 hs).
- 6.3. Elaboración de la presentación final (20 hs).

Cantidad total de horas: 630 hs

## 10. Diagrama de Activity On Node

En la Figura 5 se aprecia el diagrama de Activity on Node, con t expresado en horas. En este caso, como se dispone de un solo recurso humano, no se pueden ejecutar trabajos en paralelo. Por lo tanto, el camino crítico está formado por todas las tareas.

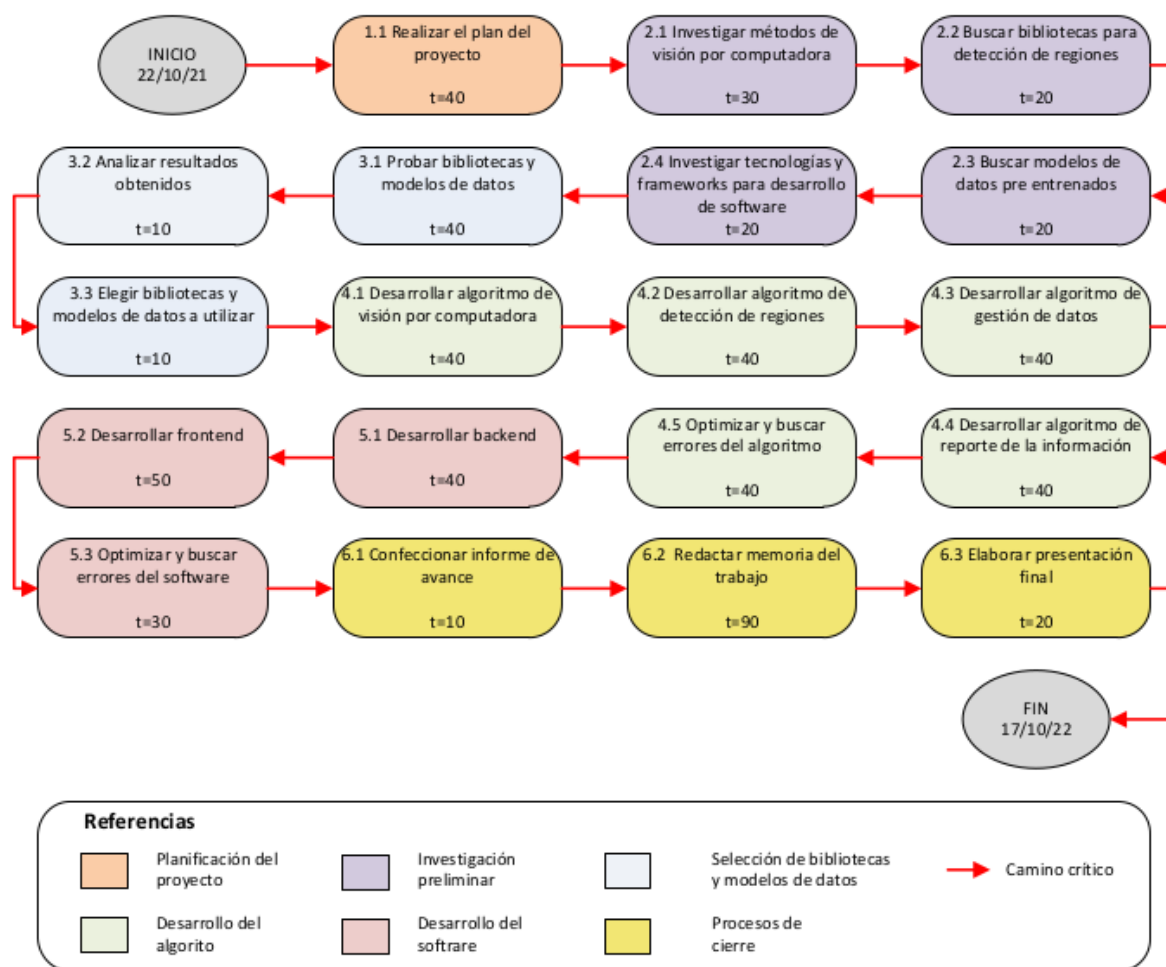


Figura 5. Diagrama Activity on Node (AoN).

## 11. Diagrama de Gantt

La tabla de tareas y el diagrama de Gantt se observan en la Figura 6 y en la Figura 7, respectivamente.

WBS	Nombre	Inicio	Fin	Trabajo	Duración
1	<b>Planificación del proyecto</b>	oct 27	dic 8	7d 1h	7d 1h
1.1	Realizar el plan del proyecto	oct 27	dic 8	7d 1h	7d 1h
2	<b>Investigación preliminar</b>	feb 14	mar 22	16d 2h	16d 2h
2.1	Investigar métodos de visión por computadora	feb 14	feb 23	5d 2h	5d 2h
2.2	Buscar bibliotecas para detección de regiones	feb 23	mar 7	3d 3h	3d 3h
2.3	Buscar modelos de datos pre entrenados	mar 7	mar 14	3d 3h	3d 3h
2.4	Investigar tecnologías y frameworks para el desarrollo de software	mar 14	mar 22	3d 3h	3d 3h
3	<b>Selección de bibliotecas y modelos de datos</b>	mar 22	abr 18	10d 5h	10d 5h
3.1	Probar bibliotecas y modelos de datos	mar 22	abr 6	7d 1h	7d 1h
3.2	Analizar resultados obtenidos	abr 6	abr 12	1d 4h	1d 4h
3.3	Elegir bibliotecas y modelos de datos a utilizar	abr 12	abr 18	1d 4h	1d 4h
4	<b>Desarrollo del algoritmo de inteligencia artificial</b>	abr 18	jul 11	36d 2h	36d 2h
4.1	Desarrollar algoritmo de visión por computadora	abr 18	may 3	7d 1h	7d 1h
4.2	Desarrollar algoritmo de detección de regiones	may 3	may 18	7d 1h	7d 1h
4.3	Desarrollar algoritmo de gestión de datos	may 18	jun 7	7d 1h	7d 1h
4.4	Desarrollar algoritmo de reporte de la información	jun 7	jun 22	7d 1h	7d 1h
4.5	Optimizar y buscar errores del algoritmo	jun 22	jul 11	7d 1h	7d 1h
5	<b>Desarrollo del software/aplicación</b>	jul 11	ago 30	21d 4h	21d 4h
5.1	Desarrollar backend	jul 11	jul 26	7d 1h	7d 1h
5.2	Desarrollar frontend	jul 26	ago 16	9d	9d
5.3	Optimizar y buscar errores del software	ago 17	ago 30	5d 2h	5d 2h
6	<b>Procesos de cierre</b>	ago 30	oct 17	19d 3h	19d 3h
6.1	Confeccionar informe de avance	ago 30	sep 5	1d 4h	1d 4h
6.2	Redactar memoria del trabajo	sep 5	oct 11	16d 2h	16d 2h
6.3	Elaborar presentación final	oct 11	oct 17	1d 2h	1d 2h

Figura 6. Tabla de tareas para confeccionar el Gantt.

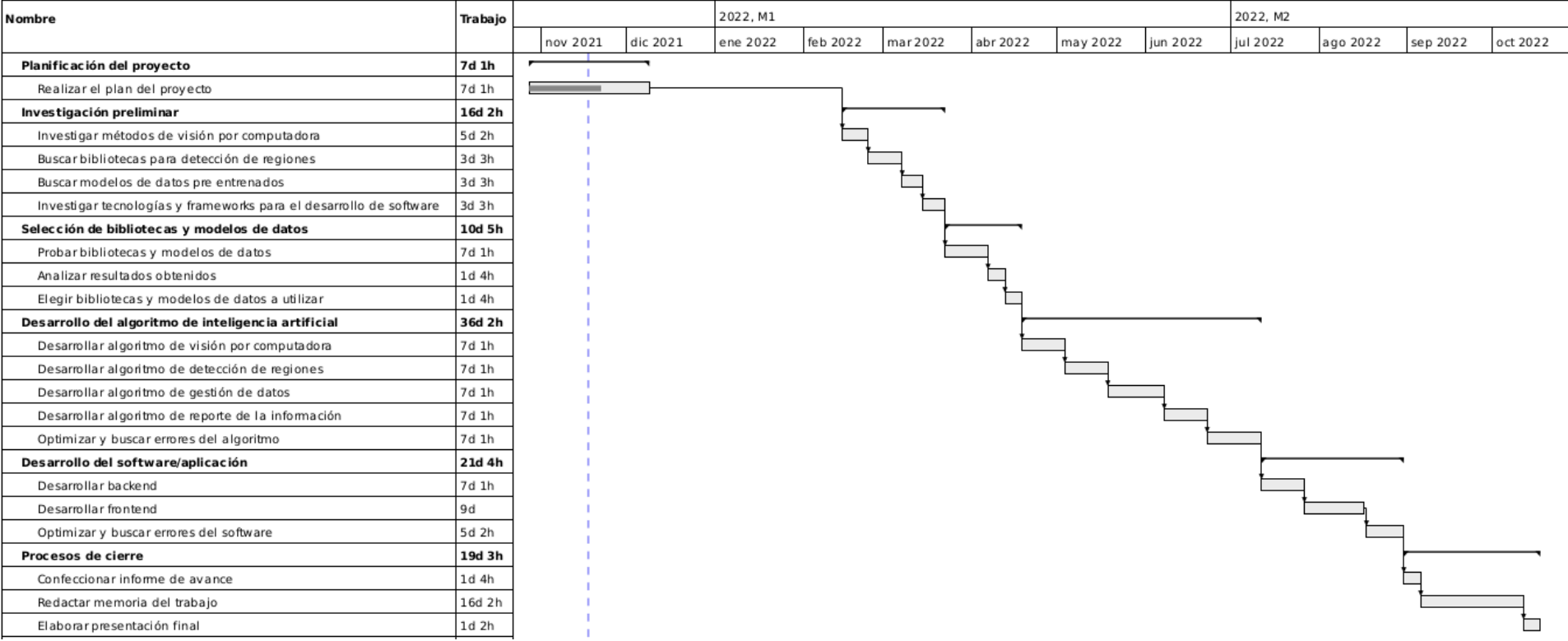


Figura 7. Diagrama de Gantt.

## 12. Presupuesto detallado del proyecto

COSTOS DIRECTOS			
Descripción	Cantidad	Valor unitario	Valor total
Horas de ingeniería	630	\$833.33	\$525.000
Computadora personal	1	\$85.000	\$85.000
Cámara	1	\$15.000	\$15.000
SUBTOTAL			\$625.000
COSTOS INDIRECTOS			
Descripción	Cantidad	Valor unitario	Valor total
20 % de los costos directos	1	\$125.000	\$125.000
SUBTOTAL			\$125.000
TOTAL			\$750.000

## 13. Gestión de riesgos

a) Identificación de los riesgos (al menos cinco) y estimación de sus consecuencias:

Riesgo 1: detallar el riesgo (riesgo es algo que si ocurre altera los planes previstos de forma negativa)

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

Riesgo 2:

- Severidad (S):
- Ocurrencia (O):

Riesgo 3:

- Severidad (S):
- Ocurrencia (O):

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

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.

Riesgo	S	O	RPN	S*	O*	RPN*

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

Riesgo 1: plan de mitigación (si por el RPN fuera necesario elaborar un plan de mitigación). Nueva asignación de S y O, con su respectiva justificación: - Severidad (S): mientras más severo, más alto es el número (usar números del 1 al 10). Justificar el motivo por el cual se asigna determinado número de severidad (S). - Probabilidad de ocurrencia (O): mientras más probable, más alto es el número (usar del 1 al 10). Justificar el motivo por el cual se asigna determinado número de (O).

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

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

## 14. Gestión de la calidad

Para cada uno de los requerimientos del proyecto indique:

- Req #1: copiar acá el requerimiento.
  - Verificación para confirmar si se cumplió con lo requerido antes de mostrar el sistema al cliente. Detallar
  - Validación con el cliente para confirmar que está de acuerdo en que se cumplió con lo requerido. Detallar

Tener en cuenta que en este contexto se pueden mencionar simulaciones, cálculos, revisión de hojas de datos, consulta con expertos, mediciones, etc. Las acciones de verificación suelen considerar al entregable como “caja blanca”, es decir se conoce en profundidad su funcionamiento interno. En cambio, las acciones de validación suelen considerar al entregable como “caja negra”, es decir, que no se conocen los detalles de su funcionamiento interno.

## 15. Procesos de cierre

Establecer las pautas de trabajo para realizar una reunión final de evaluación del proyecto, tal que contemple las siguientes actividades:

- Pautas de trabajo que se seguirán para analizar si se respetó el Plan de Proyecto original:
  - Indicar quién se ocupará de hacer esto y cuál será el procedimiento a aplicar.
- Identificación de las técnicas y procedimientos útiles e inútiles que se emplearon, y los problemas que surgieron y cómo se solucionaron: - Indicar quién se ocupará de hacer esto y cuál será el procedimiento para dejar registro.



- Indicar quién organizará el acto de agradecimiento a todos los interesados, y en especial al equipo de trabajo y colaboradores: - Indicar esto y quién financiará los gastos correspondientes.