

**UNIVERSIDAD EUROPEA DE MADRID**

**ESCUELA DE ARQUITECTURA, INGENIERÍA Y DISEÑO**

**GRADO EN INGENIERÍA INFORMÁTICA**

PROYECTO FIN DE GRADO

**PROYECTO INDUSTRIA 4.0: DETECCIÓN DE GALLETAS ROTAS MEDIANTE VISIÓN ARTIFICIAL EN LÍNEA DE PRODUCCIÓN**

**Adrián Gabriel García Ortiz**

**Dirigido por**

**Profesor Héctor Barrio Crespo**

**CURSO 2021-2022**

**TÍTULO**: PROYECTO INDUSTRIA 4.0: DETECCIÓN DE GALLETAS ROTAS MEDIANTE VISIÓN ARTIFICIAL EN LÍNEA DE PRODUCCIÓN

**AUTOR**: ADRIÁN GABRIEL GARCÍA ORTIZ

**TITULACIÓN**: GRADO EN INGENIERÍA INFORMÁTICA

**DIRECTOR/ES DEL PROYECTO**: PROFESOR HÉCTOR BARRIO CRESPO

**FECHA**: JUNIO DE 2022

INSTRUCCIONES Y COMENTARIOS ACERCA UTILIZAR ESTA PLANTILLA

[ESTA SECCIÓN DE INSTRUCCIONES SE DEBE BORRAR EN EL DOCUMENTO FINAL. SE INCLUYE A EFECTOS INFORMATIVOS PARA ACLARAR EL FORMATO QUE SE DEBE UTILIZAR EN LA REDACCIÓN DE LA MEMORIA]

**Control de versión de esta plantilla**

Este control de versiones de la plantilla se debe eliminar de la memoria de proyecto. Se incluye aquí para asegurar que se utiliza la versión más actualizada de plantilla de memoria PFG, publicada en el campus virtual.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Nombre del fichero de la plantilla** | **Versión de esta plantilla** | **Fecha** | **Comentarios** |
| Plantilla memoria PFG – AED – v1.0 | v1.0 | abril/2020 | Versión inicial |
| Plantilla memoria TFG – AED – v1.0 | v1.1 | nov/2021 | Cambio de logo |

**Instrucciones**

Sustituye el texto en ROJO de tu versión definitiva de la memoria, y borra el texto en rojo que no aplica.

Se recomienda que antes de empezar a escribir, leas el contenido sugerido de cada apartado de esta plantilla.

**Actualización de índices**

Antes de entregar la memoria, asegúrate de haber actualizado los índices de contenido, de figuras y tablas.

**Extensión de la memoria**

Se recomienda redactar de forma sintética los puntos de contenido, incluyendo toda la información esencial requerida para explicar tu trabajo, y añadir información auxiliar en el anexo.

**Headings / encabezados**

Utiliza el Heading 1, Heading 2 y Heading 3 de esta plantilla. Lo encuentras en el menú “Home 🡪 Styles”

No varíes los interlineados ni características de párrafo.

El encabezado Heading 1 inserta una página nueva para iniciar el capítulo.

**Estilo de redacción**

Deberá mantenerse el mismo estilo de redacción a lo largo de todo el texto. Se recomienda utilizar un estilo impersonal (“Se ha desarrollado…”), o en primera persona plural (“Hemos desarrollado un…”).

Cuando sea necesario el uso de siglas o acrónimos, es recomendable aclarar su significado la primera vez que aparecen, siempre que no sean suficientemente conocidos o se incluya un glosario en el documento.

En la redacción de los textos incluidos en el proyecto se seguirán los siguientes criterios:

Títulos directos y completos (ejemplo: “*Interrelación entre secciones del proceso de fabricación”*, en vez de: “*Proceso de fabricación. Interrelación entre secciones”*).

Párrafos cortos.

Oraciones directas y completas con el mínimo posible de oraciones intercaladas.

Estilo impersonal y objetivo (ejemplo: *Posteriormente se estudiará*, en vez de: *Posteriormente estudiaremos*)

Todos los textos deberán estar ordenados en capítulos, divididos en apartados y subapartados, y éstos, en párrafos. Se recomienda que estén escritos en formato A4 y mecanografiado a espacio y medio (pero puede que tengáis una guía de estilo, en ese caso se deben seguir las recomendaciones de esta).

Los capítulos llevarán numeración correlativa, así como apartados y subapartados de cada capítulo. Capítulos, apartados y subapartados utilizarán el sistema de numeración decimal.

**Font / tipo de letra**

El tipo de letra a utilizar es Times New Roman, Arial o Calibri, en tamaño 11 (el estilo “Normal” de esta plantilla utiliza Calibri, 11pt).

Recuerda que quieres que se lea fácilmente, por tanto:

* el uso de viñetas se agradece
* usa los títulos de secciones y sub-secciones para dividir la información
* si hay fórmulas, utiliza un interlineado de 1,15 como mínimo.

**Separaciones**

Los capítulos iniciarán página. La separación, entre nombres de los capítulos y los nombres de los apartados y subapartados y su primer párrafo, será de dos espacios.

La separación entre párrafos será de dos espacios.

**Márgenes y sangrados**

Sigue la guía de estilo que te den. Si vas a encuadernar el trabajo tenlo en cuenta a la hora de establecer los márgenes.

Entre cada número o letra y el inicio del texto se dejarán dos espacios.

**Numeración de páginas**

Todas las páginas estarán numeradas correlativamente, indicando en la parte central inferior el número de la página.

**Numeración de figuras**

Todas las figuras estarán numeradas correlativamente, indicando en la parte central inferior de la misma el número de la figura y el título que le dais a la misma, en un tamaño de fuente generalmente de 10 puntos.

Si son gráficos recuerda que el título que le des tiene que ser breve y descriptivo (referirse a los ejes). Por ejemplo “Velocidad en función del Tiempo”. En general, el título que le des a una figura debe ser tal que no necesite explicaciones. Si la figura ha sido extraída de alguna otra fuente, recuerda que has de referenciarlo.

**Numeración de tablas**

Todas las tablas estarán numeradas correlativamente, indicando en la parte central inferior el número de la tabla y su título en un tamaño de fuente de 10 puntos.

**Encabezado de páginas**

Todas las páginas estarán encabezadas con la siguiente estructura:

* Logo de la empresa en la que trabajáis (la universidad en vuestro caso) a la derecha. Se puede incluir además en una segunda línea el nombre del departamento (asignatura en vuestro caso).
* Título del proyecto o del trabajo y en una segunda línea Nombre de los autores, en la izquierda.

**Referencias**

¡Siempre referencia toda las fuentes e información que utilizas de otros! Si utilizas información que te han proporcionado de una empresa, asegúrate que tienes permiso para incluirlo en la memoria.

[FIN DE LAS INSTRUCCIONES]

# RESUMEN

Actualmente se utiliza la inteligencia artificial en múltiples ámbitos, uno de estos es la detección de errores. La detección de errores mediante inteligencia artificial es un campo en expansión con una gran cantidad de empresas que ofrecen soluciones, pero la mayoría son personalizadas para el cliente. Este proyecto se ha desarrollado con el objetivo de realizar un sistema que permita la detección de defectos en una línea de producción mediante visión artificial de forma rápida y sencilla para un usuario avanzado. El objetivo es crear un sistema que permita una integración simple mediante la realización de un conjunto de imágenes del objeto a detectar con sus posibles fallos, el entrenamiento de un modelo de detección mediante inteligencia artificial que distinga entre productos correctos y defectos y la implantación de un equipo con una webcam para captar las imágenes que procesa el modelo entrenado. Este sistema contará con un servidor que dará avisos al usuario de los fallos detectados un e-mail.

El resumen tiene entre 150-250 palabras. Resumir consiste en ofrecer información sobre cómo, dónde, cuándo y por qué se aplica el proyecto. Se realiza al finalizar el trabajo.

Debe incluir:

* Resumen del problema planteado y las aportaciones más importantes del proyecto al respecto
* Indica si procede si el proyecto se realizó en colaboración con una empresa, indicando nombre (siempre que haya autorización expresa por la empresa), y el sector industrial o empresarial
* Principales resultados del proyecto (diseño de un sistema para…, desarrollo e implementación de una solución para…, análisis de…, modelo de…)
* Resume las conclusiones más importantes del trabajo realizado

El resumen NO

* Da una información genérica
* Se refiere a datos aportados en el texto del proyecto.

**Palabras clave: machine learning, visión artificial, transformación digital, industria 4.0** hasta un máximo de 6 conceptos (un concepto puede conllevar una o más palabras). Incluye tecnologías que hayas utilizado, conceptos relevantes del ámbito científico-técnico, y conceptos de la industria (algunos ejemplos: machine learning, Big Data, Smart City, visión artificial, social media, Twitter, computación afectiva, transformación digital, GDPR, DevOps, EEG, …)

# ABSTRACT

Resumen en inglés.

Artificial intelligence is currently used in multiple fields, one of these is error detection. Artificial intelligence error detection is a growing field with a large number of companies offering solutions, but most are customized to the customer. This project has been developed with the aim of creating a system that allows the detection of defects in a production line by means of artificial vision quickly and easily for an advanced user. The objective is to create a system that allows simple integration by creating a set of images of the object to be detected with its possible failures, training a detection model using artificial intelligence that distinguishes between correct products and defects, and implementing a computer with a webcam to capture the images that the trained model processes. This system will have a server that will notify the user of the failures detected by e-mail.

**Keywords: machine learning, artificial vision, digital transformation, industry 4.0** Palabras clave en inglés

**AGRADECIMIENTOS**

**Gracias a mis padres, a mis amigos y a toda la gente que me ha apoyado para terminar este proyecto.**

En ocasiones se incluye este apartado para agradecer a aquellos que han ofrecido su ayuda en el desarrollo del trabajo, ya sea técnica o de otro tipo.

**Cita - frase célebre / Dedicatoria**

Esta página es del todo opcional, pero resulta una muy buena forma de presentar el trabajo académico más importante de todo el grado.

*Solo podemos ver poco del futuro, pero lo suficiente para darnos cuenta de que hay mucho que hacer.* Alan Turing

# TABLA RESUMEN

[Rellena esta tabla, y borra la opción que no aplica. Si tu proyecto ha tenido tanto desarrollo de producto como investigación, haz constar “SI” en ambos casos]

|  |  |
| --- | --- |
|  | **DATOS** |
| **Nombre y apellidos:** | Adrián Gabriel García Ortiz |
| **Título del proyecto:** | PROYECTO INDUSTRIA 4.0: DETECCIÓN DE GALLETAS ROTAS MEDIANTE VISIÓN ARTIFICIAL EN LÍNEA DE PRODUCCIÓN |
| **Directores del proyecto:** | Profesor Héctor Barrio Crespo |
| **El proyecto se ha realizado en colaboración de una empresa o a petición de una empresa:** | NO |
| **El proyecto ha implementado un producto:**  (esta entrada se puede marcar junto a la siguiente) | NO |
| **El proyecto ha consistido en el desarrollo de una investigación o innovación:**  (esta entrada se puede marcar junto a la anterior) | SI |
| **Objetivo general del proyecto:** | DETECCION DE GALLETAS ROTAS CON VISION ARTIFICIAL |

**Índice**

El índice debe ir paginado (debe incluir los números de página). Ha de ser un listado de cada una de las secciones o capítulos. No debe tener más de 3 niveles en las secciones (preferentemente 2 niveles). Recuerda que lo mejor es que el procesador de textos que uses lo haga de forma automática.

[RESUMEN 6](#_Toc37845866)

[ABSTRACT 7](#_Toc37845867)

[TABLA RESUMEN 10](#_Toc37845868)

[Capítulo 1. RESUMEN DEL PROYECTO 15](#_Toc37845869)

[1.1 Contexto y justificación 15](#_Toc37845870)

[1.2 Planteamiento del problema 15](#_Toc37845871)

[1.3 Objetivos del proyecto 15](#_Toc37845872)

[1.4 Resultados obtenidos 15](#_Toc37845873)

[1.5 Estructura de la memoria 15](#_Toc37845874)

[Capítulo 2. ANTECEDENTES / ESTADO DEL ARTE 16](#_Toc37845875)

[2.1 Estado del arte 16](#_Toc37845876)

[2.2 Contexto y justificación 16](#_Toc37845877)

[2.3 Planteamiento del problema 16](#_Toc37845878)

[Capítulo 3. OBJETIVOS 17](#_Toc37845879)

[3.1 Objetivos generales 17](#_Toc37845880)

[3.2 Objetivos específicos 17](#_Toc37845881)

[3.3 Beneficios del proyecto 18](#_Toc37845882)

[Capítulo 4. DESARROLLO DEL PROYECTO 19](#_Toc37845883)

[4.1 Planificación del proyecto 19](#_Toc37845884)

[4.2 Descripción de la solución, metodologías y herramientas empleadas 19](#_Toc37845885)

[4.3 Recursos requeridos 19](#_Toc37845886)

[4.4 Presupuesto 19](#_Toc37845887)

[4.5 Viabilidad 20](#_Toc37845888)

[4.6 Resultados del proyecto 20](#_Toc37845889)

[Capítulo 5. DISCUSIÓN 21](#_Toc37845890)

[Capítulo 6. CONCLUSIONES 22](#_Toc37845891)

[6.1 Conclusiones del trabajo 22](#_Toc37845892)

[6.2 Conclusiones personales 22](#_Toc37845893)

[Capítulo 7. FUTURAS LÍNEAS DE TRABAJO 23](#_Toc37845894)

[Capítulo 8. REFERENCIAS 24](#_Toc37845895)

[Capítulo 9. ANEXOS 25](#_Toc37845896)

**Índice de Figuras**

Todas las figuras incluidas en la memoria deben estar referenciadas para incluir en este índice.

**Índice de Tablas**

Todas las tablas incluidas en la memoria deben estar referenciadas para incluir en este índice.

# RESUMEN DEL PROYECTO

Este proyecto se ha desarrollado con el objetivo de realizar un sistema que permita la detección de defectos en productos en una línea de producción. El sistema utiliza la inteligencia artificial y la visión artificial para generar un modelo predictivo que permite la detección de fallos. El sistema cuenta con una implementación que avisa al usuario de los fallos en la línea de producción.

Este capítulo es un resumen, y no debe incluir el detalle. Existen capítulos específicos para añadir detalle de cada apartado. por tanto, únicamente se hace un resumen del trabajo completo, siguiendo la estructura marcada por las secciones de este capítulo.

Ocupa un máximo de 1 página.

## Contexto y justificación

Actualmente existen multitud de empresas que ofrecen sistemas que se pueden desplegar en una línea de producción para facilitar a las empresas la detección de fallos en los productos que elabora. Estos sistemas son costosos y requieren de mucho tiempo de estudio y desarrollo para ofrecer una solución personalizada al usuario. En el mercado podemos encontrar productos como Amazon Lookout que proporcionan soluciones para estos sistemas.

El sistema que se plantea desarrollar en este proyecto intenta ser una solución sencilla de implementar para que un usuario pueda elaborar un conjunto de imágenes, entrenar un modelo y desplegar un servidor que en conjunto con una webcam pueda colocarse en una línea de producción.

Resumen del por qué del proyecto y del contexto en el que se desarrolla. Está relacionado con el capítulo 2.

## Planteamiento del problema

El problema que va a tratar este proyecto concretamente es un ejemplo de una línea de producción en una fábrica de galletas. Las galletas pueden tener defectos en su elaboración, como grietas, roturas, etc. que un operario humano a simple vista puede distinguir. De esta forma un sistema con inteligencia artificial puede distinguir los fallos que se producen en una galleta mediante visión artificial.

Resumen del planteamiento del problema que pretendemos solucionar con nuestro proyecto. Se busca una pregunta motriz a la que el trabajo pretende dar respuesta. Aquí se puede hablar del estado del arte o antecedentes de dicho problema.

Indica si el proyecto se ha desarrollado para resolver un problema específico empresarial, o para investigar en una cuestión específica del ámbito científico-técnico, y/o incluye de innovación.

## Objetivos del proyecto

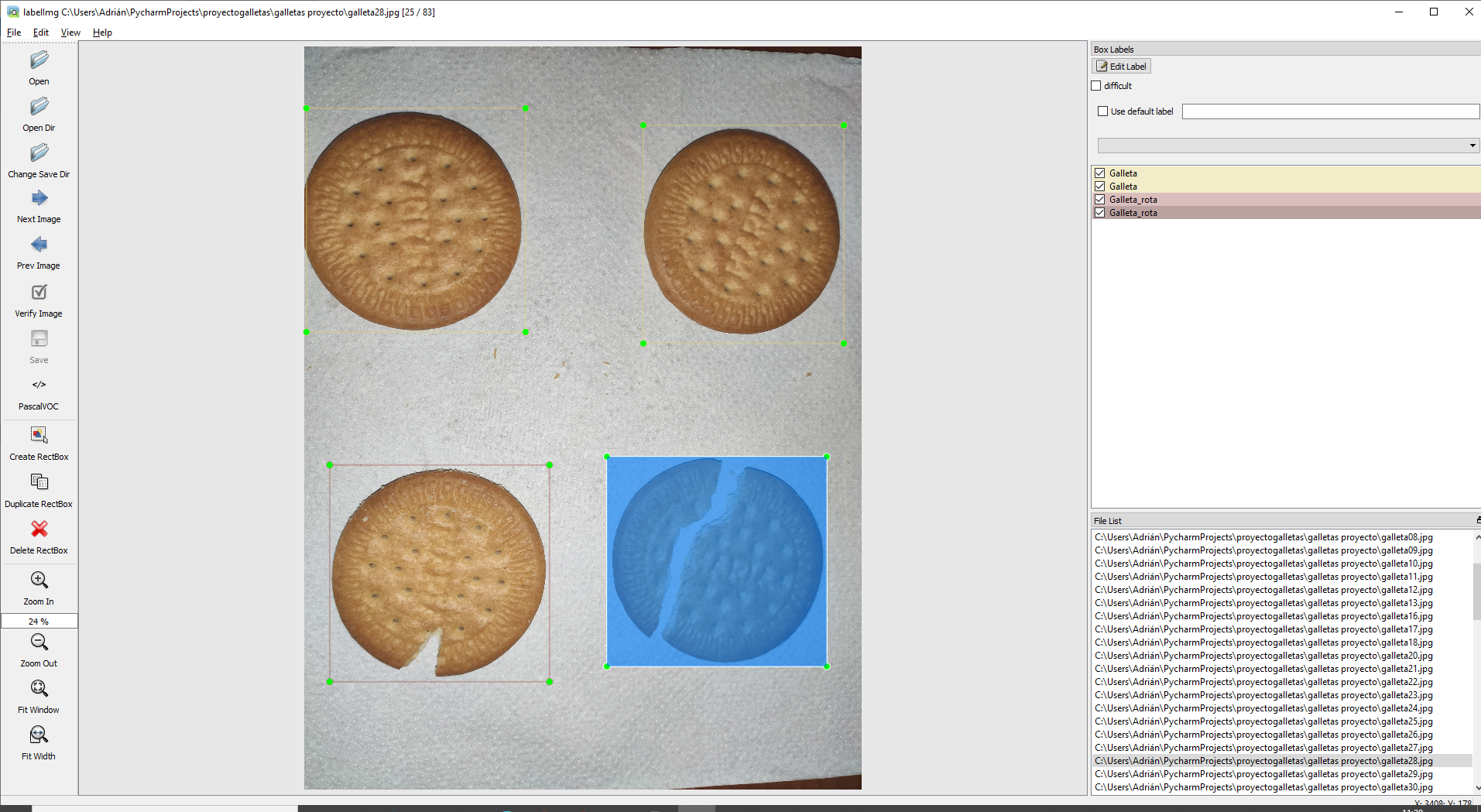
Los objetivos que busca el proyecto son:

* Realizar un dataset de galletas con fallos para el modelo predictivo
* Crear y entrenar un modelo predictivo para la detección de errores
* Implementar un sistema de visión artificial que haga uso de un modelo predictivo para detectar errores
* Desplegar el sistema de detección, que avise al usuario de los errores

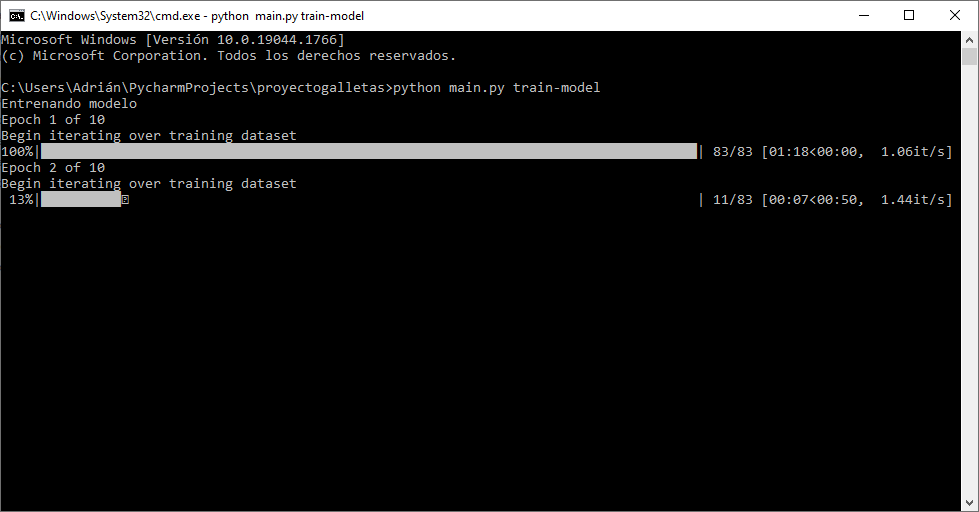
Incluye aquí solo un resumen de objetivos. En el capítulo correspondiente a objetivos se detallan tanto el general como los específicos.

## Resultados obtenidos

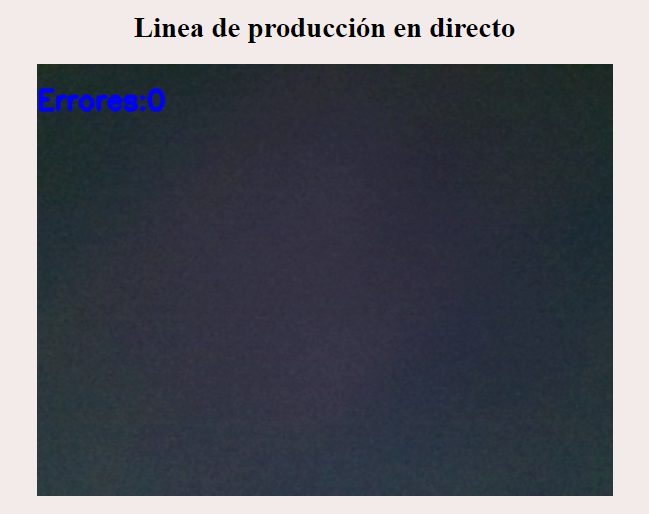
Se ha generado un dataset de galletas con galletas con defectos y galletas en buen estado:



Se ha generado un sistema que permite entrenar un modelo de detección a partir de una colección de imágenes etiquetadas:



Se ha realizado un sistema que permite detectar defectos mediante un modelo de detección y un servidor web que procesa las imágenes para utilizar el modelo.



Incluye el resumen de los resultados obtenidos al final de tu proyecto. En el capítulo correspondiente a resultados se detallan estos resultados.

## Estructura de la memoria

En el capítulo 2 se tratará el estado del arte actual de la detección de errores mediante inteligencia artificial, de las empresas que los desarrollan y sus soluciones.

En el capítulo 3 se hablará de los objetivos que se han planteado para el proyecto, de su alcance y de las mejoras que se obtienen.

En el capítulo 4 se explicará el desarrollo del proyecto, de como se han planificado las distintas etapas, los problemas que han surgido y el resultado final.

En el capítulo 5 se discutirá de las aproximaciones existentes al problema y de las diferencias respecto de la solución planteada.

En el capítulo 6 se expondrán las conclusiones alcanzadas con el desarrollo del proyecto.

Describe muy brevemente los capítulos y su contenido, con tus propias palabras.

# ANTECEDENTES / ESTADO DEL ARTE

En este capítulo se tratarán todos los detalles y cuestiones que justifican el desarrollo del proyecto. Aspectos tales como el estado actual de la detección de errores en la elaboración de productos, los sistemas que existen actualmente y las soluciones que ofrecen actualmente las empresas.

Aquí se pone en contexto tu proyecto y se enumerarán todos aquellos aspectos necesarios para la comprensión de las alternativas estudiadas.

## Estado del arte

Actualmente existen multitud de algoritmos y sistemas que permiten la detección de objetos a partir de colecciones de objetos o datasets. Estos datasets tienen que elaborarse de forma específica para cada caso a tratar, como defectos en la producción de una pieza.

Dependiendo del sistema, la solución comercial y la precisión necesaria pueden utilizarse distintos algoritmos, como el algoritmo YOLO o el algoritmo Faster R-CNN ((Region Based – Convolutional Neural Network).

En el mercado ya existen soluciones comerciales, como la recientemente lanzada Amazon Lookout, que permite a los clientes contratar una solución personalizada para su negocio e integrarla con AWS para obtener información en tiempo real de los problemas que puedan surgir. Otras soluciones comerciales que se pueden encontrar en el mercado son servicios personalizados que ofrecen empresas como Micro.ai o E2M, que tienen un coste más elevado.

Una frase inicial que describa de forma general el planteamiento del problema.

Presentar la literatura / estado del arte analizado en relación al problema.

## Contexto y justificación

El problema de las soluciones existentes para la detección de defectos es su elevado coste y lo difícil que suele ser su despliegue, ya que requiere un estudio de las líneas de producción, el análisis de los productos y sus posibles defectos, la colocación de cámaras en la línea de producción y la instalación de terminales para comprobar el estado del sistema.

En el caso de Amazon Lookout, el pago se realiza por horas de uso con lo que para una pequeña empresa puede no ser una opción asequible.

En el caso de E2M se trata de un sistema cerrado que requiere un despliegue e instalación completa por parte de la empresa que ofrece la solución comercial.



Aquí se describe la motivación y/o justificación de acometer este proyecto. Si fuera necesario, se añade una descripción de contexto, en línea con el planteamiento del problema.

Describe qué va a aportar tu proyecto al campo de estudio que has analizado.

Por ejemplo:

En proyectos cuyo objetivo general está ligado al desarrollo de un producto o prototipo, se puede incluir como información de contexto la aplicabilidad pensada de dicho producto.

Si fuera el caso que el proyecto se desarrolla en colaboración con o a petición de una empresa, se puede incluir la descripción del caso de uso en el que se enmarca el resultado del proyecto (siempre se debe respetar la confidencialidad de la información que utilizáis. En caso de duda, consultad con la empresa).

En proyectos cuyo foco está en la investigación, el contexto es aportar conocimiento nuevo en el tema desarrollado en el proyecto.

## Planteamiento del problema

El sistema que plantea el desarrollo de este proyecto se concibe como una solución sencilla, económica, ya que estará basada en una SBC, y fácil de desplegar en una línea de producción. Además, se aplicará el algoritmo de detección Faster R-CNN, por lo que será más rápido preparar un modelo de detección y tendrá una mayor precisión.

El planteamiento del problema es un nexo de unión entre el estado del arte y los objetivos de tu trabajo. Este apartado es la consecuencia lógica de analizar el estado del arte y detectar una necesidad.

Debes contextualizar tu trabajo dentro de la problemática descrita. En base al análisis del estado del arte, el planteamiento del problema debe abordar la falta de conocimiento (para trabajos con orientación de investigación) o falta de solución (para trabajos con una orientación a desarrollo de soluciones o productos).

# OBJETIVOS

En este capítulo se debe incluir la descripción detallada de los objetivos.

Es recomendable reutilizar lo indicado en el anteproyecto.

## Objetivos generales

* El objetivo principal del proyecto es crear un sistema de detección mediante visión artificial que permita detectar errores en líneas de producción.

Objetivo global, está relacionado con el título del proyecto y explica que hará el proyecto de manera general sin entrar en detalles.

Intenta expresar en una frase lo que pretendes hacer en este trabajo.

Se incluyen a continuación algunos ejemplos como referencia:

Para proyectos con una orientación de investigación:

* “El objetivo general del presente trabajo consiste en ampliar el conocimiento actual sobre la fisiología del sistema somato-sensorial en la representación de las extremidades.”
* “El objetivo general del presente trabajo consiste en ampliar el conocimiento y proponer soluciones, a la problemática de la gestión del tráfico en ciudades mediante el paradigma Smart City”

Para proyectos con una orientación de desarrollo de producto:

* “El objetivo del presente trabajo final de grado es analizar un rasomware siguiendo una metodología enfocada al mundo profesional.”
* “El objetivo principal del proyecto es crear un sistema conversacional que sea capaz de adaptarse al estado emocional del usuario.”

## Objetivos específicos

* Creación de un dataset de galletas sin defectos y con defectos para su detección mediante un modelo predictivo
* Creación y entrenamiento de un modelo predictivo con redes neuronales convolucionales mediante el uso de inteligencia artificial para distinguir entre galletas sin defectos y con defectos.
* Desarrollo de un sistema que haga uso de visión artificial y que, mediante un modelo predictivo entrenado con IA, detecte galletas con defectos.

Describe los objetivos concretos, relacionados con el objetivo general, y relacionados con las conclusiones y resultados del proyecto. Si observas los ejemplos, verás que empiezan con un verbo.

Ejemplos:

* “Analizar los aspectos temporales del código neural mediante el análisis de información de registros electrofisiológicos, y la aplicación de experimentos computacionales.”
* “Implementar un sistema de clasificación que detecte en un texto la emoción de un usuario.”
* “Testear el sistema conversacional con un conjunto pequeño de usuarios (5-10) para verificar su capacidad de adaptación y empática.”
* “Estudiar de las alternativas de algoritmos de sistemas recomendadores, y de las técnicas de cálculo de similitudes que pueden llevar a la solución.”
* “Estudiar los distintos estándares que existen actualmente en la gestión de datos de dispositivos M2M en sectores comerciales profesionales.”

## Beneficios del proyecto

Los beneficios del proyecto que aporta respecto de las soluciones actuales en el mercado es su sencillez, rapidez y facilidad de implementación en un sistema pequeño y tolerante a fallos.

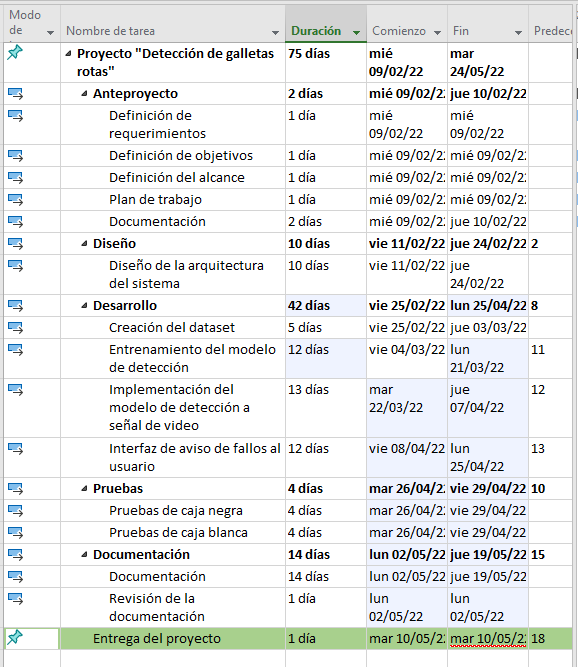
Incluye una descripción del beneficio que aporta tu proyecto, en relación a los objetivos.

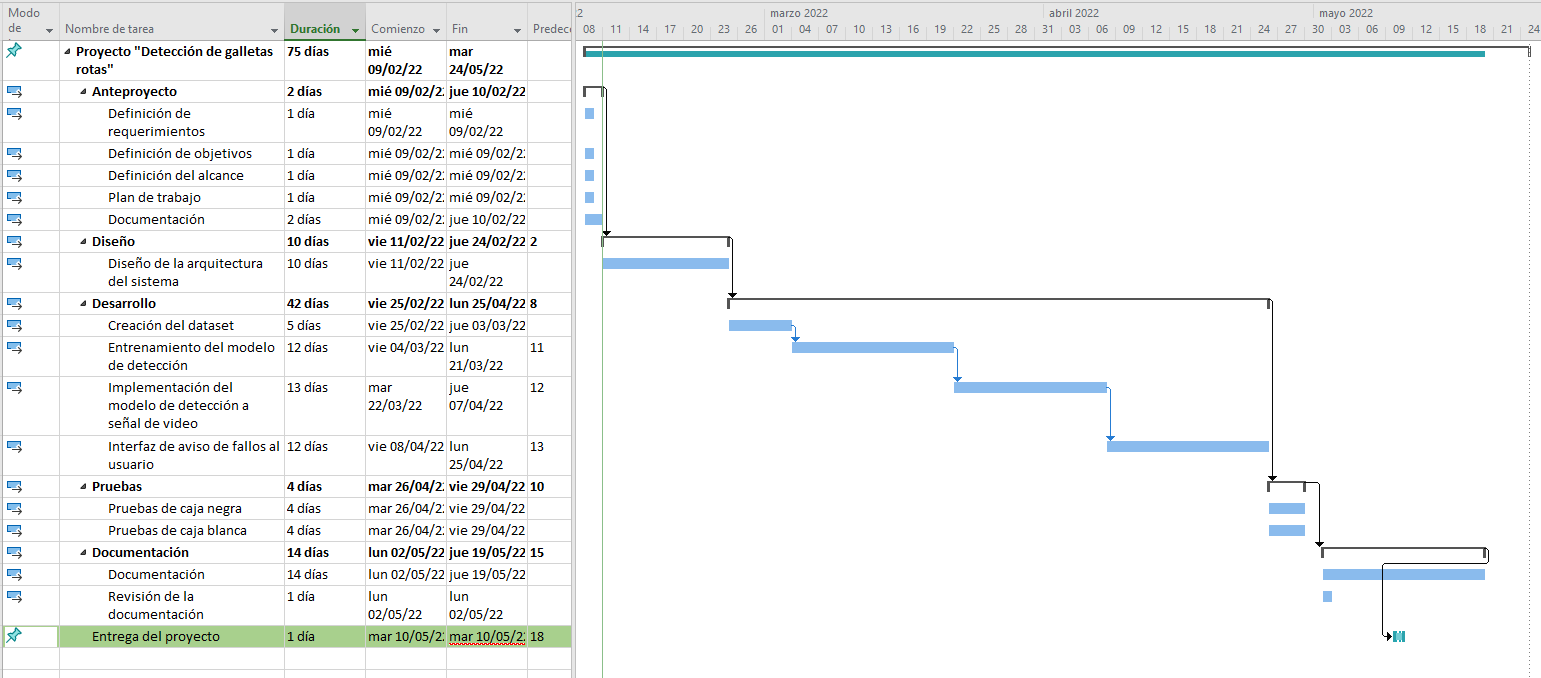
# DESARROLLO DEL PROYECTO

## Planificación del proyecto

Para el desarrollo de este proyecto se ha optado por una metodología de desarrollo ágil, en concreto la metodología SCRUM. Se ha escogido esta metodología debido a que permite el desarrollo incremental de las distintas iteraciones en las que se planea dividir el proyecto, con la supervisión del tutor en cada una de las iteraciones y la posibilidad de hacer modificaciones en caso de que sea necesario.

Estas iteraciones o “sprints” del proyecto constarán de 4 semanas, tras lo cual se realizará una reunión con el tutor para informarle de los avances, revisar lo que se ha realizado y realizar posibles cambios si fuese necesario.





Incluye un cronograma y una breve descripción de todas las actividades reales y su esfuerzo, que se han realizado en el proyecto. Algunos ejemplos de actividades son: estudio del arte, análisis de alterativas actuales, estudio de informes previos, análisis técnico de interfaces con sistemas externos, diseño del sistema, diseño de la validación y/o de pruebas, desarrollo de Software, realización de entrevistas, visualización de videos relacionados con el tema, reuniones mantenidas con personas de empresa y otras entidades, etc.

Puedes reutilizar el formato del plan indicado en tu anteproyecto.

## Descripción de la solución, metodologías y herramientas empleadas

Para el desarrollo del proyecto se ha utilizado el lenguaje de programación Python, que cuenta con múltiples herramientas y librerías disponibles para inteligencia artificial. Este lenguaje se ha utilizado con el IDE de programación PyCharm.

Para la primera fase del proyecto, la elaboración del dataset de galletas, se ha usado el software de etiquetado “LabelImg”, que hace uso de Python para delimitar las imágenes con sus cajas de referencia y etiquetar las imágenes en el caso de que se trate de un defecto o no.

También se ha hecho uso de la librería de Python “Detecto”, que es una librería de detección de objetos implementada sobre PyTorch que se utiliza para entrenar un modelo de detección con el algoritmo Faster R-CNN (Region Based – Convolutional Neuronal Network)

Se utiliza la librería OpenCV para obtener las imágenes y procesarlas para que el sistema pueda hacer uso del modelo de detección.

Por último se usa la librería Flask de Python para montar un servidor local que permita el uso de las distintas librerías implementadas y ayudándose de la webcam, capture las imágenes que se tratan para detectar los defectos.

Para un proyecto cuyo foco sea el ámbito científico y de investigación, aquí se describen las metodologías utilizadas para la realización del proyecto, incluye herramientas tecnológicas, programas de cálculo, dispositivos utilizados, modelos aplicados para el desarrollo del proyecto, descripción del análisis de datos cuyos resultados se presentarán en la sección de resultados, etc.

Para un proyecto cuyo foco sea el desarrollo de producto, aquí se describe la solución, modelos analizados, diseños realizados, algoritmos aplicados, desarrollos implementados, etc. incluye herramientas tecnológicas, programas de cálculo, dispositivos utilizados, modelos aplicados para el desarrollo del proyecto, descripción del análisis de datos cuyos resultados se presentarán en la sección de resultados, etc.

Puedes añadir una estructura en subsecciones si facilita la organización de esta sección.

## Recursos requeridos

Para la realización de este proyecto ha sido necesario contar con un ordenador portátil, que ya había sido previamente adquirido pero se estima su coste en el presupuesto. Posteriormente se adquirió una webcam para obtener imágenes de mayor calidad para su procesamiento.

Para el desarrollo del código se utilizo el IDE PyCharm, así como un conjunto de librerías libres, como Detecto, Flask y OpenCV.

Los materiales para las pruebas que se utilizan son galletas y una base para tener contraste con las galletas.



En este apartado debes enumerar los recursos que has utilizado para la ejecución del proyecto (recursos técnicos, dispositivos, material de laboratorio, asistencia de expertos, etc.). Si bien, en la sección donde se describe Metodología y Herramientas empleadas, se describen en detalle las mismas, en esta sección, únicamente debes enumerarlas.

## Presupuesto

El Presupuesto supone la evaluación económica total del proyecto.

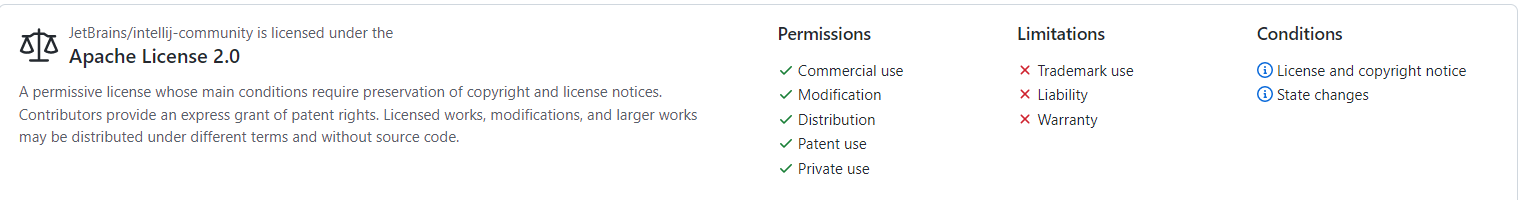
No olvides que tu tiempo también vale dinero, no sólo hay que incluir el coste de los materiales empleados.

A continuación, se muestra un ejemplo de resumen de presupuesto. Puedes añadir entradas a esta tabla si lo necesitas, conforme a la naturaleza de tu trabajo. Todos los recursos requeridos indicados en el apartado anterior deberían estar recogidos en la tabla de costes, aunque hayan tenido coste cero.

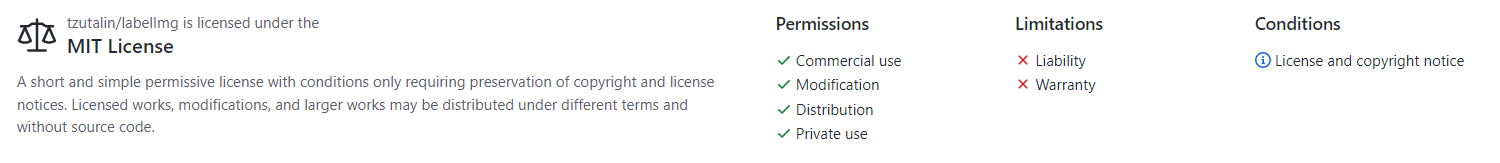
|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Tipo de coste** | | **Valor** | **Comentarios** |
| Horas de trabajo en el proyecto | | 450 horas |  |
| Equipo técnico utilizado | Ordenador portátil | 1100€ | Ya contaba con el ordenador. |
| Webcam | 60€ | Se compró una webcam para que la calidad de imagen fuera mejor y la detección fuera más precisa |
| Software utilizado | IDE PyCharm | 0€ | IDE de desarrollo utilizado |
| LabelImg | 0€ | Software de etiquedado para la elaboración del dataset |
| Detecto | 0€ | Librería de detección de imágenes para generar el modelo |
| Flask | 0€ | Librería para montar un servidor local en Python con el que probar el sistema |
| OpenCV | 0€ | Librería que se utiliza para el procesamiento de imágenes |
| Materiales empleados | Paquete de galletas | 1€ | Galletas que se utilizan de ejemplo para la detección de errores |
| Cinta transportadora | 5€ | Maqueta casera de una cinta transportadora para probar el sistema con una representación de una línea de producción |

Las distintas licencias que se utilizan son:

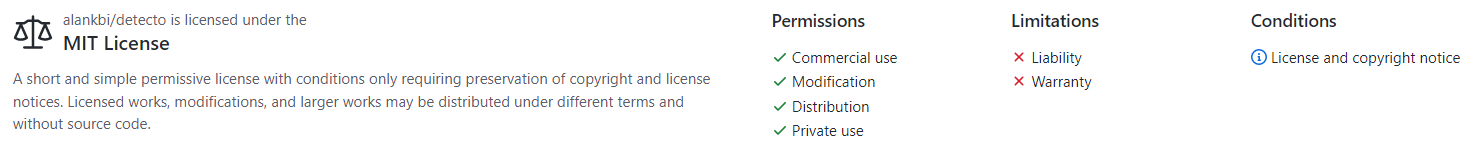
PyCharm



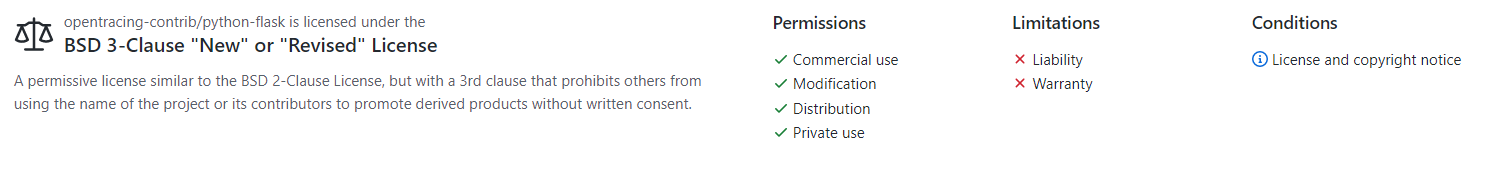
LabelImg



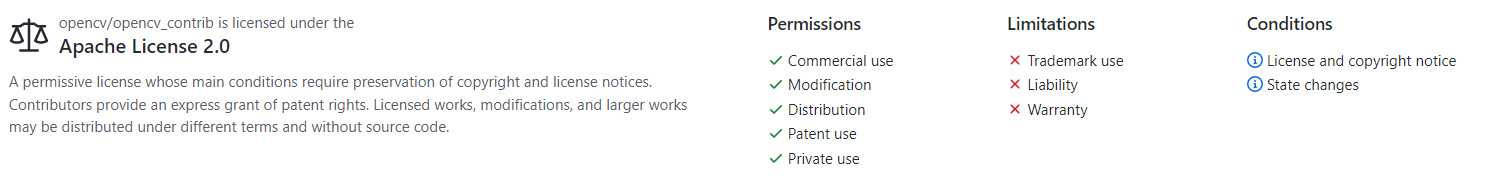
Detecto



Flask

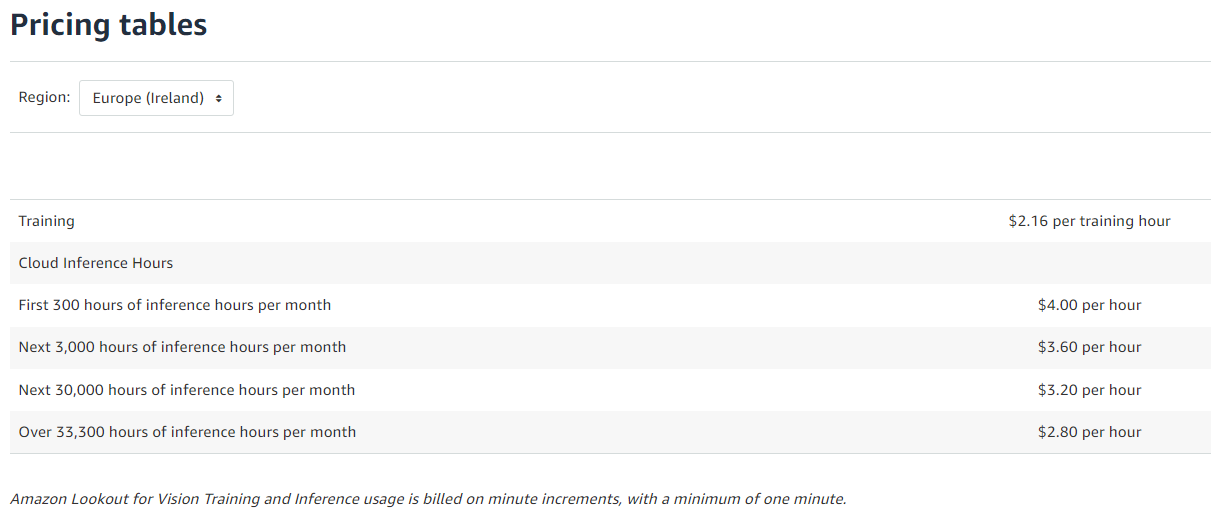


OpenCV



## Viabilidad

El análisis de viabilidad de este proyecto se realiza en relación a las soluciones que se comercializan actualmente. Se va a realizar una comparación respecto del servicio Amazon Lookout. Amazon Lookout cobra por horas de uso, tanto para el entrenamiento del modelo de detección como para la inferencia de las imágenes.



Esto hace que en un sistema de producción continua el coste se dispare rápidamente.

En consecuencia, el sistema que se plantea tendría un coste inicial más alto pero más sostenible a lo largo del tiempo. Un usuario podría realizar una implementación rápida invirtiendo en una SBC o miniPC y una webcam para sus necesidades iniciales, una implementación Edge computing. Posteriormente si quisiera escalar la solución podría optar por una aproximación mediante cloud computing en la que el procesamiento se realizaría en un servidor que recibiría las imágenes por unas webcams conectadas a la red. Por tanto, se considera que esta implementación es potencialmente viable dado que su coste es menor a lo largo del tiempo que otras soluciones comerciales.

Este apartado es opcional, pero es interesante que incluyas un breve análisis de viabilidad económica del proyecto (relación coste / beneficio), y un análisis de sostenibilidad a futuro del resultado de tu proyecto.

## Resultados del proyecto

Los resultados del proyecto obtenidos se consideran satisfactorios en relación a los objetivos planteados. Se detallan los siguientes objetivos y los resultados obtenidos:

* Creación de un dataset de galletas sin defectos y con defectos para su detección mediante un modelo predictivo

Se ha realizado un dataset de galletas sin defectos y con defectos con la herramienta de etiquetado LabelImg.

* Creación y entrenamiento de un modelo predictivo con redes neuronales convolucionales mediante el uso de inteligencia artificial para distinguir entre galletas sin defectos y con defectos.

Se ha entrenado un modelo de detección con la librería Detecto que permite detectar defectos en las galletas.

* Desarrollo de un sistema que haga uso de visión artificial y que, mediante un modelo predictivo entrenado con IA, detecte galletas con defectos.

Se ha desarrollado un sistema que permite el despliegue de un servidor que, conectado a una webcam, hace uso del modelo de detección entrenado para distinguir los defectos de las galletas en la línea de producción.



Conforme a los objetivos específicos, describe los resultados finales obtenidos.

Para proyectos con un enfoque de desarrollo de producto, debes incluir el resultado de tu plan de pruebas.

Puedes añadir una descripción de cambios durante el proyecto respecto a los objetivos iniciales, y comentarios que quieras incluir de cómo has desarrollado las distintas actividades.

# DISCUSIÓN

En este capítulo se van a discutir aspectos del proyecto como la metodología utilizada, el código utilizado y los problemas que han surgido.

Respecto a la metodología utilizada, se planteó el uso de la metodología SCRUM para realizar avances en el proyecto mediante etapas y consultar los avances con el tutor. El desarrollo no se ha ajustado al calendario planteado, pero posteriormente se ha ido adaptando a las necesidades del proyecto. Se han realizado reuniones semanales con el tutor para comprobar el avance del proyecto, plantear dudas y realizar cambios y mejoras.

El código desarrollado es el siguiente:

Fichero main.py

En este fichero se encuentra el código que contiene las funciones para entrenar el modelo de detección haciendo uso del dataset generado. También hay unas funciones accesorias para hacer uso del modelo en pruebas con videos, así como una reimplementación de una función de detecto para adaptarla a las necesidades del proyecto.

from detecto.core import Dataset  
import cv2  
from detecto import utils  
from detecto.core import Model  
from torchvision import transforms  
from detecto.visualize import detect\_video  
import matplotlib.pyplot as plt  
import click  
  
@click.group()  
def cli():  
 pass  
  
#Funcion sobreescrita para probar sobre detecto  
def detect\_live2(model,score\_filter=0.6):  
 errores = 0  
 cv2.namedWindow('Detecto')  
 try:  
 video = cv2.VideoCapture(0)  
 width = video.get(cv2.CAP\_PROP\_FRAME\_WIDTH) # float `width`  
 height = video.get(cv2.CAP\_PROP\_FRAME\_HEIGHT) # float `height`  
 print(width)  
 print(height)  
 except:  
 print('No webcam available.')  
 return  
  
 while True:  
 ret, frame = video.read()  
 if not ret:  
 break  
 cv2.putText(frame, 'Errores:{}'.format(errores),(0, 50), cv2.FONT\_HERSHEY\_SIMPLEX, 1, (255, 0, 0), 3)  
 labels, boxes, scores = model.predict(frame)  
  
 # Plot each box with its label and score  
 for i in range(boxes.shape[0]):  
 if scores[i] < score\_filter:  
 continue  
  
 box = boxes[i]  
 cv2.rectangle(frame, (int(box[0]), int(box[1])), (int(box[2]), int(box[3])), (255, 0, 0), 3)  
 if labels:  
 fail\_detected=False  
 if 'Galleta\_rota' in labels:  
 fail\_box\_min=int(box[0])  
 fail\_box\_max=int(box[2])  
 fail\_box\_center= int((fail\_box\_min + fail\_box\_max)/2)  
 print(fail\_box\_center)  
 if fail\_box\_center <325 and fail\_box\_center>315 and not fail\_detected:  
 errores=errores+1  
 fail\_detected=True  
 else:  
 fail\_detected=False  
 cv2.putText(frame, '{}: {}'.format(labels[i], round(scores[i].item(), 2)), (int(box[0]), int(box[1] - 10)),  
 cv2.FONT\_HERSHEY\_SIMPLEX, 1, (255, 0, 0), 3)  
  
 cv2.imshow('Detecto', frame)  
  
 # If the 'q' or ESC key is pressed, break from the loop  
 key = cv2.waitKey(1) & 0xFF  
 if key == ord('q') or key == 27:  
 break  
  
 cv2.destroyWindow('Detecto')  
 video.release()  
  
detect\_live = detect\_live2  
  
@cli.command(help="Funcion que entrena y genera un modelo de deteccion de galletas")  
def train\_model():  
  
 print("Entrenando modelo")  
  
 custom\_transforms = transforms.Compose([  
 transforms.ToPILImage(),  
 transforms.Resize(800),  
 transforms.ColorJitter(saturation=0.3),  
 transforms.ToTensor(),  
 utils.normalize\_transform(),  
 ])  
  
 dataset = Dataset('galletas proyecto',transform=custom\_transforms)  
 labels = ['Galleta', 'Galleta\_rota']  
 model = Model(labels)  
 model.fit(dataset, verbose=True)  
 val\_dataset = Dataset('val\_dataset')  
 losses = model.fit(dataset, val\_dataset, epochs=15, learning\_rate=0.01,  
 gamma=0.2, lr\_step\_size=5, verbose=True)  
 plt.plot(losses)  
 plt.show()  
 model.save("modelo.pth")  
 print('Modelo creado y guardado')  
  
@cli.command(help='Funcion que utiliza un modelo generado para probar con un video')  
def use\_model():  
 print('Usando modelo para probar')  
 model = Model.load('modelo.pth', ['Galleta', 'Galleta\_rota'])  
 print("Analizando video")  
 detect\_video(model, 'galletas2.mp4', 'galletas\_analizadas2.avi')  
 print("Final del analisis")  
  
if \_\_name\_\_ == '\_\_main\_\_':  
 cli()

Fichero server.py

En este fichero se incluyen las funciones que permiten levantar un servidor local para captar las imágenes de la webcam y poder acceder de forma remota al sistema. También se encuentra la función que permite dibujar las cajas de detección de las galletas sobre las imágenes obtenidas y comprobar si hay un defecto o no.

from flask import Flask  
from flask import render\_template  
from flask import Response  
from detecto.core import Model  
  
import cv2  
app = Flask(\_\_name\_\_)  
cap = cv2.VideoCapture(0, cv2.CAP\_DSHOW)  
  
def visualizar():  
 score\_filter=0.6  
 model = Model.load('modelo.pth', ['Galleta', 'Galleta\_rota'])  
  
 while True:  
 ret, frame = cap.read()  
 if ret:  
 cv2.putText(frame, 'Errores:{}'.format('0'), (0, 50), cv2.FONT\_HERSHEY\_SIMPLEX, 1, (255, 0, 0), 3)  
 labels, boxes, scores = model.predict(frame)  
 timer = cv2.getTickCount()  
 for i in range(boxes.shape[0]):  
 if scores[i] < score\_filter:  
 continue  
  
 box = boxes[i]  
 tracker = cv2.legacy.TrackerMOSSE\_create()  
  
 ok = tracker.init(frame,(int(box[0]),int(box[1]),int(box[2]),int(box[3])))  
 ok, bbox = tracker.update(frame)  
  
 #cv2.rectangle(frame, (int(box[0]), int(box[1])), (int(box[2]), int(box[3])), (255, 0, 0), 3)  
  
 if ok:  
 # Tracking success  
 p1 = (int(bbox[0]), int(bbox[1]))  
 p2 = (int(bbox[0] + bbox[2]), int(bbox[1] + bbox[3]))  
 cv2.rectangle(frame, p1, p2, (255, 0, 0), 2, 1)  
 else:  
 # Tracking failure  
 cv2.putText(frame, "Tracking failure detected", (100, 80), cv2.FONT\_HERSHEY\_SIMPLEX, 0.75, (0, 0, 255), 2)  
  
 if labels:  
 fail\_detected = False  
 if 'Galleta\_rota' in labels:  
 fail\_box\_x\_min = int(box[0])  
 fail\_box\_x\_max = int(box[2])  
 fail\_box\_center\_x = int((fail\_box\_x\_min + fail\_box\_x\_max) / 2)  
 fail\_box\_y\_min = int(box[1])  
 fail\_box\_y\_max = int(box[3])  
 fail\_box\_center\_y = int((fail\_box\_y\_min+fail\_box\_y\_max)/2)  
 radius = 10  
 cv2.circle(frame,(fail\_box\_center\_x,fail\_box\_center\_y),radius,(0,0,255),3)  
 if fail\_box\_center\_x < 325 and fail\_box\_center\_x > 315 and not fail\_detected:  
 fail\_detected = True  
 else:  
 fail\_detected = False  
 cv2.putText(frame, '{}: {}'.format(labels[i], round(scores[i].item(), 2)), (int(box[0]), int(box[1] - 10)),  
 cv2.FONT\_HERSHEY\_SIMPLEX, 1, (255, 0, 0), 3)  
 (flag, encodedImage) = cv2.imencode(".jpg", frame)  
 if not flag:  
 continue  
 yield(b'--frame\r\n' b'Content-Type: image/jpeg\r\n\r\n' +bytearray(encodedImage) + b'\r\n')  
  
@app.route("/")  
def index():  
 errores=0  
 return render\_template("index.html")  
  
@app.route("/video\_feed")  
def video\_feed():  
 return Response(visualizar(),  
 mimetype = "multipart/x-mixed-replace; boundary=frame")  
  
if \_\_name\_\_ == "\_\_main\_\_":  
 app.run(debug=False)  
  
cap.release()

Esta sección es más habitual en trabajos de tipo "científico" o de "investigación", donde uno presenta brevemente los resultados principales y los discute, pero también puede utilizarse en otro tipo de trabajos.

Puedes incluir secciones específicas para discutir cuestiones como: limitaciones del estudio, limitaciones de la tecnología empleada, cambios respecto a objetivos planteados inicialmente.

Puedes incluir respuestas a preguntas del tipo: ¿la metodología inicialmente pensada ha sido útil?, ¿he tenido que adaptarme a cambios a lo largo del proyecto?, ¿qué cambios han sido y cómo he adaptado el proyecto para poder manejar esos cambios?, ¿qué impacto ha tenido el resultado de mi proyecto?

# CONCLUSIONES

## Conclusiones del trabajo

Mediante el desarrollo de este proyecto se han conseguido alcanzar los objetivos planteados. Se ha conseguido realizar un dataset de galletas con y sin defectos, se ha realizado un sistema que permite el entrenamiento de un modelo de detección imágenes y por último se ha realizado la implementación de un sistema mediante un servidor web que permite la detección de imágenes de galletas con defectos mediante el uso del modelo de detección generado.

Breve descripción objetiva del resultado en relación al objetivo general de tu proyecto.

## Conclusiones personales

Tras la realización de este proyecto puedo concluir que he aprendido un poco más de aspectos de la inteligencia artificial, como es la visión artificial. Creo que es un aprendizaje valioso para mi futuro por la importancia que tiene la inteligencia artificial y la demanda que tiene este tipo de tecnología actualmente en el mercado laboral.

También he aprendido a gestionar mejor los tiempos en un proyecto de desarrollo, ver los problemas que surgen y como solucionarlos y como adaptarme a fallos en la planificación que yo mismo realicé.

Creo que es de gran importancia la realización de esta clase de proyectos para prepararse a la entrada del mercado laboral y ver cómo se gestiona un proyecto de desarrollo.

Describe tus impresiones y experiencia personal durante el desarrollo del proyecto, o destacar la importancia que tiene el tema para ti, lo que has aprendido, o la trascendencia que ha tenido para ti o para otros este proyecto.

# FUTURAS LÍNEAS DE TRABAJO

Debido a algunas limitaciones que se plantearon al inicio del proyecto, se han considerado algunas futuras líneas de trabajo, son las siguientes:

* Desplegar y comprobar el funcionamiento real del sistema en una línea de producción. Dado que no se contó con tiempo suficiente para contactar con una empresa que se prestase a permitir pruebas en producción, sería interesante ver como se comporta el sistema en una línea de producción real, con la velocidad que se le exigiría.
* Realizar una implementación propia de PyTorch. Durante el desarrollo del proyecto se optó por utilizar la librería de detección Detecto, que era a su vez una implementación de la librería PyTorch, la cual es más potente. Sería interesante de cara al futuro del sistema implementar una librería propia con funciones adaptadas al sistema que permitan una mejor configuración de los requisitos, como la precisión, el entrenamiento, etc.
* Plantear el despliegue del sistema mediante una solución cloud. Realizar un plan de despliegue e implementación mediante webcams conectadas a la red que envíen las imágenes a un servidor y que este procese todas las imágenes para reducir costes al no tener que adquirir una SBC para desplegar el sistema.

Es importante destacar en este apartado las líneas con las que se podría continuar tu trabajo. Indica todo lo que has anotado como futuro trabajos durante el desarrollo del proyecto, o aquellos aspectos que estaban fuera del alcance, pero que son interesantes para desarrollar a futuro el valor de los resultados de tu trabajo.

# REFERENCIAS

En este apartado figurará el conjunto de libros, revistas u otros textos que el autor considere de interés para justificar las soluciones adoptadas en el Proyecto. **Cita todas las fuentes** que has utilizado como consulta para elaborar el trabajo.

Sigue el estilo de cita que te indiquen las normas de estilo y respétalo a lo largo de todo el proyecto. Recuerda que has de citar todas las fuentes que hayas usado. Los estilos de cita más comunes son:

* ISO
* IEEE
* APPA
* Etc.

En ingeniería se suele usar el ISO o el IEEE.

Si puedes usar un gestor de citas bibliográficas te será más fácil. Si no tendrás que recurrir a las páginas web de las bibliotecas para saber cómo citar adecuadamente. Por ejemplo, lo encuentras en:

<http://biblioteca.uem.es/es/aprendizaje-y-formacion/citas-bibliograficas-documentos>

Referencias usadas en este manual de estilo:

**AENOR. 2010.** AEN/CTN 157 - PROYECTOS. *Normas y Publicaciones.* [En línea] 2010. [Citado el: 25 de abril de 2013.] http://www.aenor.es/aenor/normas/ctn/fichactn.asp?codigonorm=AEN/CTN%20157.

**Miró Julià, José. 2010.** Recursos para aprender a escribir. [En línea] 2010. http://bioinfo.uib.es/~joemiro/RecEscr/manual.pdf.

**UNE 157001. 2002.** Criterios generales para la elaboración de proyectos. *Escuela Universitaria de Ingeniería de Vitoria.* [En línea] 2002. [Citado el: 25 de abril de 2013.] http://www.coiib.es/coiib/documentos/DocumentosContenidos/Gu%C3%ADa%20de%20elaboraci%C3%B3n%20de%20proyectos/2-Electricidad/5\_PNE\_157701\_Criterios.pdf.

# ANEXOS

Sirven para incluir documentación complementaria (planos, circuitos, código, ficheros de configuración, especificaciones técnicas y hojas de características, fichas explicativas, resultado de encuestas, reglamentación y normativas requeridas, etc.).

[PÁGINA INTENCIONADAMENTE EN BLANCO]