



# Sistema flexible de visión industrial

Autor:

Alejandro Virgillo

Director:

Nombre del Director (pertenencia)

Codirector:

John Doe (FIUBA)

*Esta planificación fue realizada en el curso de Gestión de la Tecnología y la Innovación  
entre el 4 de marzo de 2023 y el 18 de abril de 2023.*

## Índice

1. Descripción técnica-conceptual del proyecto a realizar . . . . .	5
2. Identificación y análisis de los interesados . . . . .	7
3. Propósito del proyecto . . . . .	8
4. Alcance del proyecto . . . . .	8
5. Supuestos del proyecto. . . . .	8
6. Requerimientos . . . . .	8
7. Historias de usuarios ( <i>Product backlog</i> ). . . . .	10
8. Entregables principales del proyecto . . . . .	11
9. Desglose del trabajo en tareas . . . . .	12
10. Diagrama de Activity On Node. . . . .	13
11. Diagrama de Gantt . . . . .	15
12. Presupuesto detallado del proyecto . . . . .	18
13. Gestión de riesgos . . . . .	18
14. Gestión de la calidad . . . . .	19
15. Procesos de cierre . . . . .	24

## Registros de cambios

Revisión	Detalles de los cambios realizados	Fecha
0	Creación del documento	4 de marzo de 2023
1	Se completa hasta el punto 5 y parte del punto 6	29 de marzo de 2023
2	Se completa el plan	1 de abril de 2023

## Acta de constitución del proyecto

Buenos Aires, 4 de marzo de 2023

Por medio de la presente se acuerda con el Ing. Alejandro Virgillo que su Trabajo Final de la Maestría en Inteligencia Artificial Embebida se titulará “Sistema flexible de visión industrial”, consistirá esencialmente en la implementación de una interfaz y elementos de visión de máquina que permitan programar verificaciones de calidad en procesos industriales, y tendrá un presupuesto preliminar estimado de 570 h de trabajo y U\$D 7565, con fecha de inicio 4 de marzo de 2023 y fecha de presentación pública 4 de octubre de 2023.

Se adjunta a esta acta la planificación inicial.

Dr. Ing. Ariel Lutenberg  
Director posgrado FIUBA

A3 Engineering  
A3 Engineering

Nombre del Director  
Director del Trabajo Final

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

En la actualidad, las empresas industriales suelen realizar inspecciones en sus líneas de producción para garantizar la calidad de sus productos. Una de las técnicas más empleadas es la inspección visual, que permite determinar si una pieza cuenta con defectos y realizar acciones acorde. Con el avance de la tecnología este proceso se ha logrado automatizar con el uso de sistemas de visión. Estos permiten realizar revisiones más precisas que las que puede hacer una persona y sobre el 100 % de las piezas.

Un sistema de visión industrial está conformado por cámaras, lentes, elementos de iluminación y dispositivos de procesamiento. Para trabajar dentro de una línea de manufactura automática tienen la capacidad de comunicarse con los controladores centrales del proceso, generalmente del tipo PLC (*Programmable Logic Controller*), a través de señales discretas o protocolos de comunicación industrial.

En el mercado existe una gran oferta de sistemas de visión industriales que ofrecen interfaces de programación simples con diversas herramientas incorporadas para facilitar los trabajos de inspección. Suelen ser flexibles a la hora de seleccionar componentes de iluminación, lentes y cámaras, y tienen la capacidad de comunicarse con controladores industriales a través de señales discretas y diferentes protocolos de comunicación. Su problema radica en sus altos costos, que pueden ser prohibitivos para muchas aplicaciones.

En lo que refiere al procesamiento de imágenes, los sistemas que se comercializan cuentan con un gran número de filtros, herramientas de detección y algoritmos de aprendizaje que se eligen según el problema a resolver. Las mismas consideraciones deben tenerse en cuenta a la hora de seleccionar el sensor, el lente y los elementos de iluminación, y también su disposición en el espacio. En general, este tipo de problemas suele ser complejo y requerir de un alto grado de ensayos previo a alcanzar el resultado deseado.

En este proyecto se busca conseguir un sistema de visión que permita procesar imágenes para determinar si, en un proceso industrial de producción, ciertas piezas con las que se trabaja cumplen con algunas restricciones específicas de calidad. Este debe ser de bajo costo y poder controlar un sistema de iluminación, tomar información de una cámara, enviar señales a un PLC y ofrecer una interfaz de usuario para su programación y monitoreo.

En la Figura 1 se muestra un diagrama en bloques del sistema a implementar. El proyecto abarca el diseño del software de la parte que aparece denominada como controlador y su interacción con los demás bloques. También se incluye el diseño y fabricación del bloque que se denomina Adaptación IO, que corresponde a un circuito eléctrico de acondicionamiento de señales. La selección de periféricos y de interfaz física es parte del proyecto.

Se plantea usar una placa controladora Raspberry Pi, que es de fácil acceso y cuenta con muchas herramientas para conectar cámaras y pantallas. Sobre esta se busca diseñar y construir otra plaqueta que aisle eléctricamente y transforme los niveles de tensión de las señales discretas para poder interactuar con un PLC.

El proyecto también involucra el diseño e implementación de una interfaz gráfica, a través de la cual se puedan programar las distintas herramientas de visión, los filtros de imagen, los algoritmos de reconocimiento y el envío de señales.

El proyecto se encarará como un trabajo personal junto a la organización A3 Engineering. Mediante un acuerdo con la empresa Cambre ICyFSA, se plantea ensayar el producto obtenido

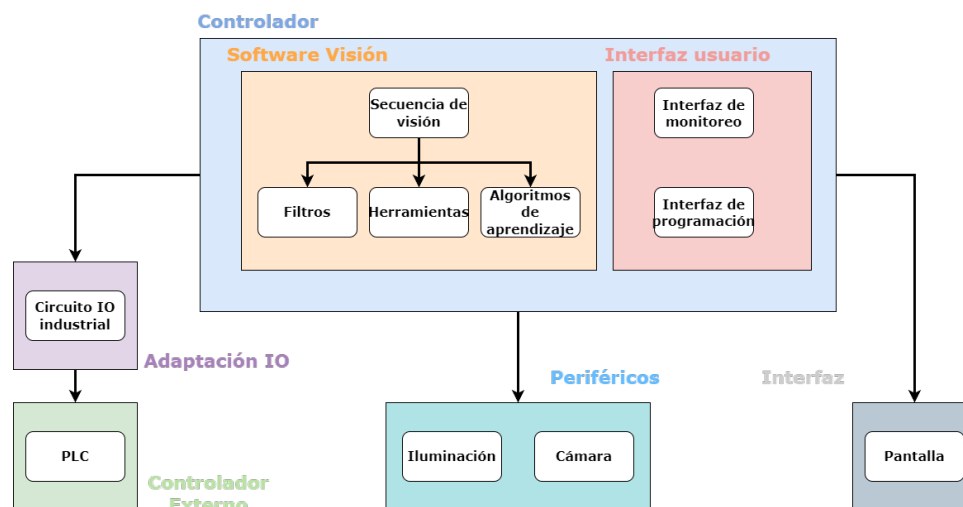


Figura 1. Diagrama en bloques del sistema

en algunos de sus procesos industriales para controlar la calidad de los productos según las especificaciones correspondientes.

En el aspecto comercial, el producto a obtener se planifica para poder ser vendido en el mercado, para tareas de automatización en procesos industriales. En la Figura 2 se presenta un esquema de modelo canvas del negocio. Como se puede observar, la propuesta de valor es ofrecer un producto que permita realizar automatizaciones, principalmente a pequeñas y medianas empresas para las cuales la inversión en sistemas convencionales de visión resulta de riesgo elevado.

Para alcanzar la propuesta de valor se busca alcanzar un sistema enfocado en resolver problemáticas simples, a un costo que permita una recuperación de la inversión más rápida y con soporte local en sudamérica, donde la oferta actual es escasa.



Figura 2. Modelo canvas del negocio

## 2. Identificación y análisis de los interesados

Rol	Nombre y Apellido	Organización	Puesto
Auspiciante	Alejandro Virgillo	A3 Engineering	Líder de proyecto
Cliente	Nombre del Director	pertenencia	Director de proyecto
Impulsor	Sector de Automatización	Cambre	-
Responsable	Alejandro Virgillo	FIUBA	Alumno
Colaboradores	Equipo de Ingeniería	Cambre	Ingenieros
Orientador	Nombre del Director	pertenencia	Director Trabajo final
Usuario final	Equipo de Armado	Cambre	Operarios
Usuario final	Equipo de Automatización	Cambre	Técnicos

- Colaboradores: El equipo de ingeniería de Cambre puede dar lineamientos de problemas que tengan hoy con sus sistemas de visión en planta.
- Orientador: Nombre del Directortrabajó extensamente con sistemas de visión, es una persona a la que se le puede preguntar sobre dudas que pueda haber en el desarrollo.
- Usuario final: Es importante ir ensayando los prototipos con los usuarios finales para obtener feedback del dispositivo.

### 3. Propósito del proyecto

El propósito de este proyecto es obtener un sistema de visión flexible con una interfaz de programación básica que ofrezca algunas de las herramientas más comunes presentes en sistemas comerciales, pero a un costo significativamente menor.

### 4. Alcance del proyecto

El proyecto incluye:

- Una interfaz de usuario para configurar programas de visión.
- La implementación de las herramientas de software de visión.
- El diseño de una plaqueta para adaptación de señales discretas.
- El desarrollo de un gabinete que abarque al sistema.
- El ensayo en planta del sistema.

El proyecto no incluye:

- La implementación de protocolos de comunicación industrial.
- El desarrollo de los algoritmos de visión.
- La implementación final en planta.

### 5. Supuestos del proyecto

Para el desarrollo del proyecto se supone que:

- El dinero disponible será suficiente para la adquisición de los materiales requeridos.
- Habrá stock de los componentes del sistema y no habrá problemas de importación.
- Las demoras para obtener los componentes no serán excesivas.
- La relación con la empresa Cambre se mantendrá durante el transcurso del proyecto.

### 6. Requerimientos

#### 1. Requerimientos generales:

- 1.1. El sistema debe utilizar una Raspberry Pi 4. [SFVI-REQ001]
- 1.2. El software de visión y la interfaz gráfica deben ser procesados por la Raspberry Pi. [SFVI-REQ002]



- 1.3. La Raspberry Pi debe utilizar el sistema operativo Raspbian. [SFVI-REQ003]
- 1.4. El sistema debe alimentarse con 24 V de corriente continua. [SFVI-REQ004]
- 1.5. El tiempo máximo de una inspección debe ser menor a 3 segundos. [SFVI-REQ005]

## 2. Requerimientos de IO:

- 2.1. El sistema debe contar con una plaqueta de adaptación de señales discretas. [SFVI-REQ006]
- 2.2. Las señales discretas del sistema deben ser las disponibles en la Raspberry Pi. [SFVI-REQ007]
- 2.3. La plaqueta de adaptación de señales debe aislar eléctricamente las señales al menos a 3 KV, mediante el uso de optoacopladores. [SFVI-REQ008]
- 2.4. Las señales adaptadas deben ser del tipo PNP. [SFVI-REQ009]
- 2.5. La alimentación de las señales debe poder separarse de la alimentación del sistema. [SFVI-REQ010]
- 2.6. La alimentación de las señales debe poder estar entre 5 a 48 V de corriente continua. [SFVI-REQ011]
- 2.7. El sistema debe contar con las siguientes señales de entrada: disparador, selección de programa. [SFVI-REQ012]
- 2.8. El sistema debe contar con las siguientes señales de salida: Inspección OK, encendido de iluminación, Inspección NO-OK, número de herramienta NO-OK. [SFVI-REQ013]

## 3. Requerimientos de software:

- 3.1. El software debe tener un control de versiones. [SFVI-REQ014]
- 3.2. El sistema debe contar con una interfaz gráfica. [SFVI-REQ015]
- 3.3. El código del sistema debe realizarse en lenguaje Python. [SFVI-REQ016]
- 3.4. El sistema puede utilizar librerías de código abierto como OpenCV. [SFVI-REQ017]

## 4. Requerimientos de visión:

- 4.1. El sistema debe poder controlar la adquisición de imágenes. [SFVI-REQ018]
- 4.2. Se debe poder configurar para la adquisición el tiempo de exposición y la ganancia, en caso de que el hardware lo permita. [SFVI-REQ019]
- 4.3. Se debe poder configurar una señal de entrada como disparador y una señal de salida como flash. Ambas deben tener retardos configurables. [SFVI-REQ020]
- 4.4. Se deben poder aplicar hasta 5 filtros a la imagen adquirida. [SFVI-REQ021]
- 4.5. Se deben poder seleccionar y configurar, por lo menos, los siguientes filtros: difuminación, difuminación gaussiana, dilatación, erosión, sobel. [SFVI-REQ022]
- 4.6. Se debe poder seleccionar y configurar el ecualizado por histograma de las imágenes. [SFVI-REQ023]
- 4.7. El sistema debe contar con herramientas para reconocimiento de bordes y líneas. [SFVI-REQ024]
- 4.8. El sistema debe permitir realizar mediciones lineales entre bordes y líneas reconocidos. [SFVI-REQ025]

- 4.9. El sistema debe contar con un módulo de aprendizaje profundo para inspecciones de calidad. [SFVI-REQ026]
- 4.10. El sistema debe contar con un módulo de reconocimiento de patrón. [SFVI-REQ027]
- 4.11. El sistema debe ser poder reconocer el patrón con variaciones de rotación, aspecto y tamaño. El rango permitido para cada uno debe poder configurarse. [SFVI-REQ028]
- 4.12. El sistema debe contar con herramientas lógicas para configuración de inspecciones. [SFVI-REQ029]

## 5. Requerimientos de interfaz gráfica:

- 5.1. El sistema debe contar con 2 modos de funcionamiento: programación y operación. [SFVI-REQ030]
- 5.2. La interfaz gráfica debe permitir el paso de un modo de funcionamiento a otro. [SFVI-REQ031]
- 5.3. El modo de programación debe solo poder accederse mediante el ingreso de una contraseña. [SFVI-REQ032]
- 5.4. La interfaz debe permitir configurar la adquisición de imágenes. [SFVI-REQ033]
- 5.5. La interfaz debe permitir distintos programas de visión. [SFVI-REQ034]
- 5.6. La interfaz debe permitir configurar la estructura de los programas de visión. [SFVI-REQ035]
- 5.7. La interfaz debe permitir configurar cada una de las herramientas disponibles por el módulo de visión. [SFVI-REQ036]
- 5.8. En modo operación, el sistema debe mostrar la última inspección realizada y el resultado de las distintas herramientas. [SFVI-REQ037]
- 5.9. En modo operación, el sistema debe mostrar métricas de inspecciones totales y porcentaje de inspecciones correctas. [SFVI-REQ038]

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

En esta sección se enuncian las historias de usuario, cada una de ellas llevará un puntaje según 3 aspectos:

- Dificultad: Cantidad de trabajo a realizar.
- Complejidad: Complejidad de trabajo a realizar.
- Riesgo: Incertidumbre del trabajo a realizar.

Se utilizará una escala siguiendo la serie de Fibonacci, donde un número mayor implica mayor costo. Si la suma de los 3 componentes no da un número de la serie, se elegirá el próximo más cercano.

1. Como operario quiero detectar la presencia de errores para reportarlo a mi supervisor.
  - D: 8.

- C: 5.
  - R: 3.
  - Total: 21.
2. Como operario quiero una interfaz de usuario simple para evitar cometer errores.
- D: 3.
  - C: 3.
  - R: 1.
  - Total: 7.
3. Como operario de mantenimiento quiero detectar los problemas del sistema para repararlos rápidamente.
- D: 5.
  - C: 5.
  - R: 3.
  - Total: 13.
4. Como desarrollador quiero tener acceso a las distintas herramientas del sistema de visión de una forma ordenada y poder configurarlas fácilmente.
- D: 5.
  - C: 5.
  - R: 3.
  - Total: 13.
5. Como gerente de planta quiero saber las métricas de calidad y entender dónde están los problemas que reducen la productividad por descarte de piezas malas.
- D: 3.
  - C: 3.
  - R: 5.
  - Total: 11.

## 8. Entregables principales del proyecto

Los entregables del proyecto son:

- Prototipo del sistema.
- Ejemplo de implementación.
- Manual de uso.
- Diagrama de circuitos esquemáticos.
- Archivos de fabricación de PCB.
- Planos y medidas dimensionales del sistema.
- Informe final.

## 9. Desglose del trabajo en tareas

A continuación se enumeran las tareas del proyecto y se detalla su carga horaria:

### 1. Planificación y gestión del proyecto (70 hs):

- 1.1. Realizar el plan de trabajo (10 hs)
- 1.2. Reuniones con director (30 hs)
- 1.3. Realizar informe de avance (10 hs)
- 1.4. Confección de memoria de trabajo (40 hs)
- 1.5. Presentación y defensa de trabajo (10 hs)

### 2. Tareas de investigación (95 hs):

- 2.1. Búsqueda de soluciones similares (10 hs)
- 2.2. Estudiar prestaciones Raspberry Pi (10 hs)
- 2.3. Selección y adquisición de componentes de desarrollo (20 hs)
- 2.4. Estudiar bibliografía de visión (40 hs)
- 2.5. Recopilar hojas de datos (5 hs.)
- 2.6. Búsqueda y estudio de librerías de software (20 hs)

### 3. Desarrollo de software (200 hs):

- 3.1. Instalación de sistema operativo y librerías (10 hs)
- 3.2. Pruebas de librerías y herramientas de visión (20 hs)
- 3.3. Desarrollo de módulo de visión (60 hs)
- 3.4. Desarrollo de módulo de aprendizaje profundo (30 hs)
- 3.5. Desarrollo de interfaz gráfica (40 hs)
- 3.6. Desarrollo de aplicación (40 hs)

### 4. Desarrollo de Hardware (45 hs):

- 4.1. Diseño de circuitos eléctricos (15 hs)
- 4.2. Diseño de PCB (15 hs)
- 4.3. Elaboración de archivos de fabricación (15 hs)

### 5. Fabricación (60 hs):

- 5.1. Compra de componentes electrónicos (15 hs)
- 5.2. Fabricación de PCB (5 hs)
- 5.3. Ensamble de PCB (10 hs)
- 5.4. Diseño y fabricación de gabinete (30 hs)

### 6. Ensayos e implementación(100 hs):

- 6.1. Pruebas eléctricas (10 hs)
- 6.2. Ensayo de interfaz de usuario (20 hs)
- 6.3. Prueba de aplicación (20 hs)
- 6.4. Optimización y búsqueda de errores (20 hs)
- 6.5. Pruebas de implementación en planta (30 hs)

## 10. Diagrama de Activity On Node

La Figura 3 muestra las actividades del proyecto desglosadas en un diagrama de Activity on Node. Se puede ver la secuencia que conecta las distintas acciones. El tiempo que se muestra representa horas de trabajo.

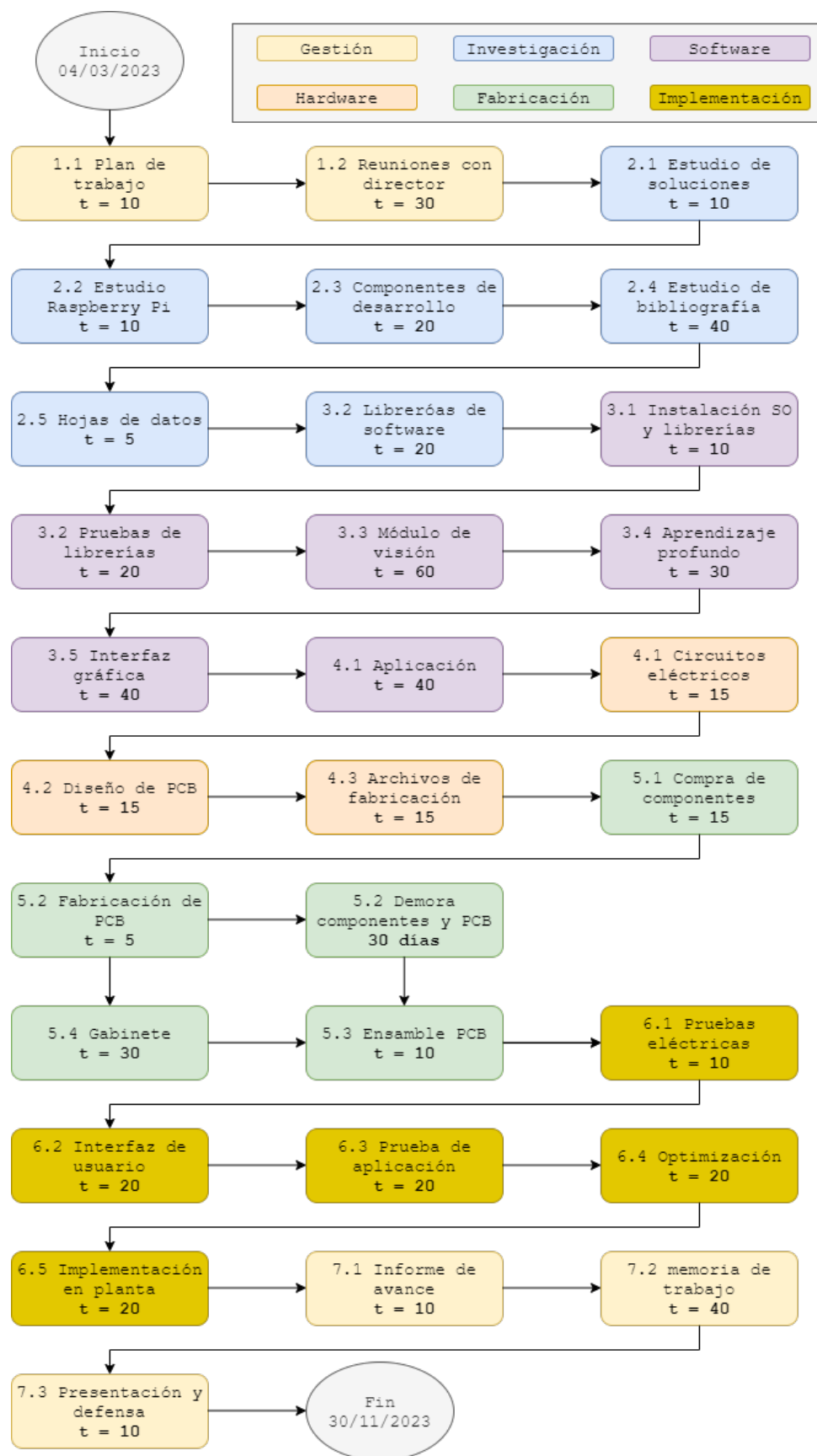


Figura 3. Diagrama de *Activity on Node*

## 11. Diagrama de Gantt

En la figura 4 se muestra el esquema de desglose de trabajo y en la figura 5, el diagrama de gantt del proyecto.

ID	Name	Start Date	End Date	Duration
1	▼ Gestión inicial	Mar 04, 2023	Mar 20, 2023	13.33 days
2	Realizar el plan de trabajo	Mar 04, 2023	Mar 08, 2023	3.33 days
3	Reuniones con director	Mar 08, 2023	Mar 20, 2023	10 days
4	▼ Investigación	Mar 20, 2023	Apr 29, 2023	34.97 days
5	Búsqueda de soluciones similares	Mar 20, 2023	Mar 23, 2023	3.33 days
6	Estudiar prestaciones Raspberry Pi	Mar 23, 2023	Mar 27, 2023	3.33 days
7	Selección y adquisición de componentes de ...	Mar 27, 2023	Apr 04, 2023	6.66 days
8	Estudiar bibliografía de visión	Apr 04, 2023	Apr 19, 2023	13.33 days
9	Recopilar hojas de datos	Apr 19, 2023	Apr 21, 2023	1.66 days
10	Búsqueda y estudio de librerías de software	Apr 21, 2023	Apr 29, 2023	6.66 days
11	▼ Desarrollo de software	Apr 29, 2023	Jul 15, 2023	66.65 days
12	Instalación de sistema operativo y librerías	Apr 29, 2023	May 03, 2023	3.33 days
13	Pruebas de librerías y herramientas de visión	May 03, 2023	May 11, 2023	6.66 days
14	Desarrollo de módulo de visión	May 11, 2023	Jun 03, 2023	20 days
15	Desarrollo de módulo de aprendizaje profundo	Jun 03, 2023	Jun 15, 2023	10 days
16	Desarrollo de interfaz gráfica	Jun 15, 2023	Jun 30, 2023	13.33 days
17	Desarrollo de aplicación	Jun 30, 2023	Jul 15, 2023	13.33 days
18	▼ Desarrollo de Hardware	Jul 15, 2023	Aug 02, 2023	15 days
19	Diseño de circuitos eléctricos	Jul 15, 2023	Jul 21, 2023	5 days
20	Diseño de PCB	Jul 21, 2023	Jul 27, 2023	5 days
21	Elaboración de archivos de fabricación	Jul 27, 2023	Aug 02, 2023	5 days
22	▼ Fabricación	Aug 02, 2023	Aug 25, 2023	19.99 days
23	Compra de componentes electrónicos	Aug 02, 2023	Aug 08, 2023	5 days
24	Fabricación de PCB	Aug 08, 2023	Aug 10, 2023	1.66 days
25	Ensamble de PCB	Aug 10, 2023	Aug 14, 2023	3.33 days
26	Diseño y fabricación de gabinete	Aug 14, 2023	Aug 25, 2023	10 days
27	▼ Ensayos e implementación	Aug 25, 2023	Oct 16, 2023	43.3 days
28	Pruebas eléctricas	Aug 25, 2023	Aug 30, 2023	3.33 days
29	Ensayo de interfaz de usuario	Aug 30, 2023	Sep 06, 2023	6.66 days
30	Prueba de aplicación	Sep 06, 2023	Sep 14, 2023	6.66 days
31	Optimización y búsqueda de errores	Sep 14, 2023	Oct 04, 2023	16.65 days
32	Pruebas de implementación en planta	Oct 04, 2023	Oct 16, 2023	10 days
33	▼ Gestión final	Oct 16, 2023	Nov 08, 2023	19.99 days
34	Realizar informe de avance	Oct 16, 2023	Oct 19, 2023	3.33 days
35	Confección de memoria de trabajo	Oct 19, 2023	Nov 03, 2023	13.33 days
36	Presentación y defensa de trabajo	Nov 03, 2023	Nov 08, 2023	3.33 days

Figura 4. Desglose de trabajo



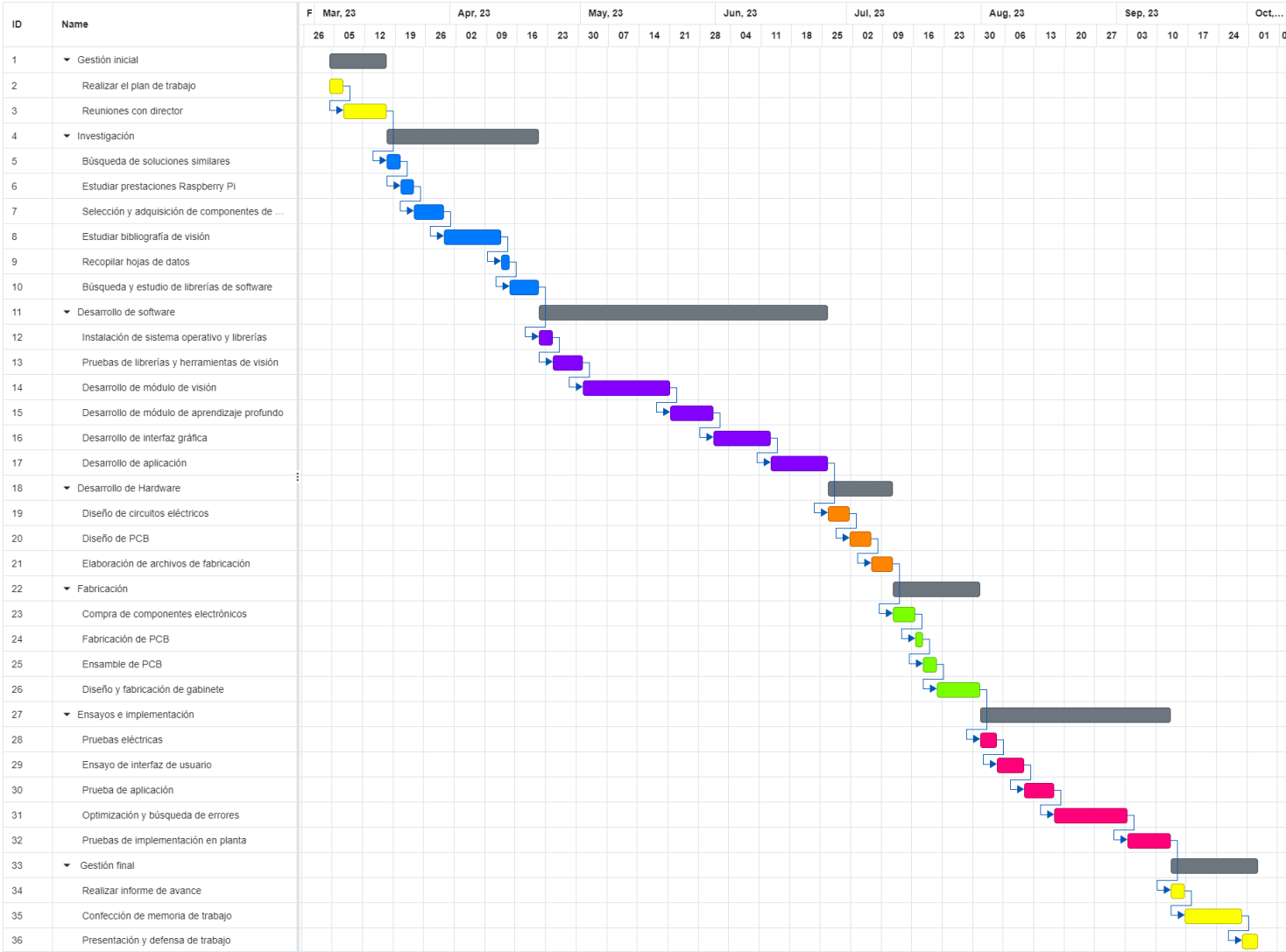


Figura 5. Diagrama de Gantt

## 12. Presupuesto detallado del proyecto

En el cuadro 1 se detallan los costos del proyecto. Se aclara que la cotización del dólar estadounidense (USD) al día de la fecha (1 de abril de 2023) es 208.39 AR\$ (pesos argentinos).

COSTOS DIRECTOS			
Descripción	Cantidad	Valor unitario	Valor total
Horas de ingeniería	570	10 USD	5700 USD
Dispositivos de testing	1	400 USD	400 USD
Componentes electrónicos	1	200 USD	200 USD
Placas PCB	1	100 USD	100 USD
Gabinete	1	50 USD	50 USD
Implementación en planta	1	500 USD	500 USD
SUBTOTAL			6950 USD
COSTOS INDIRECTOS			
Descripción	Cantidad	Valor unitario	Valor total
Horas de administración	50	5 USD	250 USD
Horas de uso de PC	570	0.5 USD	285 USD
Horas de uso de máquinas	40	2 USD	80 USD
SUBTOTAL			615 USD
TOTAL			7565 USD

Cuadro 1. Costos del proyecto

## 13. Gestión de riesgos

a) Riesgos identificados:

Riesgo 1: No habrá stock de los componentes necesarios.

- Severidad (S): 8. Sin los componentes no se podrá ensayar ni finalizar el proyecto.
- Probabilidad de ocurrencia (O): 5. Actualmente, existe una escasez general de componentes electrónicos en el mercado, aunque los necesarios son de amplio uso.

Riesgo 2: El fabricante de PCBs tendrá demoras excesivas o problemas con la fabricación.

- Severidad (S): 6. Sin la placa, solo se podrá hacer un prototipo provisorio para las IO. No podrá completarse el proyecto en tiempo de forma satisfactoria
- Ocurrencia (O): 2. Hay varios fabricantes y con los que se trabajó previamente nunca hubo inconvenientes.

Riesgo 3: Se perderá la relación actual con la empresa Cambre.

- Severidad (S): 5. Se complicaría realizar testeos en planta, así como algunas facilidades para la obtención de los componentes.

- Ocurrencia (O): 2. Actualmente, la relación es muy buena.

Riesgo 4: Aparecerán trabas políticas en materia aduanera, o complicaciones económicas en Argentina.

- Severidad (S): 7. Se dificultaría conseguir los componentes y las PCB.
- Ocurrencia (O): 5. La inestabilidad política actual puede generar problemas.

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

Riesgo	Severidad	Ocurrencia	RPN	Severidad*	Ocurrencia*	RPN*
1	8	5	40	6	4	24
2	6	2	12	-	-	-
3	5	2	10	-	-	-
4	7	5	35	5	5	25

Criterio adoptado: Se tomarán medidas de mitigación en los riesgos cuyos números de RPN sean mayores a 30.

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: Se buscará determinar lo antes posible los componentes a usar y encargarlos de inmediato.

- Severidad (S): 6. La severidad es menor ya que el problema se afrontaría antes, permitiendo no atrasarse o seleccionar otros componentes similares y diseñar a partir de estos.
- Probabilidad de ocurrencia (O): 4. Si bien puede que no haya stock, se tendrá un mayor margen de tiempo en el cual se pueden conseguir los componentes.

Riesgo 4: Similar al plan del Riesgo 1, se buscará determinar los componentes lo antes posible y encargarlos.

- Severidad (S): 5. Teniendo los componentes en mano, el proyecto tiene menos retrasos debido a un cierre.
- Probabilidad de ocurrencia (O): 5. La posibilidad de que ocurra un cierre se mantiene igual, pero la posibilidad de no tener los componentes disminuye.

## 14. Gestión de la calidad

Para cada uno de los requerimientos del proyecto se enuncia el procedimiento de verificación y validación:

- [SFVI-REQ001]El sistema debe utilizar una Raspberry Pi 4:

- Verificación: Se comprobará el componente empleado.
- Validación: Se comprobará la conformación del sistema.
- **[SFVI-REQ002]**El software de visión y la interfaz gráfica deben ser procesados por la Raspberry Pi:
  - Verificación: Se comprobará el software empleado.
  - Validación: Se comprobará la conformación del sistema.
- **[SFVI-REQ003]**La Raspberry Pi debe utilizar el sistema operativo Raspbian:
  - Verificación: Se comprobará el sistema operativo.
  - Validación: Se comprobará el sistema operativo.
- **[SFVI-REQ004]**El sistema debe alimentarse con 24 V de corriente continua:
  - Verificación: Se comprobarán los esquemáticos y los componentes elegidos.
  - Validación: Se conectará el sistema a 24V y se verá su funcionamiento.
- **[SFVI-REQ005]**El tiempo máximo de una inspección debe ser menor a 3 segundos:
  - Verificación: Se comprobarán los tiempos de distintas inspecciones.
  - Validación: Se comprobará el tiempo de las inspecciones de la implementación en planta.
- **[SFVI-REQ006]**El sistema debe contar con una plaqueta de adaptación de señales discretas:
  - Verificación: Se comprobará la conexión de la PCB.
  - Validación: Se conectará el sistema a un PLC.
- **[SFVI-REQ007]**Las señales discretas del sistema deben ser las disponibles en la Raspberry Pi:
  - Verificación: Se comprobará la conexión de la PCB.
  - Validación: Se comprobará el funcionamiento de las distintas señales.
- **[SFVI-REQ008]**La plaqueta de adaptación de señales debe aislar electricamente las señales al menos a 3 KV, mediante el uso de optoacopladores:
  - Verificación: Se verá el datasheet de los optoacopladores empleados y se comprobaran las distancias de aislación eléctrica en la PCB.
  - Validación: Se hará un ensayo de sobretensión en el sistema.
- **[SFVI-REQ009]**Las señales adaptadas deben ser del tipo PNP:
  - Verificación: Se comprobarán los esquemáticos de los PCB y los componentes seleccionados.
  - Validación: Se hará una demostración con instrumentos de medición del tipo de salida.
- **[SFVI-REQ010]**La alimentación de las señales debe poder separarse de la alimentación del sistema:
  - Verificación: Se comprobarán los esquemáticos del PCB.

- Validación: Se hará una demostración con distintas tensiones de alimentación.
- **[SFVI-REQ011]**La alimentación de las señales debe poder estar entre 5 a 48 V de corriente continua:
  - Verificación: Se comprobarán los esquemáticos y componentes empleados.
  - Validación: Se hará una demostración con distintas tensiones de alimentación.
- **[SFVI-REQ012]**El sistema debe contar con las siguientes señales de entrada: disparador, selección de programa:
  - Verificación: Se comprobará la configuración de IO en el software.
  - Validación: Se hará una demostración de operación de las señales.
- **[SFVI-REQ013]**El sistema debe contar con las siguientes señales de salida: Inspección OK, encendido de iluminación, inspección NO-OK, número de herramienta NO-OK:
  - Verificación: Se comprobará la configuración de IO en el software.
  - Validación: Se hará una demostración de operación de las señales.
- **[SFVI-REQ014]**El software debe tener un control de versiones:
  - Verificación: Se comprobará el uso de un repositorio.
  - Validación: Se hará una demostración de cambio de versión de software.
- **[SFVI-REQ015]**El sistema debe contar con una interfaz gráfica:
  - Verificación: Se comprobará el módulo de software implementado.
  - Validación: Se hará una demostración de uso de la interfaz.
- **[SFVI-REQ016]**El código del sistema debe realizarse en lenguaje Python:
  - Verificación: Se comprobará el lenguaje de software utilizado.
  - Validación: Se comprobará el lenguaje de software utilizado.
- **[SFVI-REQ017]**El sistema puede utilizar librerías de código abierto como OpenCV:
  - Verificación: Se comprobarán las librerías de software utilizadas.
  - Validación: Se presentará una lista con las librerías implementadas.
- **[SFVI-REQ018]**El sistema debe poder controlar la adquisición de imágenes:
  - Verificación: Se comprobará en el software la implementación de adquisición de imágenes.
  - Validación: Se presentará la adquisición de una imagen.
- **[SFVI-REQ019]**Se debe poder configurar para la adquisición el tiempo de exposición y la ganancia, en caso de que el hardware lo permita:
  - Verificación: Se comprobará en el software la implementación de las configuraciones.
  - Validación: Se presentará la adquisición de una imagen modificando las configuraciones.
- **[SFVI-REQ020]**Se debe poder configurar una señal de entrada como disparador y una señal de salida como flash. Ambas deben tener retardos configurables:

- Verificación: Se comprobará en el software la implementación de las configuraciones.
- Validación: Se presentará el uso de las configuraciones en la adquisición de una imagen.
- **[SFVI-REQ021]** Se deben poder aplicar hasta 5 filtros a la imagen adquirida:
  - Verificación: Se comprobará en el software la implementación de los filtros.
  - Validación: Se presentará el uso de 5 filtros en una imagen.
- **[SFVI-REQ022]** Se deben poder seleccionar y configurar, por lo menos, los siguientes filtros: difuminación, difuminación gaussiana, dilatación, erosión, sobel:
  - Verificación: Se comprobará en el software la implementación de los filtros.
  - Validación: Se presentará el uso de cada uno de los filtros en una imagen.
- **[SFVI-REQ023]** Se debe poder seleccionar y configurar el ecualizado por histograma de las imágenes:
  - Verificación: Se comprobará en el software la implementación de la herramienta de ecualizado.
  - Validación: Se presentará el uso del ecualizado en una imagen.
- **[SFVI-REQ024]** El sistema debe contar con herramientas para reconocimiento de bordes y líneas:
  - Verificación: Se comprobará en el software la implementación de las herramientas.
  - Validación: Se presentará el uso de las herramientas en una imagen.
- **[SFVI-REQ025]** El sistema debe permitir realizar mediciones lineales entre bordes y líneas reconocidos:
  - Verificación: Se comprobará en el software la implementación de las herramientas.
  - Validación: Se presentarán algunos ejemplos de mediciones en una imagen.
- **[SFVI-REQ026]** El sistema debe contar con un módulo de aprendizaje profundo para inspecciones de calidad:
  - Verificación: Se comprobará en el software la implementación de la herramienta.
  - Validación: Se presentará un ejemplo de uso de la herramienta con imágenes adquiridas.
- **[SFVI-REQ027]** El sistema debe contar con un módulo de reconocimiento de patrón:
  - Verificación: Se comprobará en el software la implementación de la herramienta.
  - Validación: Se presentará un ejemplo de uso de la herramienta con imágenes adquiridas.
- **[SFVI-REQ028]** El sistema debe ser poder reconocer el patrón con variaciones de rotación, aspecto y tamaño. El rango permitido para cada uno debe poder configurarse:
  - Verificación: Se comprobará en el software la implementación de la herramienta y las configuraciones.
  - Validación: Se presentará un ejemplo de uso de la herramienta con imágenes adquiridas y cambios en las configuraciones.

- **[SFVI-REQ029]**El sistema debe contar con herramientas lógicas para configuración de inspecciones:
  - Verificación: Se comprobará en el software la implementación de las herramientas.
  - Validación: Se presentará un ejemplo de uso de las herramientas.
- **[SFVI-REQ030]**El sistema debe contar con 2 modos de funcionamiento: programación y operación:
  - Verificación: Se comprobará en el software la implementación de los modos de funcionamiento.
  - Validación: Se demostrará el cambio de modo de funcionamiento y las diferencias de funcionalidades.
- **[SFVI-REQ031]**La interfaz gráfica debe permitir el paso de un modo de funcionamiento a otro:
  - Verificación: Se comprobará en el software la implementación de los modos de funcionamiento.
  - Validación: Se demostrará el cambio de modo de funcionamiento y las diferencias de funcionalidades.
- **[SFVI-REQ032]**El modo de programación debe solo poder accederse mediante el ingreso de una contraseña:
  - Verificación: Se comprobará en el software la implementación de las contraseñas para cambio de modo.
  - Validación: Se demostrará el cambio de modo de funcionamiento con el uso de una contraseña.
- **[SFVI-REQ033]**La interfaz debe permitir configurar la adquisición de imágenes:
  - Verificación: Se comprobará en el software la implementación de las configuraciones.
  - Validación: Se demostrará el cambio de las configuraciones desde la interfaz.
- **[SFVI-REQ034]**La interfaz debe permitir distintos programas de visión:
  - Verificación: Se comprobará en el software la implementación de más de un programa.
  - Validación: Se demostrará el uso de 2 programas distintos.
- **[SFVI-REQ035]**La interfaz debe permitir configurar la estructura de los programas de visión:
  - Verificación: Se comprobará en el software la posibilidad de configurar más de un programa.
  - Validación: Se demostrará la configuración de 2 programas distintos.
- **[SFVI-REQ036]**La interfaz debe permitir configurar cada una de las herramientas disponibles por el módulo de visión:
  - Verificación: Se comprobará en el software la posibilidad de configurar todas las herramientas.
  - Validación: Se demostrará la configuración de cada una de las herramientas disponibles.

- **[SFVI-REQ037]** En modo operación el sistema debe mostrar la última inspección realizada y el resultado de las distintas herramientas:
  - Verificación: Se comprobará en el software la implementación del modo operación.
  - Validación: Se demostrará el uso en modo operación con un programa.
- **[SFVI-REQ038]** En modo operación, el sistema debe mostrar métricas de inspecciones totales y porcentaje de inspecciones correctas:
  - Verificación: Se comprobará en el software la implementación del modo operación.
  - Validación: Se demostrará el uso en modo operación con un programa.

## 15. Procesos de cierre

A continuación se enuncian cuales serán las actividades de cierre del proyecto y quien será el encargado de su organización:

- Reunión de evaluación de proyecto: A realizar con el director del trabajo. Se estudiará en que medida se respetó el plan de proyecto original, comparando con los resultados obtenidos. También se evaluarán las técnicas empleadas y se las distinguirá entre eficiente e ineficientes, según si ayudaron a que el proyecto se realice en tiempo y cumpliendo las pautas de calidad y riesgo. Se escribirá un documento que detalle las conclusiones de dicha reunión, como referencia para proyectos futuros (Encargado: Alejandro Virgillo)
- Reunión de agradecimiento: A realizar con el director del trabajo y los colaboradores de Cambre que ayuden en la implementación en planta (Encargado: Alejandro Virgillo)