



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	17
15. Procesos de cierre	18

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
4	Se completa el plan	25/11/2021
5	Se aceptan y se corrigen las observaciones del revisor	27/11/2021

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 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.

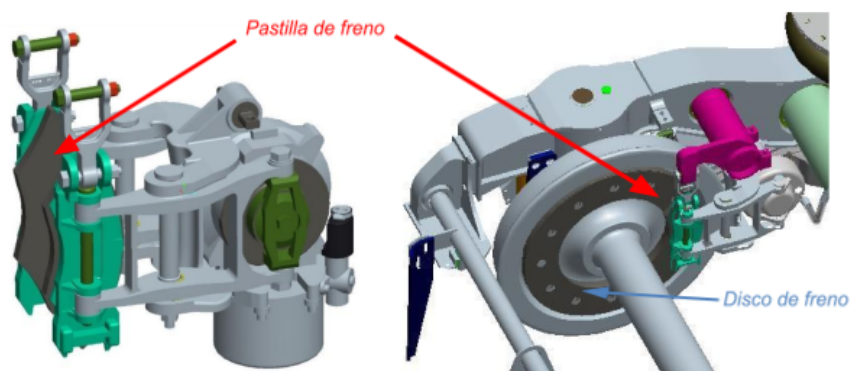


Figura 1. Freno electroneumático.

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.

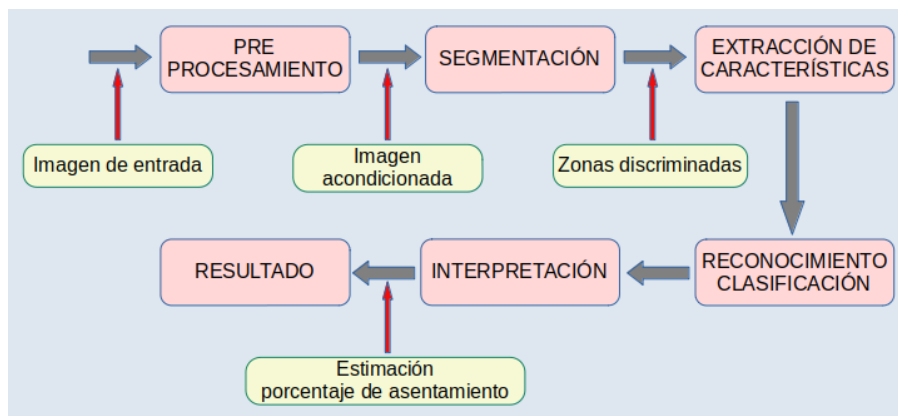


Figura 3. Diagrama en bloques del sistema.

2. Identificación y análisis de los interesados

Rol	Nombre y Apellido	Organización	Puesto
Cliente	Ing. Gabriel Juárez	Trenes Argentinos Operaciones	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.

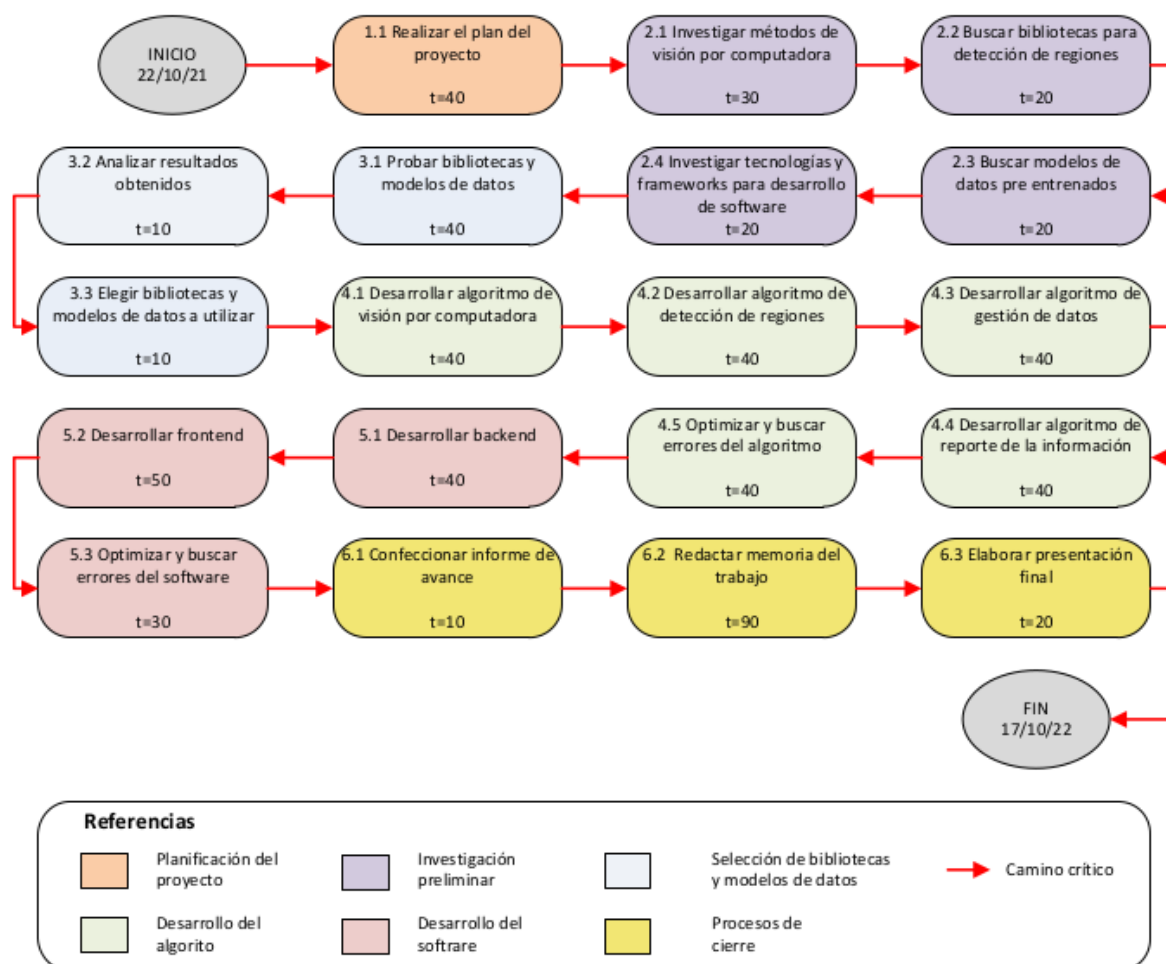


Figura 5. Diagrama Activity on Node (AoN).

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	Planificación del proyecto	oct 27	dic 8	7d 1h	7d 1h
1.1	Realizar el plan del proyecto	oct 27	dic 8	7d 1h	7d 1h
2	Investigación preliminar	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	Selección de bibliotecas y modelos de datos	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	Desarrollo del algoritmo de inteligencia artificial	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	Desarrollo del software/aplicación	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	Procesos de cierre	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.

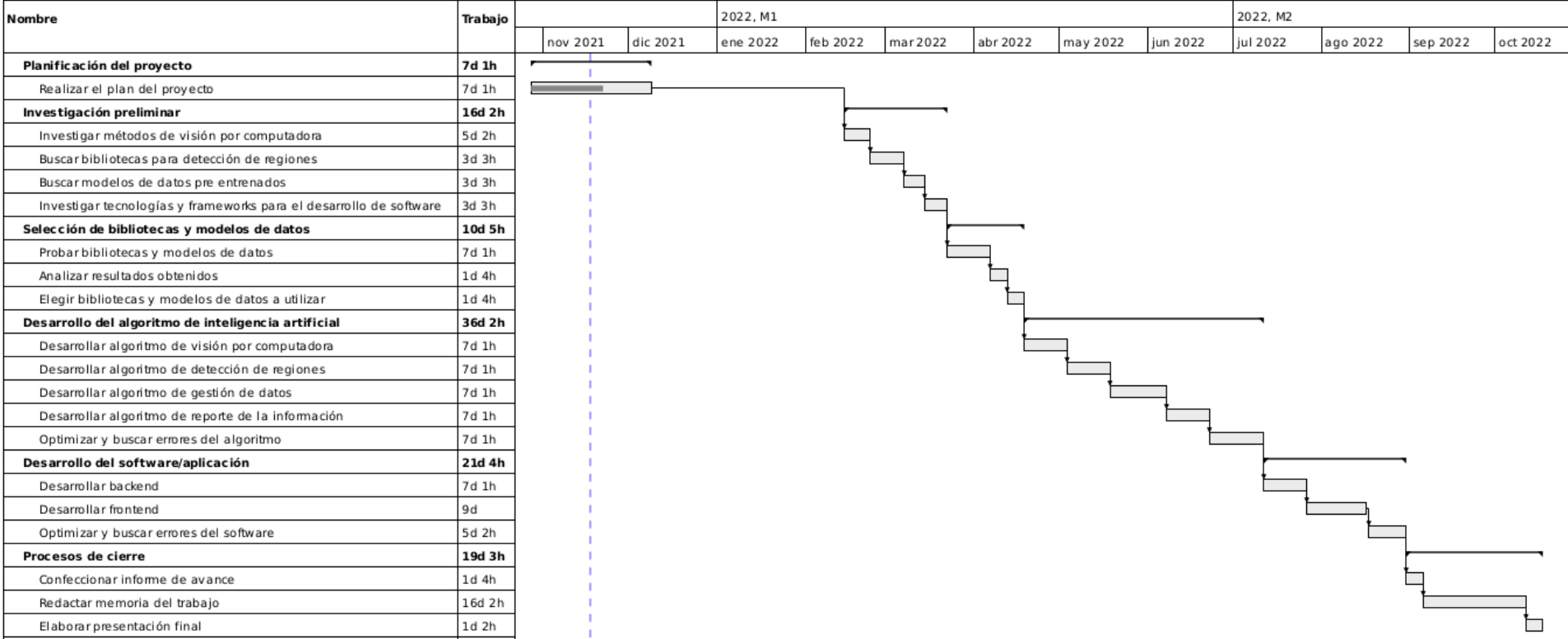


Figura 7. Diagrama de Gantt.

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 y estimación de sus consecuencias:

Riesgo 1: Imprevistos laborales o académicos que impidan el cumplimiento del cronograma de trabajo.

- Severidad (S): 9. El calendario de trabajo propuesto es exigente, no hay demasiado tiempo extra entre trabajo, cursada y realización del proyecto.
- Probabilidad de ocurrencia (O): 5. Las materias de la especialización requieren de mucha dedicación para cumplir con los requisitos de aprobación, por lo tanto, las horas destinadas al proyecto se pueden reducir.

Riesgo 2: Los resultados obtenidos por los algoritmos están por debajo de los esperados.

- Severidad (S): 10. Si el resultado aportado por el algoritmo está muy por debajo de lo esperado y no se puede confiar en las regiones detectadas, la propuesta de utilizar visión por computadora no es la adecuada.
- Probabilidad de ocurrencia (O): 5. Aunque la visión por computadora es una rama relativamente nueva, los algoritmos han sido ensayados en otros escenarios y se emplean en diversos campos con resultados aceptables.

Riesgo 3: Los datos para entrenar el algoritmo son insuficientes o no están disponibles con facilidad.

- Severidad (S): 10. La calidad y cantidad de los datos es muy importante para la resolución de problemas de inteligencia artificial, los resultados suelen ser pobres si los datos son insuficientes. Se considera a este riesgo el más severo del proyecto.

- Probabilidad de ocurrencia (O): 6. Las imágenes se obtienen durante las inspecciones visuales que realiza el personal de mantenimiento. La necesidad de contar con más datos implica coordinar recursos.

Riesgo 4: Las necesidades del cliente no se interpretaron correctamente . Las funciones implementadas no son las requeridas por el cliente y se esperan otras que no están contempladas en el alcance del proyecto.

- Severidad (S): 2. Si los cambios son menores o moderados y notificados a tiempo, es viable replanificar las tareas y el cronograma original.
- Probabilidad de ocurrencia (O): 9. Es alta. En proyectos de desarrollo de software es muy habitual.

Riesgo 5: Rotura de la PC.

- Severidad (S): 8. La gestión de compra de una PC provoca un retraso considerable para el proyecto. También genera gastos no contemplados en el presupuesto.
- Probabilidad de ocurrencia (O): 2. Es una notebook con poco uso.

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

Riesgo	S	O	RPN	S*	O*	RPN*
Imprevistos laborales o académicos	9	5	45	9	3	27
Resultados de algoritmos por debajo de los esperados	10	5	50	6	3	18
Datos insuficientes para entrenar el algoritmo	10	6	60	10	2	20
Interpretación incorrecta de las necesidades del cliente	2	9	18	-	-	-
Rotura de la PC	8	2	16	-	-	-

Criterio adoptado: Se tomarán medidas de mitigación en los riesgos cuyos números de RPN sean mayores a 40.

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: Imprevistos laborales o académicos que impidan el cumplimiento del cronograma de trabajo.

- Plan de mitigación: Durante los meses de enero y febrero del 2022 no se dictarán clases, por lo tanto, es posible destinar horas adicionales al proyecto.
- Severidad (S): 9. La severidad no se modifica por el plan de mitigación elegido.
- Probabilidad de ocurrencia (O): 3. Se pueden adelantar trabajos durante al menos 2 meses.

Riesgo 2. Los resultados obtenidos por los algoritmos están por debajo de los esperados.

- Plan de mitigación: Estudiar en profundidad la arquitectura de cada modelo para poder hacer ajustes y correcciones. Usar otros trabajos como referencia.
- Severidad (S): 6. Realizar modificaciones sobre arquitecturas conocidas implica un esfuerzo adicional pero compromete menos los objetivos del proyecto.
- Probabilidad de ocurrencia (O): 3. Comprender en detalle los algoritmos permite diagnosticar problemas y encontrar sus soluciones.

Riesgo 3: Los datos para entrenar el algoritmo son insuficientes o no están disponibles con facilidad.

- Plan de mitigación: Lograr el mayor avance posible con el dataset suministrado. De antemano se puede solicitar datos de inspecciones recientes.
- Severidad (S): 10. La severidad no se modifica por el plan de mitigación elegido.
- Probabilidad de ocurrencia (O): 2. Obtener nuevos datos de antemano evita futuros retrasos en caso de que el dataset original sea insuficiente.

14. Gestión de la calidad

- Req #1.1: El sistema debe reconocer regiones asentadas en una pastilla de freno ferroviaria a partir del procesamiento de imágenes.
 - Verificación: comparar los resultados del sistema contra los obtenidos manualmente por operadores.
 - Validación: ensayar el ingreso de alguna imagen obtenida en las inspecciones y mostrar que el algoritmo reconoce fehacientemente las regiones asentadas en una pastilla de freno.
- Req #1.2: La base de datos que genera el sistema debe contener el valor estimado del porcentaje de asentamiento (PA).
 - Verificación: investigar artículos relacionados con el manejo de la información y como reportarla a una base de datos.
 - Validación: mostrar los logs de las estadísticas generadas para ver el valor estimado del PA.
- Req #1.3: La precisión de la estimación debe ser $\pm 2,5\%$.
 - Verificación: comparar los resultados del sistema contra los obtenidos manualmente por operadores.
 - Validación: mostrar la precisión estimada por el algoritmo durante la validación del Req #1.1.
- Req #1.4: El usuario debe cargar como input del software las imágenes con los respectivos números de identificación de cada pastilla.

- Verificación: analizar distintas formas de cargar entradas por usuario.
 - Validación: ensayar la carga de una imagen en el software durante la validación del Req #1.1.
-
- Req #1.5: La calidad de la imagen a procesar debe ser igual a la utilizada actualmente en las tareas de inspección.
 - Verificación: comprobar que la calidad de la imagen es la utilizada en las inspecciones actuales.
 - Validación: utilizar una imagen adquirida en una inspección durante en la validación del Req #1.1.
-
- Req #2.1: El 20 % del dataset debe ser empleado en la etapa de validación.
 - Verificación: emplear el 80 % del dataset para el entrenamiento del algoritmo y el 20 % para su validación.
 - Validación: inspección del tamaño del dataset utilizado para validar el algoritmo.
-
- Req #3.1: La interfaz gráfica debe indicar las regiones asentadas de la pastilla de freno.
 - Verificación: analizar la manera de visualizar en la interfaz gráfica del software la imagen con las regiones asentadas.
 - Validación: mostrar que en la interfaz se visualizan las regiones asentadas de la pastilla de freno.
-
- Req #4.1: Se debe proveer una guía de configuración y operación.
 - Verificación: contemplar en la guía de usuario todos los pasos a seguir para la carga del software incluyendo la configuración de parámetros para su operación.
 - Validación: inspección del usuario.
-
- Req #5.1: El código a desarrollar debe ser preferentemente en Python.
 - Verificación: adoptar como lenguaje de programación Python.
 - Validación: inspección del código fuente del programa.
-
- Req #5.2: El diseño debe ser modular.
 - Verificación: analizar la funcionalidad de cada módulo, al igual que sus respectivas entradas y salidas.
 - Validación: inspección del código fuente del programa.

15. Procesos de cierre

Una vez entregado y aceptado el producto junto con su documentación correspondiente, se dará lugar a las siguientes actividades para dar cierre al proyecto:

- Análisis de seguimiento del plan de proyecto propuesto. El responsable del proyecto hará un estudio de los objetivos logrados y determinará el grado de cumplimiento de la planificación original. Se analizarán aquellas tareas que no se ajustaron al plan presentado y se identificarán las causas que provocaron el desvío.
- Identificación de las técnicas y procedimientos útiles e inútiles que se utilizaron, y los problemas que surgieron y cómo se solucionaron. El responsable del proyecto dejará registro de ésta información en la memoria de trabajo.
- Acto de cierre. El responsable del proyecto hará una presentación y defensa pública de su trabajo. También se encargará de agradecer a todas los que colaboraron en el proyecto, miembros del jurado, docentes y autoridades de la CEIA. El acto de cierre será organizado por FIUBA.