



EDUCACIÓN

SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO

Tecnológico Nacional de México

**Centro Nacional de Investigación
y Desarrollo Tecnológico**

Tesis

**Implementación de sistema de control y manejo de
productos agrícolas mediante redes neuronales**

presentada por

Javier Osvaldo López Lugo

como requisito para la obtención del grado de
Ingeniería en Sistemas Computacionales

Director de tesis

M.C. Raúl Loredó Medina

Codirector de tesis

Dr. Jesús Aurelio Meléndrez Rojas

Guasave, Sinaloa, México. Febrero de 2025.



CARTA DE LIBERACIÓN

	LIBERACIÓN DE PROYECTO PARA TITULACIÓN INTEGRAL PLAN 2015	Responsable: Jefatura de División de Ciencias
	Referencia a la Norma: ISO 9001:2015 8.1;8.2;8.2.2;8.2.3;8.5;8.5.2;8.6;8.7.2	Código: ITSG-SIG-AO-PO-19-03
	Referencia a la Norma: ISO 21001:2018 8.1;8.1.1;8.1.2;8.2.1;8.2.2;8.2.3;8.3.3;8.3.4;8.6;8.7;9.1.2	Revisión: 4
		Fecha de Emisión: Agosto 2022 Página 1 de 3

Guasave, Sinaloa, Fecha: 13/01/2025
ASUNTO: Liberación de proyecto para titulación integral

ING. LAURA BEATRIZ INZUNZA RAMIREZ
Coordinador(a) de Titulación
PRESENTE

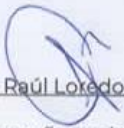
Por este medio informo que ha sido liberado el siguiente proyecto para la titulación integral:

Nombre del estudiante y/o egresado(a):	JAVIER OSVALDO LOPEZ LUGO
Carrera:	INGENIERIA EN SISTEMAS COMPUTACIONALES
Número de control:	1925010290
Nombre del proyecto:	IMPLEMENTACION DE SISTEMA DE CONTROL Y MANEJO DE PRODUCTOS AGRICOLAS MEDIANTE REDES NEURONALES
Producto:	TESIS

Agradezco de antemano su valioso apoyo en esta importante actividad para la formación profesional de nuestros(as) egresados(as).

ATENTAMENTE

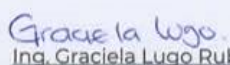

Ing. MANUEL ALFREDO FLORES ROSALES
Nombre y firma del (de la) Jefe(a) de División de Ciencias (9)


M.C. Raúl Loredo Medina

Nombre y firma del Asesor(a)


Dr. Jesús Aurelio Meléndrez
Rojas

Nombre y firma del Revisor(a)


Ing. Graciela Lugo Rubio

Nombre y firma del Revisor(a)

* solo aplica para el caso de tesis y tesina

C. c. p. Expediente

AGRADECIMIENTOS

Este documento esta dedicado a mis seres queridos, tanto a los que están a mi lado como a los que ya no se encuentran. Agradezco profundamente a mi padre por todo lo que me ha brindado a lo largo de mi carrera, por su apoyo incondicional y sus valiosos consejos. A mi madre, por ser el pilar que me ha dado fuerza para seguir adelante. Este proyecto no solo es un trabajo documentado, es una verdadera odisea que refleja el camino que me ha traído hasta aquí.

Mi agradecimiento también va para los docentes que siempre me brindaron su apoyo y continúan acompañándome en mi trayectoria. Gracias a ellos, puedo estar en donde estoy. Que mi presencia no sea solo un recuerdo persona, ya que a mi lado están las personas mas importantes para mi vida personal y académica.

Espero que el impulso que recibí para mejorar y alcanzar mis objetivos no haya sido una carga demasiado pesada, pues lo ultimo que querría seria entorpecer sus caminos. Agradezco de corazón a todas las personas que nunca dejaron de confiar en mi, ya que es por su confianza que me encuentro aquí. No hay palabras suficientes para expresar todo lo que siento, pero espero que sepan que, así como ellos estuvieron para mi, yo estaré para ellos.

RESUMEN

El avance constante de las tecnologías ha marcado un antes y un después en diversos sectores, transformando la forma en que las industrias operan y maximizan su eficiencia. En este contexto, la automatización ha emergido como una de las mejores opciones al momento de agilizar el desarrollo y aumento de producción en grandes empresas. Estas tecnologías avanzadas se han implementado en su mayoría en empresas de alto nivel, pero contar con un sistema adaptable que pueda ser aplicado en empresas de menor escala representa un potencial significativo. Trayendo consigo beneficios económicos y laborales, esto junto al aumento en agilidad de procesos y aumento en la productividad de manera considerable.

La automatización y la inteligencia artificial (IA) se han convertido en pilares fundamentales de la cuarta revolución industrial, también conocida como Industria 4.0. Esta revolución no solo ha impulsado la integración de sistemas avanzados, sino que ha hecho posible la conectividad entre dispositivos y procesos mediante internet. Tecnologías avanzadas como las redes neuronales y la visión artificial han potenciado la capacidad de las máquinas para realizar tareas complejas, desde el reconocimiento de imágenes hasta la toma de decisiones automatizadas basadas en grandes volúmenes de datos.

Palabras claves: Industria 4.0, Automatización industrial, Nuevas Tecnologías, Inteligencia Artificial (IA), Visión artificial, Integración de sistemas, Análisis de datos, Procesamiento de datos, Redes Neuronales, Entorno virtual, Internet de las cosas (IOT).

ÍNDICE GENERAL

INDICE DE FIGURAS	6
INTRODUCCIÓN	7
I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	8
II. JUSTIFICACIÓN	10
III. OBJETIVOS	11
Objetivo general	11
Objetivos específicos	11
Preguntas de investigación	11
IV. MARCO TEÓRICO	12
V. MATERIALES Y METODOS	25
Implementación del prototipo	25
Desarrollo de la metodología	27
Tipo de diseño	27
Sistema de hipótesis y variables	27
Población y muestra	28
Instrumentos	28
Equipos e instalaciones	28
Procedimiento	29
Técnica de análisis y procesamiento de la información	34
Consideraciones éticas	34
VI. RESULTADOS	35
Introducción a los Resultados	35
Resultados Generales	35
Resultados por Variable	36
Casos de Estudio Específicos	38
Análisis comparativo	39
Discusión de los resultados	40
VII. CONCLUSIONES	42
VIII. RECOMENDACIONES	44
IX. REFERENCIAS	45
XI. ANEXOS	50
A.1 Código del programa	50
A.2 Funcionamiento del código explicado	52

A.3 Instalación de Python	56
A.4 instalación de software y librerías	58
Instalaciones para el reconocimiento de la cámara USB:	58
Instalación de Visual Studio	58
Creación e instalación de librerías para el entorno virtual	59
Ejecución del programa	60
Tecnologías Utilizadas	60

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Equipo de Hardware utilizado, (Fuente: Elaboración Propia).	29
Figura 2. Cámara Anker de alta definición, (Fuente: Elaboración Propia).	30
Figura 3. Sistema ensamblado e instalado, (Fuente: Elaboración Propia).	30
Figura 4. Ejemplo Captura de producto, (Fuente: Elaboración Propia).	31
Figura 5. Ejecución del sistema en la RaspBerry PI, (Fuente: Elaboración Propia).	31
Figura 6. Momento de captura del titulo del producto, (Fuente: Elaboración Propia).	32
Figura 7. Titulo capturado y procesado por el sistema, (Fuente: Elaboración Propia).	32
Figura 8. Prueba de captura del producto ADHERES X, (Fuente: Elaboración Propia).	33
Figura 9. Resultados de las pruebas realizadas, (Fuente: Elaboración Propia).	35
Figura 10. Desempeño en tiempo de procesamiento de las pruebas realizadas, (Fuente: Elaboración Propia).	36
Figura 11. Comparativa de precisión de reconocimiento de las pruebas realizadas, (Fuente: Elaboración Propia).	37
Figura 12. Caso de estudio específico: Alta precisión, (Fuente: Elaboración Propia).	38
Figura 13. Caso de estudio específico: Baja precisión, (Fuente: Elaboración Propia).	39
Figura 14. Sitio web oficial de Python, (Fuente: Elaboración Propia).	56
Figura 15. Instalación de Python completa, (Fuente: Elaboración Propia).	57
Figura 16. Proceso de instalación de Python, (Fuente: Elaboración Propia).	57
Figura 17. Ejecución de comando de instalación de software y librerías, (Fuente: Elaboración Propia).	58
Figura 18. Comprobación de reconocimiento de la cámara, (Fuente: Elaboración Propia).	58

INTRODUCCIÓN

La gestión eficiente de inventarios es un desafío clave en las empresas comercializadoras de productos agrícolas, debido a la naturaleza perecedera de estos productos, la variabilidad de la demanda y las limitaciones de los métodos tradicionales. Las deficiencias en la administración del inventario pueden derivar en mermas, errores en la estimación de la demanda y falta de previsión en los patrones de consumo, afectando tanto la rentabilidad como la sostenibilidad de las operaciones. Para enfrentar estos problemas, es fundamental adoptar nuevas tecnologías que permitan optimizar el control de inventarios y mejorar la capacidad de respuesta ante cambios en el mercado.

Este documento analiza la evolución de la automatización industrial y su impacto en la gestión de inventarios, abordando el papel de la inteligencia artificial (IA) y, en particular, de las redes neuronales artificiales, como herramientas clave para la optimización de procesos en la industria agrícola. Las redes neuronales imitan el funcionamiento del cerebro humano en el procesamiento de datos y el aprendizaje a partir de la experiencia, lo que las hace especialmente útiles para la predicción de demanda, la clasificación de productos y la identificación de patrones de consumo.

El estudio se centra en el desarrollo e implementación de un sistema automatizado basado en redes neuronales para la gestión del inventario de productos agrícolas en un almacén. Este sistema tiene como objetivo mejorar la precisión en la estimación de inventarios, reducir el desperdicio de productos y aumentar la eficiencia operativa. Para ello, se siguen cinco etapas fundamentales: identificación y análisis de actividades, evaluación de las áreas involucradas en el proceso, selección de tecnologías, diseño del sistema y pruebas de funcionamiento. Entre las tecnologías utilizadas destacan herramientas de software como MongoDB, Python y Jupyter, así como hardware especializado, incluyendo una Raspberry Pi y una cámara de alta calidad.

Finalmente, se reflexiona sobre la importancia de cada fase en el desarrollo del prototipo, desde la identificación de necesidades hasta las pruebas finales, subrayando la relevancia de contar con un diseño preciso y validaciones rigurosas para garantizar un sistema funcional. Asimismo, se exploran posibles mejoras y futuras implementaciones que podrían fortalecer la gestión de inventarios en el sector agrícola, destacando el impacto positivo que la automatización y la inteligencia artificial pueden tener en la sostenibilidad y competitividad de las empresas.

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La gestión eficiente de inventarios en empresas comercializadoras de productos agrícolas es un desafío crítico debido a la naturaleza perecedera de estos productos, los cambios de la demanda y las limitaciones de los métodos tradicionales de manejo de inventarios. En particular, la empresa para la que se desarrolló este trabajo enfrenta problemas relacionados con la acumulación de mermas, la falta de precisión en la estimación de la demanda y una limitada capacidad para prever patrones de consumo. Estos factores no solo impactan negativamente en la rentabilidad de la empresa, sino que también contribuyen al desperdicio de recursos y afectan la sostenibilidad de sus operaciones.

El problema central radica en que los métodos convencionales utilizados por la empresa para gestionar el inventario se basan en sistemas manuales o semiautomatizados que no logran responder con rapidez y precisión a las dinámicas del mercado agrícola. La ausencia de herramientas avanzadas para analizar y prever las necesidades de inventario limita la capacidad de la empresa para optimizar el almacenamiento y garantizar un suministro adecuado, lo que resulta en pérdidas económicas significativas. Además, el manejo ineficiente del inventario incrementa el riesgo de agotamientos o exceso de productos, afectando la satisfacción del cliente y la competitividad en el mercado.

Por otra parte, el carácter estacional de muchos productos agrícolas y las condiciones climáticas variables añaden un grado adicional de complejidad a la gestión del inventario. Estas variaciones no pueden ser adecuadamente gestionadas con sistemas tradicionales que carecen de capacidades predictivas avanzadas. Como resultado, la empresa enfrenta constantes desafíos para equilibrar la oferta y la demanda, lo que reduce su eficiencia operativa y su capacidad para cumplir con los objetivos de sostenibilidad y rentabilidad.

La inteligencia artificial, y en particular las redes neuronales artificiales, ofrece una alternativa prometedora para abordar estas problemáticas. Este enfoque permite procesar grandes volúmenes de datos históricos y en tiempo real, identificando patrones y tendencias que serían difíciles de detectar mediante métodos convencionales. En este contexto, el desarrollo de un sistema basado en redes neuronales que permita gestionar de manera óptima el inventario de productos agrícolas representa una oportunidad significativa para transformar las operaciones de la empresa.

Un sistema de este tipo podría integrar funciones como la predicción de la demanda en función de parámetros históricos y estacionales, la clasificación automática de productos según características clave (como frescura, tamaño y calidad) y la identificación de patrones que permitan anticiparse a posibles escaseces o excedentes. Estas capacidades contribuirían a la reducción de mermas, a la

mejora en la planificación de inventarios y a un uso más eficiente de los recursos, alineándose con los objetivos de sostenibilidad y competitividad de la empresa.

Sin embargo, implementar un sistema basado en redes neuronales implica superar ciertos retos, como la selección de las variables adecuadas, la recopilación y limpieza de datos de calidad, y la adaptación de la tecnología a las necesidades específicas de la empresa. Además, es fundamental evaluar el impacto de esta solución en términos de costos, eficiencia y sostenibilidad, asegurando que la implementación sea viable tanto técnica como económicamente.

En consecuencia, este trabajo de investigación se enfoca en el desarrollo e implementación de un sistema automatizado que utilice redes neuronales para optimizar el manejo del inventario de productos agrícolas en la empresa. A través de este sistema, se busca mejorar la precisión en las estimaciones de inventarios, reducir los desperdicios y aumentar la eficiencia operativa, generando así un impacto positivo tanto en la rentabilidad de la empresa como en la sostenibilidad de sus procesos.

II. JUSTIFICACIÓN

Se realiza la observación de que al contar con un sistema que aumente la productividad de una empresa, no solo trae consigo exponenciales ganancias monetarias, sino que al aumentar la eficacia de un área en específico, las áreas conjuntas a esta se miran beneficiadas de diferentes maneras, principalmente la rapidez de trabajo, el aumento en la de gestión de distintos procesos, como lo es en este caso la gestión de inventario, al implementar un sistema como el que se ha desarrollado, que consiste en la implementación de un dispositivo que sea capaz de reconocer y registrar el ingreso de productos a la bodega de la empresa, esto mediante Inteligencia Artificial con uso de redes neuronales, que se encargara de reconocer y registrar los productos agrícolas en un servidor dedicado, implementado todo trae consigo una disminución considerable al momento de cometer faltas, como registros erróneos, por otro lado el aumento en la productividad se verá afectado de forma positiva, al igual que tiempo invertido, que se vera reducido considerablemente después de la implementación del sistema, generando una carga de trabajo menor a la anterior, la automatización de procesos en las empresas es cada vez más común, gran parte del desarrollo de este estudio, es el poder recabar información conforme el avance del mismo, puesto que el estudio al que se busca llegar, toma en gran parte un área de suma importancia para la comunidad agricultora, por lo que podría llegar a tomarse como la base de una gran investigación, la cual otorgue grandes resultados, conocimientos e ideas para la implementación de dicho proyecto en mayor medida, la frecuencia con la que la automatización es utilizada por las empresas a tomado mucho peso en las empresas, puesto que se han tomado en cuenta todos los beneficios que esta trae consigo, el aumento en la productividad, reducción de costos, reducción de tiempos, menor carga de trabajo y mayor seguridad en cuanto al registro de diferentes tipos de datos, esto siendo de gran utilidad para futuras investigaciones que busquen una base sólida de la cual partir, tanto desarrolladores como usuarios se verán beneficiados en gran medida.

Cameron, P. C. (2019) menciona que, si se tienen las herramientas adecuadas, la automatización de procesos computarizados puede ser sorprendentemente fácil y puede ofrecer beneficios importantes. Entender estos beneficios (y algunos obstáculos) le ayudará a tener una base sólida para implementar un proyecto de automatización de operaciones. Un reciente estudio realizado por una publicación líder del sector comercial planteó la siguiente pregunta: “¿Cuáles considera que son los beneficios más importantes de un centro de computación automatizado o desatendido?”. Los beneficios principales de la automatización de operaciones que se citaron con mayor frecuencia fueron: reducción de costos, aumento de la productividad, disponibilidad, confiabilidad y rendimiento.

III. OBJETIVOS

Objetivo general

Desarrollar e implementar un sistema basado en redes neuronales artificiales para optimizar el manejo del inventario de productos agrícolas en una empresa comercializadora, mejorando la precisión en la gestión de existencias, contribuyendo a una operación más eficiente y rentable.

Objetivos específicos

- Identificar las necesidades y problemáticas actuales en la gestión del inventario de productos agrícolas dentro de la empresa.
- Diseñar un modelo de red neuronal artificial que permita clasificar y registrar productos agrícolas en función de características como la vida útil, la estacionalidad y las tendencias del mercado.
- Implementar un sistema automatizado de manejo de inventario basado en redes neuronales, que integre herramientas para el seguimiento de registro y control de entradas y salidas.
- Validar la eficacia del sistema desarrollado mediante métricas como precisión en el registro de entradas de inventario.
- Evaluar el impacto del sistema en las operaciones de la empresa, comparando la eficiencia del manejo de inventario antes y después de su implementación.

Preguntas de investigación

- ¿Cuáles son los principales desafíos en el manejo de inventarios de productos agrícolas en empresas comercializadoras y cómo pueden abordarse con redes neuronales?
- ¿Qué variables clave deben incluirse en un sistema basado en redes neuronales para optimizar el manejo de inventarios de productos agrícolas?
- ¿Cómo puede un sistema basado en redes neuronales mejorar el registro y control de entradas y salidas de inventarios en el sector agrícola?
- ¿Qué beneficios genera la implementación de un sistema automatizado en términos de mejora de la eficiencia operativa en la empresa?
- ¿Qué impacto tiene el uso de redes neuronales en la capacidad de la empresa para responder de manera oportuna a las demandas del mercado agrícola?

IV. MARCO TEÓRICO

1. Introducción

El marco teórico es una parte fundamental de cualquier trabajo de investigación, ya que permite establecer las bases conceptuales y teóricas sobre las cuales se sustenta el estudio. En este caso, el objetivo principal del marco teórico es proporcionar una comprensión detallada de los conceptos clave relacionados con la gestión de productos agrícolas y el uso de redes neuronales artificiales como herramienta tecnológica para optimizar este proceso.

En primer lugar, se aborda la naturaleza de los productos agrícolas y los desafíos que conlleva su manejo, haciendo énfasis en su característica perecedera, las fluctuaciones en la demanda y los problemas asociados a los métodos tradicionales de gestión de inventarios. A partir de esto, se justificará la necesidad de implementar soluciones tecnológicas avanzadas para mejorar la eficiencia y sostenibilidad en el manejo de estos productos.

Por otro lado, se analizarán las bases teóricas y funcionales de las redes neuronales artificiales, destacando su capacidad para procesar grandes volúmenes de datos y generar predicciones precisas. Además, se explorarán casos de estudio y aplicaciones similares en otras industrias, estableciendo un marco de referencia para el desarrollo de esta investigación.

Finalmente, se integrarán las dimensiones tecnológicas, operativas y de sostenibilidad del problema, proporcionando una visión integral de cómo las redes neuronales pueden transformar las operaciones de la empresa. Este enfoque permitirá contextualizar la investigación dentro de las tendencias actuales en tecnología e inteligencia artificial aplicada al sector agrícola, justificando así su relevancia y pertinencia.

2. La Tecnologías Avanzadas

Inicios de la automatización industrial: La automatización industrial se remonta al siglo XVIII, cuando se comenzaron a utilizar máquinas en la industria textil. Con el tiempo, se fueron desarrollando nuevas tecnologías y sistemas que permitieron la automatización de procesos cada vez más complejos. Uno de los primeros hitos en la evolución de la automatización industrial fue la invención de la máquina de vapor en el siglo XIX, que permitió la automatización de muchos procesos en la industria. Sin embargo, la verdadera revolución llegó en el siglo XX con la introducción de los sistemas electrónicos y la automatización programable.

En pocas palabras, la automatización se puede dividir en 4 fases, las cuales abarcan en su mayoría la evolución y desarrollo de esta, las cuales se dividen en: La automatización industrial, la automatización programable, la automatización flexible y la industria "4.0". El conjunto de estas conforma entre sí, la

mayor parte de la historia de la evolución de la automatización, dando como resultado distintas ramas, las cuales se desenvuelven en diferentes especialidades, pero sin dejar de ser parte del desarrollo (Manufactura Latam, 2014).

Implementación de las tecnologías avanzadas: Las tecnologías avanzadas representan un conjunto de innovaciones que están transformando diferentes industrias y actividades. Estas tecnologías abarcan desarrollos como la inteligencia artificial (IA), el aprendizaje automático, las redes neuronales, el internet de las cosas (IOT), la automatización avanzada, y la robótica, entre otros. Su propósito principal es optimizar procesos, mejorar la toma de decisiones, y ofrecer soluciones mas rápidas y precisas que aquellas obtenidas a través de métodos tradicionales.

La inteligencia artificial y las redes neuronales son componentes esenciales en este avance tecnológico. La IA ha permitido que las maquinas aprendan de la experiencia, se adapten a nuevas situaciones y realicen tareas complejas de forma autónoma. Las redes neuronales, inspiradas en la estructura del cerebro humano, son modelos matemáticos que ayudan a las computadoras a identificar patrones, aprender de los datos y mejorar su desempeño con el tiempo. Dando lugar a aplicaciones revolucionarias en diversas áreas, como el reconocimiento de imágenes, la predicción de tendencias y la optimización de recursos (Inteligencia Artificial: Qué Es y Por Qué Importa, s. f.).

Las tecnologías avanzadas en la agricultura: El estudio de Villagrán, A. V. (2023, 18 mayo), dice que la agricultura moderna ha experimentado un cambio significativo gracias a la incorporación de tecnologías avanzadas. Estas innovaciones están revolucionando la manera en que se gestionan y optimizan las practicas agrícolas, mejorando la eficiencia, productividad y sostenibilidad de los cultivos. Entre las tecnologías mas destacadas que están cambiando este sector se encuentran la inteligencia artificial, el análisis de datos, la automatización, y las redes neuronales.

La inteligencia artificial en la agricultura se utiliza para realizar tareas que antes dependían de la intervención humana, incluyendo el monitoreo de cultivos en tiempo real, la detección de enfermedades, la predicción de condiciones meteorológicas y la optimización de recursos como el agua y los fertilizantes. Estas aplicaciones no solo permiten una mejor gestión de los cultivos, también contribuyen a la sostenibilidad al reducir el desperdicio de recursos y minimizar el impacto ambiental.

Las redes neuronales que han sido aplicadas a la agricultura son capaces de analizar grandes cantidades de datos provenientes de diferentes fuentes, como imágenes por satélite, sensores de campo y registros históricos. Estos sistemas pueden predecir rendimientos, identificar plagas o enfermedades con mayor precisión, y sugerir cuales podrían ser las medidas para corregir estos problemas de forma proactiva. El uso de redes neuronales también facilita el desarrollo de sistemas de

control automatizado, como el riego inteligente, que ajusta el suministro de agua según las necesidades del cultivo y las condiciones ambientales.

La integración de estas tecnologías ha llevado a la creación de sistemas agrícolas mas conectados e inteligentes. Permitiendo a los agricultores tomar decisiones basadas en datos precisos, optimizar sus operaciones y mejorar la calidad de sus productos. A medida que estas tecnologías continúan avanzando, es de esperarse que el sector agrícola se vuelva mas eficiente, capaz de afrontar los diferentes desafíos como el cambio climático, el crecimiento de la población y la necesidad de seguridad alimentaria.

3. Productos Agrícolas y su Gestión

3.1. Características de los productos agrícolas

Naturaleza perecedera: Debido a su naturaleza, los productos agrícolas deben contar con un riguroso proceso de gestión y almacenaje, por lo que contar con un sistema el cual agilice la movilidad y control de productos para su manejo es una parte fundamental para garantizar el correcto ciclo de producción para dichos productos. La caducidad es el tiempo que tarde un alimento en comenzar a degradarse perdiendo sus propiedades nutrimentales. Se le conoce también como caducidad. Dependiendo de ese tiempo de duración (AyuntamientoJaen, s. f.).

Factores que afectan la calidad: temperatura, humedad, transporte: Al ser un producto el cual interactúa directamente por diferentes factores, al igual que ser sometido a diversos tratos, los productos agrícolas son susceptibles a cambios bruscos en su ciclo de producción, por lo que su calidad es muy variable, por lo que son muchos factores para tomar en cuenta para garantizar la mejor calidad en su mayoría.

La calidad de los productos agrícolas puede verse afectada por diversos factores durante la postcosecha. Condiciones ambientales como la temperatura y la humedad, así como prácticas de manejo durante el transporte, son determinantes. Por ejemplo, temperaturas inadecuadas pueden acelerar la descomposición, mientras que niveles incorrectos de humedad pueden proporcionar el crecimiento de moho (Antoniogamero, 2022).

Estacionalidad y variabilidad en la producción: La producción agrícola esta sujeta a variaciones estacionales y climáticas, lo que resulta en fluctuaciones en la oferta de productos. Factores como cambios en las precipitaciones, temperaturas extremas y eventos climáticos adversos pueden influir en los rendimientos y la calidad de las cosechas, afectando la disponibilidad de productos en diferentes épocas del año (AgroSpray, 2023).

2.2. Retos en el manejo de inventarios agrícolas

Merms y desperdicios: Al someterse a diferentes etapas, se debe tomar en cuenta una cantidad de producto el cual este destinado a perderse o desperdiciarse a lo largo del ciclo de productos, afectando a los alimentos y los productos utilizados para su producción, por lo que siempre debe tenerse en cuenta una cantidad específicamente para evitar que la producción se vea afectada por estas “mermas”. Estas merms representan una disminución de alimentos aptos para el consumo humano y pueden deberse a prácticas inadecuadas de manejo, almacenamiento deficiente o procesos de procesamiento ineficientes (Las Perdidas y el Desperdicio de Alimentos En el Contexto de Sistemas Alimentarios Sostenibles, 2019).

Fluctuaciones en la oferta y la demanda: La naturaleza estacional de la producción agrícola, junto con factores impredecibles como condiciones climáticas adversas o plagas, puede provocar desequilibrios entre la oferta y la demanda. Estas fluctuaciones pueden resultar en excedentes que llevan a desperdicios o en escasez que afectan los precios y la disponibilidad de productos en el mercado (Sánchez, 2023).

Impacto económico y ambiental de una gestión ineficiente: Una gestión ineficiente de los inventarios agrícolas no solo tiene implicaciones económicas, como pérdidas financieras para los productores, sino también ambientales. El desperdicio de alimentos contribuye a una utilización innecesaria de recursos naturales y genera emisiones de gases efecto invernadero, exacerbando problemas ambientales como el cambio climático (Las Perdidas y el Desperdicio de Alimentos En el Contexto de Sistemas Alimentarios Sostenibles, 2019).

2.3. Sistemas tradicionales de manejo de inventarios

Descripción de métodos manuales y semiautomatizados: Normalmente, la gestión de inventarios de productos agrícolas en la agricultura ha dependido de métodos manuales, como registros en papel y conteos físicos. Algunos sistemas semiautomatizados han incorporado herramientas básicas de software para el seguimiento de existencias, pero aún requieren una intervención humana significativa para la entrada y análisis de datos.

Limitaciones de los sistemas tradicionales: Los sistemas tradicionales, al seguir contando con el factor humano, pueden ser propensos a errores humanos, ineficiencias y falta de precisión en el seguimiento de los inventarios. Además, la falta de integración y actualización en tiempo real puede dificultar la toma de decisiones informadas, lo que puede resultar en sobre stock o desabastecimiento, afectando la eficiencia operativa y la rentabilidad.

4. Redes Neuronales Artificiales (RNA)

4.1. Concepto y fundamentos de las redes neuronales

Definición y estructura básica (neuronas, capas, conexiones): También conocidas como redes neuronales artificiales es un método de la inteligencia artificial y son sistemas de hardware y/o software que imitan el funcionamiento de las neuronas del cerebro humano, son un tipo de tecnología de aprendizaje que se utilizan para resolver problemas complejos de procesamiento.

Este crea un sistema adaptable que las computadoras utilizan para aprender de sus errores y mejorar continuamente, estas ayudan en la toma de decisiones inteligentes de las computadoras, con el apoyo de asistencia humana, puede realizar grandes tareas. Una de sus aplicaciones mas importantes es la Visión Artificial, la cual hace que las computadoras puedan distinguir y reconocer imágenes con referencia similar a los humanos, tanto reconocimiento facial como identificación de objetos (Muñoz, 2022).

Tipos de redes neuronales (redes feedforward, recurrentes, convolucionales): Existen diferentes clasificaciones que separan las redes neuronales en torno a su número de capas, tipos de conexiones o grado de las conexiones. Estas tienen distintas aplicaciones, dependiendo del uso que sea necesario darles para el tratamiento de sus datos, las más importantes para los actuales usos de estas son las llamadas feedforward, recurrentes o convolucionales.

Redes neuronales feedforward: Estas redes son el tipo más básico de red neuronal. En una red neuronal feedforward, la información fluye en una sola dirección, desde la capa de entrada hasta la capa de salida, sin ciclos o retroalimentación. Esto significa que la salida de cada capa se utiliza como entrada para la siguiente capa hasta que se produce la salida final. Este tipo de red neuronal es útil para tareas que implican clasificación y predicción, como el reconocimiento de imágenes y la detección de fraudes. La red neuronal feedforward puede ser entrenada utilizando algoritmos de aprendizaje supervisado, como la retro propagación, para ajustar los pesos de las conexiones entre las neuronas y mejorar la precisión de la salida (Huet, 2023).

Redes neuronales recurrentes: Las redes neuronales recurrentes son un tipo de red neuronal que tiene conexiones retroalimentadas entre las neuronas. Esto significa que la salida de una neurona se utiliza como entrada para otra neurona, y así sucesivamente. Esta retroalimentación permite que la red neuronal tenga una “memoria” de los datos de entrada anteriores, lo que la hace especialmente útil para tareas que involucran secuencias de datos, como el procesamiento del lenguaje natural y la predicción del tiempo. El proceso de entrenamiento de una red neuronal recurrente es más complejo que el de una red neuronal feedforward debido a la retroalimentación. Se utilizan algoritmos de

aprendizaje como el algoritmo de retro propagación a través del tiempo (BPTT, por sus siglas en inglés) para ajustar los pesos de las conexiones entre las neuronas y mejorar la precisión de la salida (Huet, 2023).

Redes neuronales convolucionales: Las redes neuronales convolucionales (CNN, por sus siglas en inglés) son un tipo de red neuronal que se utiliza principalmente para el procesamiento de imágenes y videos. En una red neuronal convolucional, las neuronas están organizadas en capas convolucionales, donde cada neurona está conectada solo a una región local de la capa anterior en lugar de a todas las neuronas de la capa anterior.

Esto permite que la red neuronal convolucional detecte características específicas en una imagen, como bordes y patrones, independientemente de su ubicación en la imagen. Las CNN han demostrado ser extremadamente efectivas en una amplia variedad de aplicaciones de visión por computadora, incluyendo la clasificación de imágenes, la detección de objetos, el seguimiento de objetos y la segmentación de imágenes. Son capaces de aprender patrones complejos en los datos de entrada y pueden generalizar bien a nuevas imágenes que no han visto antes. Además, son altamente escalables y se pueden entrenar en grandes conjuntos de datos utilizando hardware especializado, como unidades de procesamiento gráfico (GPU) o unidades de procesamiento tensorial (TPU). Esto ha permitido a los investigadores y a las empresas abordar problemas de visión por computadora que antes se consideraban imposibles (Huet, 2023).

4.2. Funcionamiento de las redes neuronales

Procesamiento de lenguaje natural: Estos sistemas también son muy eficaces en el procesamiento del lenguaje humano. En la traducción automática, las redes neuronales pueden aprender a traducir idiomas al analizar patrones en el lenguaje. Una red neuronal puede analizar millones de oraciones en diferentes idiomas y aprender a traducir entre ellos. Así también con la generación de texto, donde las redes neuronales pueden crear texto coherente y relevante al analizar patrones en el lenguaje, de forma que puede aprender a escribir historias o artículos de noticias que sean atractivas para un público objetivo deseado (Huet, 2023).

Visión por computadora: Las redes neuronales son muy efectivas en la identificación de objetos en imágenes y videos, lo que es útil en aplicaciones como la detección de objetos en tiempo real, el seguimiento de objetos y la clasificación de imágenes, ya que pueden analizar imágenes en tiempo real para identificar objetos y proporcionar información sobre ellos (Huet, 2023).

Reconocimiento de patrones: Las redes neuronales son extremadamente útiles para identificar patrones en grandes conjuntos de datos. Por ejemplo, en el reconocimiento de voz, las redes neuronales pueden convertir ondas sonoras en texto. Al analizar patrones en el sonido, las redes

neuronales pueden determinar qué palabras se están diciendo y crear una transcripción de la conversación (Huet, 2023).

Clasificación de imágenes: Las redes neuronales también son muy eficaces en la clasificación de imágenes. Las redes neuronales pueden reconocer características específicas en las imágenes, como la forma y el color, y clasificarlas en diferentes categorías (Huet, 2023).

Predicción y diagnóstico: Por el reconocimiento de patrones que ofrecen, estos sistemas también son muy útiles para la predicción y toma de decisiones en diferentes áreas. En el comercio electrónico, por ejemplo, las redes neuronales pueden analizar los datos de los clientes para predecir sus preferencias de compra y ofrecer productos relevantes. O en el análisis de riesgos, donde las redes neuronales pueden predecir el riesgo de diferentes escenarios y, dada la necesidad, un sistema podría analizar los datos de los pacientes para predecir el riesgo de enfermedades como la diabetes o la enfermedad cardíaca (Huet, 2023).

4.3. Aplicaciones de las redes neuronales en problemas similares

Ejemplos en la clasificación de productos: La clasificación de productos es un punto clave en la producción de una empresa, por este se procesa el producto a comercializar, lo que lo hace tan importante es la eficacia con la que se desempeña esta área, por lo que una clasificación deficiente o producción con baja supervisión crea bajas en la productividad. Los autores Olguín Rojas, Vásquez Gómez, López Castañes & Herrera Lozada (2022), realizaron un estudio en el cual se percataron que actualmente, en puntos de venta y en empresas agroindustriales de México, la clasificación de manzanas (*Malus domestica*) la realizan personas de forma manual, lo que genera deficiencias en la calidad del producto. Estos problemas se pueden reducir con la implementación de equipos de visión en sitio equipados con algoritmos de aprendizaje automático.

Las redes neuronales en la agricultura: Las redes neuronales, como técnica de aprendizaje automático, pueden ser utilizadas en varios aspectos de la agricultura para mejorar la eficiencia, la productividad y la sostenibilidad. Estas pueden aplicarse de distintas formas dependiendo la tarea a la que se requiera asigna como: Predicción de rendimiento de cultivos, Detección de enfermedades y plagas, Optimización del uso de fertilizantes y productos químicos, Pronóstico del clima, Control y automatización de sistemas de riego, Reconocimiento de productos agrícolas, Registro de uso y baja de producto en existencia, entre otras. Estos siendo solo algunos ejemplos de como las redes neuronales puede aplicarse en la agricultura (Villagrán, 2023).

Implementación de la inteligencia artificial en la agricultura: Uno de los beneficios más evidentes de la inteligencia artificial en la agricultura es la mejora de la eficiencia operativa. Los sistemas automatizados pueden realizar tareas monótonas y repetitivas de manera más rápida y precisa que los

métodos tradicionales. La intervención humana se reduce, liberando tiempo y recursos para otras actividades (AGROBETA, 2023).

Uso en predicción de demanda y optimización de procesos: Los autores Altamirano Tapias & Marín Peralta (2019), realizaron un estudio, en el cual se percataron que las empresas han de tomar decisiones estratégicas acertadas en la elaboración de sus presupuestos y planeación operativa, tomando como objetivo el encontrar un modelo para la realización de pronóstico de demanda que reduzcan la incertidumbre de los datos, el cual de información para una mejor toma de decisiones y así mejorar la eficiencia de la planeación de la demanda, todo esto gracias al uso de redes neuronales.

5. Tecnologías y Herramientas para la Implementación

5.1. Herramientas tecnológicas aplicadas

Lenguajes de programación para redes neuronales: Python es el lenguaje de programación más utilizado en el desarrollo de redes neuronales y aplicaciones de inteligencia artificial. Su sintaxis clara y amplia disponibilidad de bibliotecas especializadas lo convierte en una opción preferida para investigadores y desarrolladores. Además, es un lenguaje interpretado, multiparadigma, multiplataforma y de tipado fuerte.

R también se emplea en el ámbito de las redes neuronales, especialmente en análisis estadístico y modelos predictivos. Aunque su uso es un menos común que Python en este campo, R ofrece paquetes específicos para el desarrollo de modelos de aprendizaje automático (*¿Cual Es el Mejor Lenguaje de programación Para Redes Neuronales? – RESPUESTAS RAPIDAS*, s. f.).

Frameworks populares: Un framework en el ámbito de la informática, es una estructura conceptual que proporciona un conjunto de herramientas, bibliotecas y patrones de diseño para facilitar el desarrollo de software. En otras palabras, son marcos de trabajo que funcionan como un esqueleto predefinido, y sobre el cual puede construir una aplicación o un software.

Microsoft Cognitive Toolkit (CNTK): Creado por Microsoft. es de código abierto. Ilustra redes neuronales en forma de gráficos dirigidos mediante el uso de una secuencia de pasos computacionales. CNTK está escrito en C++, pero admite varios lenguajes como C#, Python, C++ y Java. El respaldo de Microsoft es una ventaja para CNTK, ya que Windows es el sistema operativo preferido por las empresas. CNTK también se usa mucho en el ecosistema de Microsoft. Los productos populares que usan CNTK son Xbox, Cortana y Skype (AdonaiVera, 2021).

PyTorch: Es desarrollado en Facebook por el grupo de investigación FAIR. Pytorch es compatible con Python y C++ para crear modelos de Deep learning. Algunas de las empresas que lo utilizan son Salesforce, Facebook y Twitter. El reconocimiento de imágenes, el procesamiento del lenguaje natural y el aprendizaje por refuerzo son algunas de las muchas áreas en las que destaca PyTorch. También

se utiliza en la investigación de universidades como Oxford y organizaciones como IBM (AdonaiVera, 2021).

TensorFlow: Es la herramienta de Deep learning más famosa que existe. Es una de los frameworks de código abierto más eficientes para trabajar. Google creó TensorFlow para usarlo como una herramienta interna de Deep learning antes de abrirlo. TensorFlow impulsa muchas aplicaciones útiles, incluidas Uber, Dropbox y Airbnb (AdonaiVera, 2021).

5.2. Bases de datos y procesamiento de información

Recolección y limpieza de datos: La calidad de los datos es fundamental para el éxito de los modelos de redes neuronales. La recolección de datos puede provenir de diversas fuentes, como sensores, imágenes satelitales o registros históricos. Una vez recopilados, es esencial realizar un proceso de limpieza que incluya la eliminación de valores atípicos, manejo de datos faltantes y normalización, asegurando así la integridad y consistencia de la información.

Estructura de datos necesarios para el sistema: Dependiendo de la aplicación específica, los datos pueden variar en formato y estructura. Por ejemplo, en el reconocimiento de imágenes, los datos se representan en matrices de píxeles, mientras que en series temporales se organizan en secuencias cronológicas. Es crucial definir una estructura de datos que facilite el entrenamiento y evaluación del modelo, asegurando que la información relevante esté adecuadamente representada.

5.3. Infraestructura tecnológica requerida

Computación en la nube: La computación en la nube (o cloud computing, en inglés) es una tecnología que permite acceder remotamente, de cualquier lugar del mundo y en cualquier momento, a softwares, almacenamiento de archivos y procesamiento de datos a través de Internet, sin la necesidad de conectarse a un ordenador personal o servidor local.

En otras palabras, la computación en la nube utiliza la conectividad y gran escala de Internet para hospedar los más variados recursos, programas e información, y permite que el usuario ingrese a ellos a través de cualquier ordenador, Tablet o celular. Si analizamos el modelo tradicional de computación, en el que los usuarios y las empresas necesitan invertir en downloads, hardware, sistemas operativos y softwares para lograr ejecutar algún tipo de aplicación, es fácil entender por qué el cloud computing se volvió tan popular. La nube surgió como una forma de democratizar la información y mejorar la experiencia de quienes dependen de recursos tecnológicos a nivel personal o profesional (Grapsas, 2021).

Hardware especializado (CPUs, GPUs, TPUs): Los tres son tipos de procesadores, cada uno con funciones específicas en el procesamiento de datos:

- CPU (Central Processing Unit): Es el procesador más común, el cerebro que maneja tareas generales. Si bien es versátil, su capacidad de realizar cálculos complejos simultáneamente es limitada. Este tipo de chip se encuentra en la mayoría de las computadoras personales, laptops y smartphones.
- GPU (Graphics Processing Unit): Creado inicialmente para procesamiento gráfico, el GPU destaca por su capacidad para gestionar múltiples tareas en paralelo. Esto lo hace ideal para renderizar gráficos en juegos o para ciertas tareas de inteligencia artificial. Las GPUs son comunes en consolas de videojuegos y en equipos de alto rendimiento.
- TPU (Tensor Processing Unit): Diseñado por Google, el TPU es un chip especializado exclusivamente en cargas de trabajo de IA y aprendizaje automático. Su arquitectura, conocida como ASIC (circuito integrado específico para aplicaciones), permite ejecutar cálculos matemáticos complejos de manera eficiente y con menos energía. Los TPUs solo se encuentran en los centros de datos de Google y se usan para productos como Google Search, YouTube y DeepMind (Polo & Polo, 2024).

6. Relación entre Inteligencia Artificial y Sostenibilidad en el Sector Agrícola

Contribuciones a la eficiencia operativa y sostenibilidad: La inteligencia artificial (IA) está transformando la agricultura al mejorar la eficiencia y promover prácticas sostenibles. Mediante el análisis de grandes volúmenes de datos, la IA permite optimizar el uso de recursos como el agua y los fertilizantes, reducir el desperdicio y minimizar el impacto ambiental. Por ejemplo, la agricultura de precisión utiliza IA para analizar datos y optimizar el rendimiento de los cultivos, lo que puede aumentar el rendimiento hasta en un 30% (Catherine, 2024).

Ejemplos de soluciones en la industria agrícola:

Crespo (2024), realizó una investigación mencionando que la inteligencia artificial ha estado avanzando en gran medida en el campo de la agricultura, dando soluciones innovadoras para enfrentar los desafíos que presenta el sector actualmente y a futuro, trayendo consigo soluciones que diferentes empresas han implementado para agilizar su producción. Esta se presenta en el monitoreo, análisis, y gestión de diferentes áreas, ayudando a crear una agricultura eficiente, productiva y sostenible.

Monitoreo de cultivos y análisis de suelo: La IA permite el monitoreo preciso de los cultivos y el análisis del suelo a través de imágenes satelitales y drones equipados con sensores avanzados. Estas tecnologías recopilan datos en tiempo real sobre la salud de los cultivos, el contenido de nutrientes en el suelo y las condiciones climáticas, permitiendo a los agricultores tomar decisiones informadas y oportunas.

Detección de plagas y enfermedades: Los algoritmos de la IA pueden analizar imágenes de las plantas para detectar signos tempranos de plagas y enfermedades. Esto permite la implementación de medidas preventivas antes que el problema se propague, reduciendo la necesidad de pesticidas y minimizando las pérdidas de cultivos.

optimización del riego: La IA se utiliza para desarrollar sistemas de riego inteligentes que ajustan la cantidad de agua según las necesidades específicas de cada planta. Estos sistemas utilizan sensores de humedad del suelo y datos climáticos para optimizar el uso del agua, lo que es especialmente crucial en regiones afectadas por la escasez de agua.

Ejemplos de implementación de la IA en la agricultura:

John Deere y su sistema de detección de malezas: John Deere ha desarrollado una tecnología llamada See & Spray, que utiliza cámaras y algoritmos de aprendizaje automático para detectar malezas y aplicar herbicidas solo donde es necesario. Este enfoque reduce el uso de productos químicos en un 90% y minimiza el daño ambiental.

Blue River Technology: Blue River Technology, adquirida por John Deere, ha desarrollado una tecnología similar que utiliza la visión por computadora para identificar y tratar individualmente las plantas de algodón. Este sistema permite un manejo más preciso de los cultivos y reduce significativamente el uso de herbicidas.

AgroSmart: AgroSmart es un startup brasileño que ofrece soluciones basadas en la IA para el monitoreo de cultivos y la gestión del agua. Utilizan sensores y algoritmos de aprendizaje automático para proporcionar recomendaciones personalizadas a los agricultores, optimizando el riego y mejorando la productividad.

PEAT (Plantix): Plantix es una aplicación móvil que utiliza la IA para ayudar a los agricultores a diagnosticar enfermedades de las plantas a través de imágenes. Los usuarios pueden tomar una foto de una planta enferma y el algoritmo de la IA identificará la enfermedad y proporcionará recomendaciones de tratamiento.

Aerobotics: Aerobotics es una empresa sudafricana que utiliza drones y análisis de datos para monitorear la salud de los árboles frutales. Los drones capturan imágenes detalladas que se analizan con algoritmos de la IA para detectar problemas de salud, permitiendo a los agricultores tomar medidas preventivas.

7. Bases Teóricas y Referenciales del Proyecto

7.1. Modelos matemáticos en redes neuronales

Principios matemáticos aplicados: Las redes neuronales se basan en modelos matemáticos que simulan el comportamiento de las neuronas biológicas. Utilizan funciones de activación para introducir

no linealidades y permiten a la red aprender representaciones complejas de los datos. Las operaciones fundamentales incluyen productos punto, sumas ponderadas y la aplicación de funciones de activación como la sigmoide, tangente hiperbólica o ReLU (Vicente, 2023).

Algoritmos de optimización: En el campo del aprendizaje automático, los algoritmos de optimización son herramientas super poderosas que permiten a los modelos aprender de los datos y mejorar su rendimiento con el tiempo. El entrenamiento de redes neuronales implica la optimización de los pesos sinápticos para minimizar una función de pérdida.

El algoritmo de descenso de gradiente es una técnica comúnmente utilizada para este propósito, ajustando iterativamente los pesos en la dirección que reduce el error. La retro propagación es un método que calcula el gradiente de la función de pérdida con respecto a cada peso, permitiendo actualizar los pesos de manera eficiente durante el entrenamiento.

El Descenso de Gradiente por Lotes, conocido en inglés como Batch Gradient Descent, es el enfoque más tradicional y básico dentro de los métodos de optimización. En este método, se calcula el gradiente de la función de costo utilizando todo el conjunto de datos de entrenamiento antes de actualizar los parámetros del modelo.

El Descenso de Gradiente con Momento es una técnica de optimización que considera los gradientes pasados para suavizar la actualización de los parámetros del modelo. Este enfoque no solo toma en cuenta el gradiente actual, sino que también acumula un promedio ponderado exponencialmente de los gradientes anteriores. Esto ayuda a que las actualizaciones de los parámetros sean más suaves y a acelerar la convergencia hacia un óptimo.

El ADAM (Adaptive Moment Estimation) es uno de los algoritmos de optimización más utilizados y efectivos en el aprendizaje profundo. Es particularmente apreciado por su capacidad para manejar grandes cantidades de datos y modelos con millones de parámetros, lo que lo convierte en una opción preferida para entrenar redes neuronales profundas.

El objetivo principal de RMSprop es mantener una tasa de aprendizaje adaptativa que ajuste de manera adecuada la magnitud de las actualizaciones de los pesos. Esto ayuda a evitar que los pasos sean demasiado grandes, lo que podría causar que el modelo se salte el mínimo, o demasiado pequeños, lo que ralentizaría el proceso de convergencia. Cada uno de estos algoritmos contando con sus ventajas y desventajas, por lo que es necesario el análisis de cada uno para conocer cual es mas adecuado en los diferentes casos de optimización (Richaud, s. f.).

7.2. Estudios previos relacionados

La gestión de inventarios en el sector agrícola ha experimentado transformaciones significativas con la incorporación de tecnologías avanzadas, especialmente la inteligencia artificial (IA). Un estudio reciente destaca cómo la aplicación de algoritmos de aprendizaje automático y técnicas de optimización

avanzada impacta positivamente en la gestión de inventarios, reduciendo el stock y los costos de almacenamiento en la cadena de suministro (Porfirio et al., 2024).

Además, la implementación de sistemas de gestión de almacenes (WMS, por sus siglas en inglés) ha permitido una mayor eficiencia en el control de inventarios agrícolas. Estos sistemas, al integrarse con tecnologías como la identificación por radiofrecuencia (RFID) y el análisis de big data, facilitan el seguimiento en tiempo real de los productos, optimizando la cadena de suministro y mejorando la toma de decisiones (Eatz, 2024).

Análisis comparativo con otras tecnologías.

La adopción de IA en la gestión de inventarios se compara favorablemente con otras tecnologías tradicionales. Mientras que los sistemas convencionales se basan en datos históricos y reglas predefinidas, las soluciones basadas en IA pueden procesar grandes volúmenes de datos en tiempo real, identificar patrones y predecir demandas futuras con mayor precisión. Esto permite una respuesta más ágil a las fluctuaciones del mercado y una reducción en los costos operativos (Sebastián et al., 2024).

Por otro lado, tecnologías emergentes como el Internet de las Cosas (IOT) y blockchain también están influyendo en la gestión de inventarios. El IOT facilita la recopilación de datos en tiempo real a través de sensores, proporcionando información detallada sobre las condiciones de almacenamiento y el estado de los productos. Blockchain, por su parte, ofrece trazabilidad y transparencia en la cadena de suministro, asegurando la autenticidad y calidad de los productos agrícolas. En conclusión, la integración de la inteligencia artificial en la gestión de inventarios agrícolas representa un avance significativo en comparación con las tecnologías tradicionales. Su capacidad para analizar datos en tiempo real, predecir tendencias y optimizar procesos la convierte en una herramienta esencial para mejorar la eficiencia y sostenibilidad en el sector agrícola.

V. MATERIALES Y METODOS

Implementación del prototipo

Para el desarrollo del prototipo, conto con un diseño el cual hizo de base para el desarrollo del proyecto, con este se toman en cuenta los puntos a trabajar para contar con una estructura de trabajo bien elaborada, la cual garantiza un trabajo organizado, el cual podrá avanzar en la finalización de cada una de las actividades. El prototipo se basa en el desarrollo de un sistema integral el cual contara con la integración de tecnologías, las cuales harán que este sea funcional y practico, para las tareas que quieren cubrirse.

Para iniciar con el desarrollo se deben dejar en claro, cuales son los puntos esenciales y mas importantes en un sistema del estilo, desde como funcionara hasta las herramientas que fueron necesarias, por lo que el contar con una lista de actividades claras y precisas, es de alta importancia para que el desarrollo de dicho sistema pueda verse evolucionar conforme las actividades sean completadas, de esta manera se podrá generar un desarrollo limpio y eficaz.

Las actividades se dividen en cinco etapas:

1. Identificar las distintas actividades del proceso de entrada de inventario:

Actividad donde se realizo un análisis detallado al respecto del como se desenvuelve la empresa al momento de realizar el registro de la entrada de inventario, Identificando así cada una de las actividades que desarrolla el proceso al momento de registrar una entrada, esto para poder contar con la idea del como se da el proceso, como se realiza y que actividades se podrían mejorar.

2. Analizar las distintas áreas del proceso de inventario:

Se realizo un análisis detallado con respecto a cada una de las áreas que se ven involucradas al momento de realizar la gestión de entrada de inventario, de esta manera obteniendo así una idea de que es lo que sucede o debería suceder en cada una de las áreas que corresponda, con una definición clara de en qué consiste el trabajo de cada una de estas áreas, la división de tareas y actividades al momento de desarrollar el sistema será cotejada de forma más clara y precisa.

3. Analizar las necesidades de software y de hardware:

Se realizo una investigación con la finalidad de obtener diferentes propuestas referentes a las tecnologías que serán utilizadas al momento de desarrollar el sistema, con la finalidad de encontrar diferentes propuestas y alternativas de ser necesarias al momento del desarrollo, contando con una más amplia selección de herramientas, comparando y cotejando cuales ofrecen mejor rendimiento y ventajas, garantizando así la utilización de las que mejor se adapten al proyecto.

Tecnologías seleccionadas:

- **Software**

- **Python:** Lenguaje de programación.
- **Anaconda:** Distribución de código abierto de Python y R que se usa para aplicaciones de ciencia de datos, aprendizaje automático e inteligencia artificial.
- **Jupyter:** Servidor para notebooks de Python (ipynb).
- **OpenCv:** Librería para captura y procesamiento de videos e imágenes.
- **easyOcr:** Librería de OCR para extraer textos de las imágenes.
- **Imutils:** Librería para facilitar las funciones básicas de procesamiento de imágenes.
- **Os:** Librería nativa de Python que contiene variables y procesos nativos del lenguaje.
- **Thefuzz:** Librería para la comparación de cadenas y obtener el match ratio.
- **Tkinter:** Librería nativa de Python para el desarrollo de interfaces graficas.
- **PIL:** Librería incluida en tkinter.

- **Software instalado en raspbian**

- **Uvccapture:** Tecnología que permite transmitir video en tiempo real a través de USB.
- **Libv4linux-0:** Librería Linux para cámaras.
- **Python:** Lenguaje de programación.
- **Anaconda:** Distribución de código abierto de Python y R que se usa para aplicaciones de ciencia de datos, aprendizaje automático e inteligencia artificial.

- **Hardware**

- **RaspBerry:** Dispositivo programado como sistema.
- **Cámara Anker Power Conf C200:** elegida por su alta calidad de lente y captura de imágenes.
- **Periféricos estándar:** Ratón, teclado y monitor.

4. Diseñar y proponer un sistema para la automatización del área de inventario:

Se diseño un prototipo el cual fue creado desde cero, consiste en el desarrollo de un dispositivo capaz de reconocer y registrar el ingreso de productos agrícolas en un servidor, estos productos son los que ingresaran a la bodega de la empresa y mediante una IA(Inteligencia Artificial) serán

registrados de manera automática, esto garantizara que el sistema este adaptado en su totalidad a las necesidades de la empresa, de esta manera y tomando en cuenta la información necesaria, será como comenzara el desarrollo del mismo, implementando las tecnologías anteriormente mencionadas.

5. Implementar el diseño propuesto:

Se realizaron pruebas del sistema ya terminado y en funcionamiento para garantizar su fiabilidad al momento de ser implementado, en esta etapa fue muy importante realizar la mayor cantidad de pruebas posible, esto para evitar tanto errores en el software como en el hardware, de esta forma se tiene en cuenta el tiempo para resolver los errores y pulir los detalles que podrían surgir en el proceso del desarrollo.

Desarrollo de la metodología

Tipo de diseño

El diseño de la investigación toma un enfoque experimental aplicado, en este se valida la implementación del prototipo de un sistema integral automatizado mediante la creación y evaluación de un prototipo funcional, este se justifica con el objetivo de medir la efectividad y precisión del prototipo implementado en un entorno controlado, evaluando como influye en la productividad y reducción de errores. De esta forma, el desarrollo del prototipo se lleva a cabo en diferentes etapas claves que pueden asegurar su eficiencia, tomando en cuenta la selección de hardware, integración de software y el análisis de los datos obtenidos en un entorno controlado.

Sistema de hipótesis y variables

La hipótesis se basa en demostrar que un sistema integral de reconocimiento de productos controlado mediante redes neuronales puede mejorar y aumentar la producción de una empresa, a su vez, disminuir en medida errores que podrían presentarse y por otra parte disminuir la carga de trabajo, esto en comparación con el registro manual de inventariado de una empresa.

Se podrá contar con variables independientes, como el tiempo y precisión del prototipo, esto al momento de realizar pruebas, buscando comparar resultados en cuanto a disminución de tiempo y aumento en la precisión de productos registrados, pero contando también con variables dependientes, las cuales se basarán en el tiempo de entrega del producto y la cantidad de estos, lo que podrían llegar afectar directamente al tiempo de trabajo del sistema.

Población y muestra

La muestra estará compuesta por el conjunto de pruebas realizadas con el prototipo, en las que se evaluaron factores como la cantidad de aciertos y errores que el sistema registra al momento de procesar los productos. Para asegurar una mayor validez de los resultados, serán tomados en cuenta diferentes factores que puede influir en el desempeño del sistema, como lo podrían ser los errores inesperados (debido a fallos del sistema) y situaciones imprevistas, como productos en mal estado o con caracteres de difícil procesamiento. De esta forma la muestra permite tomar en cuenta diferentes escenarios para evaluar el rendimiento y precisión del prototipo en condiciones realistas.

Instrumentos

Para la implementación del prototipo, se tomaron en cuenta diferentes herramientas y recursos tecnológicos, de los cuales se utilizaron los que mejor adaptabilidad tuvieron al sistema, esto permitiendo un desarrollo efectivo y una recolección precisa de datos. Estos instrumentos se dividen en dos categorías: hardware y software.

- **Hardware:** Fueron empleados dispositivos como una Raspberry Pi, que hizo de controlador del sistema central, una cámara Anker Power Conf. C200, que hizo de capturadora, tomando el video y las imágenes necesarias para el reconocimiento de los productos, tomando en cuenta también periféricos básicos de computación como lo son: ratón, teclado y monitores. Estos seleccionados para poder cumplir con la función de manera eficiente de funcionar como un entorno automatizado, haciendo así que por sus características faciliten la captura y el procesamiento de datos visuales.
- **Software:** Se utilizaron herramientas de procesamiento de imágenes y análisis de datos, como OpenCV para mejorar la calidad de las imágenes y EasyOCR para la extracción de texto. Esto implementando Python y Anaconda como los entornos de desarrollo, mientras que para el almacenamiento y gestión de datos fue utilizado MongoDB y Jupyter Notebooks que se empleo como interfaz de el usuario, esto para el monitoreo del sistema, ofreciendo una mejor manera de visualizar y analizar la información procesada.

Equipos e instalaciones

El desarrollo e implementación del prototipo requirieron un conjunto de equipos, al igual que un entorno controlado para realizar las pruebas.

- **Equipos:**
 - **Hardware:** Se utilizo una Raspberry Pi como dispositivo principal para gestionar el funcionamiento del sistema, siendo el controlador central el cual coordina el proceso de

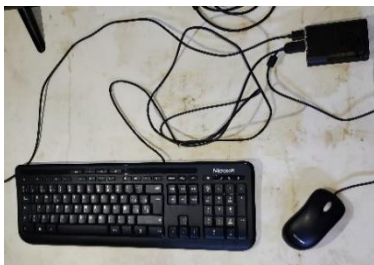
captura y análisis de imágenes, esto junto con la cámara Anker la cual garantizo una captura de imágenes precisas de los productos, facilitando el procesamiento. Todo esto empleando periféricos computacionales(teclado, ratón y monitor), para poder interactuar y monitorear el sistema durante las pruebas.

- **Software:** Todo el software se encontraba instalado y en ejecución en la Raspberry Pi, incluyendo diferentes librerías de procesamiento de imágenes y reconocimiento de texto, permitiendo a la cámara capturar, detectar y extraer la información necesaria de cada producto para su correcto registro.
- **Instalaciones:**
 - Las pruebas fueron realizadas en un espacio controlado, adecuado para garantizar correcto funcionamiento del sistema, garantizando la consistencia de la captura de los datos, en el área se contaba con un monitor para poder manejar el sistema de forma precisa, al igual que mostrar los resultados en tiempo real, probando diferentes productos para poder evaluar la precisión del sistema y su capacidad de respuesta ante diferentes condiciones.

Procedimiento

a) Montaje

La implementación del prototipo inicio con el montaje del sistema en un entorno controlado, en este se contaba con todos los elementos necesario para llevar a cabo las pruebas y recopilar datos. Comenzando por la instalación del sistema, en donde seria puesto a prueba mediante el análisis de diferentes productos, con esto se podrían realizar una generosa cantidad de pruebas, cuyo objetivo era la obtención y evaluación de resultados con distintos valores, tomando en cuenta la precisión, rapidez y porcentaje de éxito.



*Figura 1. Equipo de Hardware utilizado,
(Fuente: Elaboración Propia).*

El ensamble del hardware incluyo conectar la Raspberry PI, que es el componente central, a una cámara Anker, un monitor y periféricos (ratón y teclado). De forma adicional, se utilizo una lampara para garantizar una buena iluminación, lo cual era un factor crucial para la calidad de las imágenes capturadas por la cámara. El proceso de montaje comenzó conectando los periféricos y el monitor a la Raspberry PI, asegurando la visualización en el monitor. Después de verificar que la Raspberry PI reconociera y utilizara todos los periféricos, se realizo la configuración necesaria para que la cámara funcionara correctamente (Pág. 45).

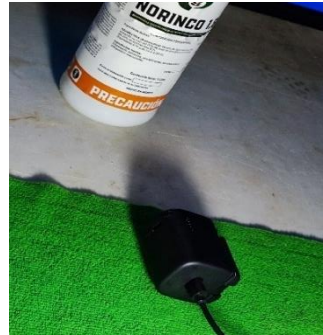


Figura 2. Cámara Anker de alta definición, (Fuente: Elaboración Propia).

El resultado de la instalación es un correcto funcionamiento de cada uno de los periféricos, verificando que las Raspberry PI los detecte y pueda utilizar, para el reconocimiento de la cámara mediante USB se siguieron una serie de pasos que constan en la actualización de paqueterías y repositorios mediante comandos(Imagen y pagina en los anexos), para después instalar el software y librería necesarias(Imagen y pagina en los anexos). son necesarios pues de lo contrario el Raspberry PI no podría detectar ni utilizar, realizado esto el sistema esta completo y listo para realizar las pruebas.



Figura 3. Sistema ensamblado e instalado, (Fuente: Elaboración Propia).

b) Configuración

El espacio de trabajo fue adecuado para facilitar la captura de datos de manera eficiente, permitiendo tomar pruebas y observar de forma inmediata los resultados arrojados, esto para facilitar la captura de los datos que el sistema mostraba prueba con prueba, en el cual el monitor estaba colocado de forma en que el espacio sobrante frente a el fuera el suficiente para estar intercambiando los productos sin la

necesidad de mover la cámara, puesto que esta pensada para mantenerse en un solo sitio haciendo que los productos sean los que se encuentren en movimiento, con todo instalado y las adaptaciones necesarias como la luz y el sistema en funcionamiento, se realizó la ejecución para comenzar con las pruebas, tomando en cuenta que la precisión e iluminación eran factores importantes.

Como dato adicional se optó por utilizar una lámpara que brindara la luz necesaria para garantizar que la cámara tuviera suficiente claridad en la imagen, al igual que se mantenía siempre a una distancia similar en cada una de las pruebas para garantizar que el texto fuese ser captado de forma precisa.



Figura 4. Ejemplo Captura de producto,
(Fuente: Elaboración Propia).

c) Pruebas

Para el desarrollo de la primera prueba se comenzó con la ejecución del sistema, esto mediante el uso de comandos, con estos comandos son:

- **dir**: Que es un comando de la interfaz de la línea de comandos del sistema operativo para mostrar un listado de archivos.
- **Python archivo.py**: Que es un comando de Python que se utiliza para ejecutar un archivo “.py” desde la línea de comandos, en este caso “prototipo.py”, que es el nombre del sistema.

```
(.venv) proyecto@raspberrypi:~/Documentos/Reconocimiento de productos agricolas $ dir
Imagenes
prototipo.ipynb  prototipo.py
(.venv) proyecto@raspberrypi:~/Documentos/Reconocimiento de productos agricolas $ python prototipo.py
Neither Cuda nor MPS are available - defaulting to CPU. Note: This module is much faster with a GPU.
qt.qpa.plugin: Could not find the Qt platform plugin "wayland" in "/home/proyecto/Documentos/Reconocimiento de productos agricolas/.venv/lib/python3.10/site-packages/Qt6/Qt6/plugins"
[1]
```

Figura 5. Ejecución del sistema en la RaspBerry PI, (Fuente: Elaboración Propia).

Después de ejecutado el sistema se muestran dos recuadros de diferentes tamaños, estos son mostrados al tener conexión con la cámara, dando a entender que la conexión entre ella y el sistema funciona correctamente, uno de los recuadros muestra la vista completa de la cámara, mientras que el otro mas pequeño es el encargado de encasillar el texto que será capturado y analizado.

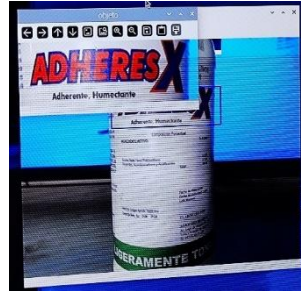


Figura 6. Momento de captura del titulo del producto, (Fuente: Elaboración Propia).

Se le indica al sistema que realice la captura mediante una tecla, lo que hace que este se enfoque en el recuadro mas pequeño que encasilla el texto, para capturarlo, para comparar la ratio matching del titulo obtenido por los de la lista de títulos de los demás productos para seleccionar el mas cercano al que ha sido capturado, por ultimo el sistema imprime los resultados, mostrando:

- **Texto interpretado:** Siendo el texto que el sistema fue capaz de reconocer.
- **Velocidad de Reconocimiento:** Siendo la rapidez con la que el sistema captura y compara el titulo para dar el resultado.
- **Porcentaje de similitud:** El valor porcentual entre el texto interpretado y el nombre real del producto.
- **Real Name:** Nombre real del producto que fue capturado, siendo el producto seleccionado por el sistema que mas se le asimile al capturado.



Figura 7. Titulo capturado y procesado por el sistema, (Fuente: Elaboración Propia).

d) Análisis

Analizando los resultados de la primer prueba se puede observar como el sistema realizo un gran trabajo reconociendo el producto seleccionado, puesto que respondió con una gran rapidez y precisión, dando como resultado una similitud del 88%, lo cual es un gran porcentaje pues debido a los cambios de posición de los productos y movimientos de la cámara este siempre puede variar, dando como resultado similitudes exactas pero porcentajes no perfectos, pero aun así se toma como un gran resultado por su acierto.

Pero, así como fue un gran comienzo, los valores conforme se realizaban mas pruebas estos variaban, desde la disminución de velocidad en la respuesta, hasta porcentajes de similitud muy bajos, por lo que en ciertos momentos la luz y la posición de los productos se veía afectado por lo que se realizaban ajustes para una mayor precisión.

Por otro lado, el que estos valores se mostraran disminuidos y afectados por ciertos aspectos, el sistema cumplía con la predicción gracias a que los valores otorgados eran lo suficientemente precisos para que la comparación entre los títulos de los productos y los títulos listados fueran en mayor medida aciertos, por lo que los resultados fueron tomados de manera satisfactoria.

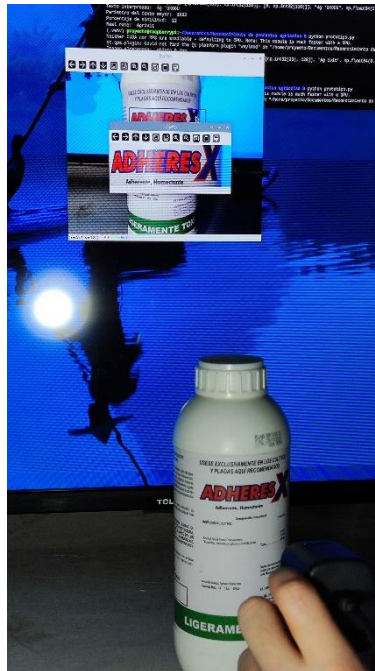


Figura 8. Prueba de captura del producto ADHERES X, (Fuente: Elaboración Propia).

Técnica de análisis y procesamiento de la información

Los resultados obtenidos en cada una de las pruebas fueron sometidos a un análisis considerando factores clave como el texto interpretado, el perímetro del texto, el porcentaje de similitud y el nombre real. Estos puntos aseguran la calidad de los datos recopilados y permiten una mejor comprensión de los resultados de cada prueba realizada, proporcionando un entendimiento claro de la eficiencia del prototipo en un ambiente controlado. Para garantizar un correcto procesamiento de los datos, es necesaria su interpretación mediante gráficos.

En este análisis, se utilizarán gráficos de barras para presentar de forma comparativa el mejor y peor resultado de cada factor, y un grafico de pastel para ilustrar la cantidad de aciertos, errores y errores inesperados. La grafica de pastel dividirá las pruebas entre estos resultados, explicando cada caso y evaluando si los resultados fueron satisfactorios. Esto tiene como objetivo mostrar con mayor claridad los valores obtenidos, haciendo la información mas fácil de entender y destacando su precisión.

Consideraciones éticas

Es fundamental garantizar un uso responsable y ético de la información obtenida durante el proyecto, evitando cualquier tipo alteración de los datos para beneficio propio o ajeno. Reflejando el compromiso de mantener la transparencia y el respeto hacia la información recopilada. Todos los datos utilizados estarán respaldados por evidencia clara y verificable, obtenida durante las pruebas realizadas, asegurando una recolección honesta y practica.

VI. RESULTADOS

Introducción a los Resultados

El propósito de este apartado es demostrar los beneficios de la implementación de un sistema de reconocimiento mediante redes neuronales, destacando su potencial como una opción viable para empresas que buscan optimizar sus procesos. Uno de los factores principales para el éxito de una empresa es contar con fluides y rapidez en sus labores. Realizar un análisis exhaustivo de los resultados obtenidos ayuda a presentar un punto de vista en el cual se confirme y garantice resultados positivos al momento optar por un sistema de reconocimiento.

El entorno de pruebas se configuro para garantizar el funcionamiento optimo del sistema. A pesar de diversas limitaciones, como poca iluminación y cambios repentinos de posición, el sistema logro operar de manera satisfactoria. Esto evidencia que puede adaptarse a condiciones poco ideales, ofreciendo fiabilidad incluso en entornos desafiantes

Resultados Generales

Se realizaron 50 pruebas bajo las mismas condiciones para comparar los resultados entre los distintos productos. Estas pruebas se dividieron en tres categorías, como se muestra en la siguiente grafica:

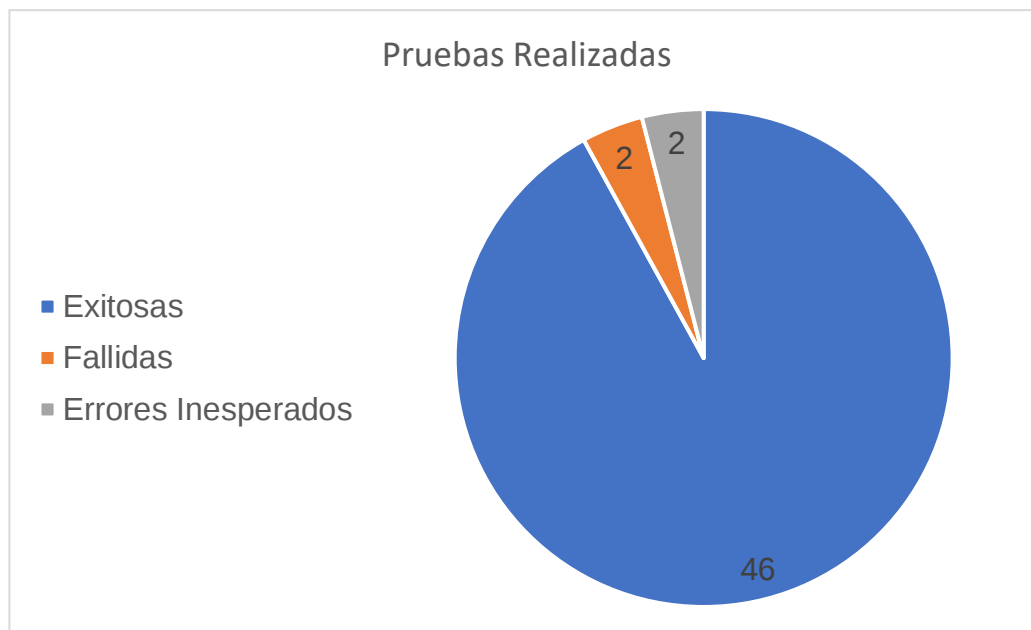


Figura 9. Resultados de las pruebas realizadas, (Fuente: Elaboración Propia).

- e) **Exitosas:** Numero de pruebas realizadas de manera exitosa, dando resultados positivos y viables.
- f) **Fallidas:** Numero de pruebas realizadas con resultados erróneos, entre estos se podía encontrar una mala interpretación del nombre capturado o una comparación equivocada.

- g) **Errores Inesperados:** Pruebas realizadas donde se presentaban errores que no podían ser controlados, como fallos en las librerías o en el sistema.

En general, el prototipo se comporto de acuerdo con las expectativas, obteniendo en su mayoría una alta tasa de precisión, datos correctos y tiempos de respuesta adecuados. Se observo que el sistema lograba procesar de forma mas rápida unos productos que otros, aunque esto no afectada en su precisión, puesto que los textos mas complicados lograba interpretarlos de manera correcta en un rango de tiempo un poco mas largo.

Resultados por Variable

En este apartado se presentan los puntos importantes en cada una de las pruebas obtenidas para demostrar los cambios que se presentaron entre los productos de manera mas detallada y especifica.

- **Tiempo de procesamiento:**

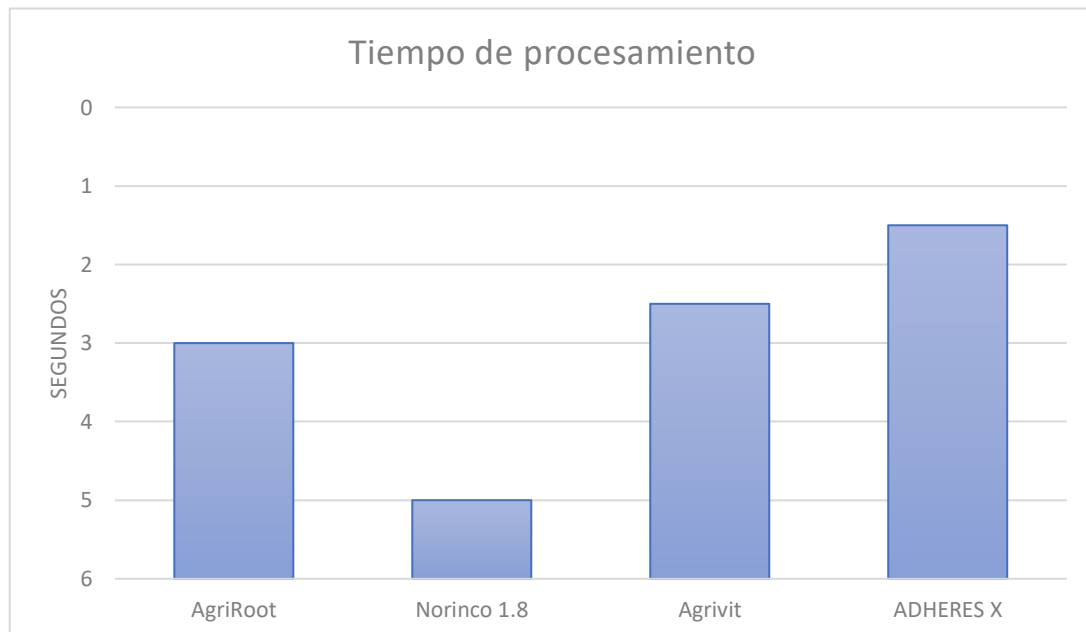


Figura 10. Desempeño en tiempo de procesamiento de las pruebas realizadas, (Fuente: Elaboración Propia).

- **Resultados:** El tiempo de procesamiento se midió en los segundos que le tomo al sistema arrojar los resultados desde la captura hasta la obtención de resultados. Se noto que nombres con mayor complejidad (por ejemplo, “Norinco 1.8”) requerían mas tiempo, mientras que nombres con menor complejidad eran procesados con mayor rapidez.
- **Análisis:** Como se puede observar en la grafica los nombres con caracteres mixtos (letras y números) presentaron cierta dificultad, afectando el tiempo de procesamiento, como fue el caso de **Norinco 1.8**, que al contar con caracteres mixtos presentaba cierto

reto para el sistema. Sin embargo, los resultados se mantuvieron positivos, mientras que aquellos que contaban solo con letras fueron capturados y comparados con una mayor rapidez.

- **Precisión del reconocimiento:**

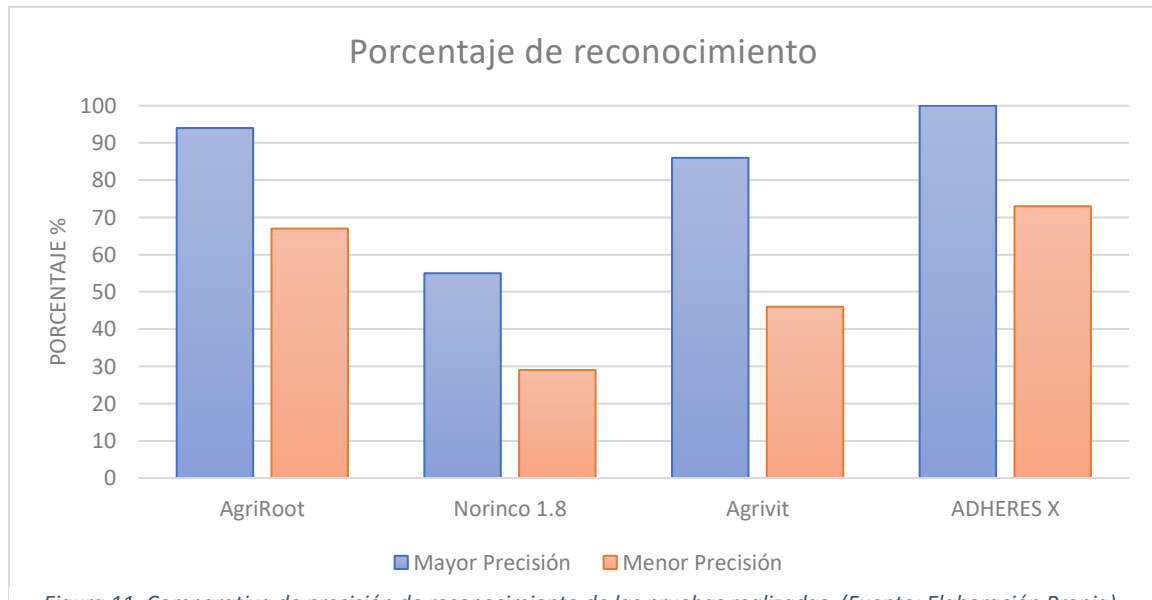


Figura 11. Comparativa de precisión de reconocimiento de las pruebas realizadas, (Fuente: Elaboración Propia).

- **Comparación entre productos:** En la grafica se presentar los resultados con mayor y menor precisión presentados en cada uno de los productos, como resultado se puede observar que los productos con un nombre mas claro y que solo cuentan con letras son los que en general obtuvieron una mayor precisión, como lo son el caso de **AgriRoot** y **ADHERES X**, esto porque al contar con una mayor cantidad de letras mayúsculas fue mas fácil para el sistema al momento de reconocerlos, mientras que en el caso de **Agrivit**, al contar con un nombre similar al de otro producto, la precisión se veía disminuida, pero aun así arrojando resultados positivos, en la escala de menor precisión en general se puede observar a **Norinco 1.8**, al cual se le puede asociar la baja precisión al contar con una variedad de caracteres diferentes, como lo son letras y números, por lo que la precisión se veía disminuida en mayor medida. De esta forma se puede entender la capacidad de reconocimiento del sistema y aunque se vieran porcentajes bajos en algunos casos, los resultados se mantenían positivos.
- **Análisis:** Los productos con nombres similares experimentaron una ligera disminución en precisión, pero en general, los resultados fueron aceptables.

- **Factores influyentes:** Al momento del desarrollo de las pruebas se contaron con diferentes factores ambientales, los cuales pudieron ser parte del porque en ciertos momentos el sistema era mas lento al momento de capturar los títulos, siendo la iluminación un factor importante, aunque se le pudo dar solución con una lampara la cual generaba la claridad suficiente para que la cámara realizara una mejor captura, surgió un inconveniente mas en el cual la luz de la lampara era muy directa en los productos, generando un reflejo el cual por momentos evitaba que el sistema capturara de manera correcta, aun así este pudo reconocer de que producto se trataba.

Los errores inesperados fue un punto con el que no se había tomado en cuenta hasta el momento de realizar las pruebas, puesto que como tal el sistema no era el que presentaba el error, fueron las librerías instaladas las que en dos ocasiones terminaron dando un fallo, pero esto no evito que el sistema pudiera seguir trabajando de manera correcta.

Casos de Estudio Específicos

- **Caso 1: Alta precisión:** Un producto destaco por encima de los demás debido a que en su mayoría las pruebas arrojaban resultados muy satisfactorios, desde una buena captura del titulo, rapidez en el procesamiento de los datos y un porcentaje de acierto muy alto, pero fue una de estas pruebas que logro acertar un 100% de precisión siendo el caso de **ADHERES X**, lo que demostró un gran trabajo por parte del sistema, esto se dio también a que los factores para este resultado eran los ideales, desde que el producto cuente con un titulo claro, letras de buen tamaño y contar solo con letras era un gran factor para arrojar buenos resultados, pero la iluminación ayudo a capturar de la mejor manera estos datos por lo que el resultado fue un éxito absoluto.

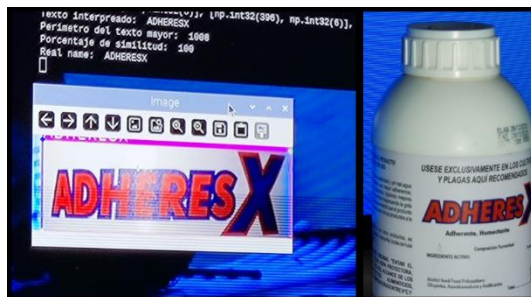


Figura 12. Caso de estudio específico: Alta precisión,
(Fuente: Elaboración Propia).

- **Caso 2: Baja precisión:** En el caso de **Norinco 1.8**, este producto resulto ser un reto un poco mayor para el sistema, esto principalmente por el color de su titulo y por el uso de letras y números, que en general no presenta un mayor problema pero en este caso fue lo que causo que en la mayoría de pruebas realizadas, el sistema arrojará bajos niveles de precisión al momento de capturar el titulo, aunque el resultado fue positivo, puesto que se logro reconocer de que producto se trataba, no se esperaba obtener un valor de reconocimiento tan bajo como lo fue en su peor porcentaje de reconocimiento con un 29% de similitud.



Figura 13. Caso de estudio específico: Baja precisión,
(Fuente: Elaboración Propia).

Análisis comparativo

En análisis comparativo se centro en evaluar las diferencias de desempeño del sistema en función de diferentes variables: tiempo de procesamiento, precisión del reconocimiento, y los factores externos que influyeron en los resultados.

- **Comparación del Tiempo de Procesamiento**
 - Los resultados mostraron que el tiempo de procesamiento vario significativamente dependiendo de la complejidad del nombre del producto. Los productos con títulos simples (formados únicamente por letras) fueron procesados con mayor rapidez. Por ejemplo, “**AgriRoot**” y “**ADHERES X**” tuvieron un tiempo de respuesta promedio de 1 a 2 segundos, mientras que “**Norinco 1.8**”, que incluye caracteres mixtos, registro tiempos prolongados, con un promedio de 3 a 5 segundos.

Este comportamiento se debe a que el sistema requiere mas tiempo para interpretar y comparar caracteres mixtos. La complejidad en la estructura del titulo influye directamente en el procesamiento, aunque no impacta negativamente la precisión.
- **Precisión del Reconocimiento**
 - En términos de precisión, los productos con títulos claros y formados solo por letras, como “**ADHERES X**”, lograron tasas de acierto superiores al 95%. En comparación,

“**Norinco 1.8**” alcanzo solo un 70% de precisión debido a su combinación de caracteres. La comparación también revelo que los productos con nombres similares como “**Agrivit**” y “**AgriRoot**”, tendieron a mostrar pequeñas confusiones en la interpretación, afectando en cierta medida la precisión, aunque el sistema logro identificar correctamente el producto en la mayoría de los casos.

- **Factores ambientales**

- Las pruebas bajo diferentes condiciones de iluminación mostraron que este factor tiene un impacto notable en el rendimiento del sistema. En situaciones con iluminación optima, el sistema opero eficientemente, mientras que, en condiciones con baja luz, el tiempo de procesamiento aumento y la precisión disminuyo. Por ejemplo, los errores fueron mas comunes cuando la iluminación era deficiente, lo que afecto la captura de las imágenes.

Discusión de los resultados

Los resultados obtenidos validan la eficacia del sistema de reconocimiento mediante redes neuronales en condiciones controladas y revelan áreas para posibles mejoras. Como se muestra en los principales hallazgos:

- **Desempeño General**

- El sistema mostro un desempeño satisfactorio en la mayoría de las pruebas, lo que sugiere que es una herramienta viable para el reconocimiento de productos en ambientes empresariales. La alta precisión y los tiempos de respuesta rápidos en situaciones favorables confirman la fiabilidad del modelo.

- **Impacto de la Complejidad de los Nombres**

- La variación en los tiempos de procesamiento y la precisión basada en la complejidad de los nombres es un hallazgo importante. Nombres con caracteres mixtos presentaron un desafío, lo que resulta en que el sistema podría optimizarse para manejar mejor los diferentes tipos de entrada. Aunque estos nombres afectaron la rapidez, la precisión del sistema se mantuvo en una tasa alta, lo cual es un aspecto positivo para aplicaciones en las que la exactitud es critica.

- **Condiciones Ambientales y Fiabilidad**

- El análisis de los factores ambientales, como la iluminación, subraya la necesidad de un entorno adecuado para un rendimiento optimo. Aunque el sistema pudo compensar las

condiciones de iluminación en cierta medida, los errores fueron mas propensos en estas situaciones. En términos de aplicación en el campo laboral, el hallazgo sugiere que el sistema podría beneficiarse de ajustes adicionales o la implementación de mecanismos para manejar mejor las condiciones adversas.

- **Errores Inesperados**

- Las fallas relacionadas con las librerías del sistema demuestran la importancia de una infraestructura de software robusta. Si bien estos errores no fueron frecuentes, cualquier fallo técnico podría afectar la operatividad general del sistema, especialmente en entornos empresariales donde la confiabilidad es crucial.

- **Casos de Estudio Específicos**

- Los casos específicos, como el desempeño sobresaliente de “**ADHERES X**” y los desafíos con “**Norinco 1.8**”, ofrecen una visión detallada de como las características de cada producto afectan el reconocimiento. Estos casos enfatizan la importancia de optimizar el sistema para manejar una variedad de entradas.

VII. CONCLUSIONES

La implementación del sistema de reconocimiento basado en redes neuronales demostró ser una opción viable y eficiente para mejorar los procesos de inventario. Los resultados obtenidos reflejan que, aun con los factores ambientales como la poca iluminación o la complejidad que podrían presentar ciertos textos, el sistema pudo realizar su tarea con una alta tasa de precisión y rapidez. El sistema mostro una alta fiabilidad incluso bajo condiciones adversas, tomando en cuenta reflejos de luz y variaciones en la disposición de los productos. A pesar de los errores inesperados que se presentaron durante las pruebas, provenientes de las librerías utilizadas, el sistema pudo continuar su operación sin comprometer la funcionalidad principal. Se pudo observar la variabilidad en la precisión y el tiempo de procesamiento dependiendo del tipo de texto. Los productos con caracteres mixtos presentaron un mayor desafío en tiempo de procesamiento y precisión, lo que sugiere áreas para futuras optimizaciones. Después de implementado el sistema se pudo observar una mejoría en cuanto a funcionamiento comparado a versiones anteriores, principalmente en la precisión y rapidez en la captura de los textos presentados, cumpliendo con la necesidad de completar un sistema mucho mas fiable y funcional, aunque se cuente aun así con ciertos detalles, estos puede verse mejorados o solucionados en versiones futuras, garantizando un mayor funcionamiento que con el que ya se cuenta, dejando como resultado un sistema altamente funcional y capaz.

- Se logro la identificación detallada de las actividades involucradas, lo que permitió optimizar los procesos mediante la automatización. La implementación del sistema agilizo la captura y comparación de datos en tiempo real, mejorando la eficiencia en el flujo de trabajo.
- Se realizo un análisis exhaustivo de las áreas clave en el proceso de inventario, destacando como la automatización puede reducir los errores humanos y acelerar la recopilación de datos. Las pruebas mostraron que la precisión y la rapidez del sistema benefician en gran medida a todas las áreas.
- El análisis de las necesidades de software y hardware permitió identificar que, aunque el sistema tiene un buen desempeño, la iluminación adecuada y la estabilidad de las librerías de software son esenciales para el optimo funcionamiento. Estas necesidades fueron consideradas y resueltas en la medida de lo posible durante el desarrollo.
- El diseño del sistema fue exitoso, cumpliendo con los requisitos establecidos. La arquitectura basada en redes neuronales fue esencial para el reconocimiento, y la interfaz permitió la integración fluida de las tareas de inventario.

- Las pruebas realizadas confirmaron la funcionalidad del sistema bajo diferentes condiciones. Aunque algunos casos presentaron desafíos, como nombres complejos o condiciones de iluminación deficientes, el sistema logro demostrar un desempeño mas que aceptable, ofreciendo resultados positivos en la mayoría de las pruebas.

VIII. RECOMENDACIONES

Finalizado el proyecto, se realizaron diversas observaciones desde un punto de vista técnico. Si bien el principal diseño se ha desarrollado con un enfoque que optimiza los costos y garantiza una funcionalidad adecuada, se identificaron áreas que podrían mejorarse en futuras versiones, siendo una de las principales mejoras sugeridas, la implementación de una línea de ensamblaje automatizada que permita la integración de todos los componentes en un único sistema, facilitando un funcionamiento con mayor eficiencia y coordinación. Es importante destacar que uno de los principales objetivos en el desarrollo de este prototipo era ser práctico, accesible y funcional, cumpliendo satisfactoriamente con los requerimientos iniciales. Por otra parte, hay recomendaciones a considerar, puesto que estas ayudarían en la optimización del sistema y su rendimiento, entre ellas están:

- **Hardware y Software:** Enfocado en la optimización del sistema, evaluar, comparar y adoptar componentes de mayor rendimiento para incrementar la velocidad y precisión del sistema de reconocimiento. Anidado a el estudio de las librerías utilizadas garantizando compatibilidad y estabilidad.
- **Automatización:** Comenzar el diseño de un modelo mas robusto que permita su expansión, de esta forma facilitando la integración en diferentes infraestructuras empresariales con una mayor envergadura. Siendo así una de las tareas mas complejas, dando como resultado la automatización completa de las tareas, mejorando su eficiencia operativa.
- **Mantenimiento:** La implementación de un plan de mantenimiento el cual permita la actualización de software y piezas que requieran de remplazo con el paso del tiempo. Asegurando de esta forma, que el sistema siga cumpliendo exigencias conforme se moderniza el entorno.
- **Pruebas continuas:** La realización de pruebas bajo distintas condiciones operativas, para que así el sistema pueda contar con ajustes óptimos, ayudando a identificar posibles fallos y áreas por mejorar, contribuyendo en un desarrollo continuo del prototipo.

Como conclusión, este proyecto no solo cumple con los objetivos propuestos, también se establece como una base sólida para las futuras mejoras que se puedan llegar a desarrollar. Las recomendaciones están encaminadas a transformar el prototipo en un sistema avanzado y mas completo, el cual sea capaz de seguir satisfaciendo las demandas que sean presentadas por las empresas de un mayor nivel, contribuyendo a la innovación tecnológica en la gestión de inventarios.

IX. REFERENCIAS

- Cameron, P. C. (2019, 4 abril). Automatización de procesos: 5 principales beneficios en empresas. FORTRA. Recuperado 22 de enero de 2024, de <https://www.fortra.com/es/recursos/guias/automatizacion-de-procesos5-principales-beneficios-en-empresas>
- AyuntamientoJaen. (s. f.). Portal Web Ayuntamiento de Jaen. https://www.aytojaen.es/portal/p_20_contenedor1.jsp?seccion=s_fdes_d1_v1.jsp&contenido=31467&tipo=6&nivel=1400&layout=p_20_contenedor1.jsp&codResi=1&language=es&codMenu=206&codMenuPN=4&codMenuSN=100&codMenuTN=197
- Antoniogamero. (2022, 26 agosto). *1.2 Factores precosecha que determinan calidad en postcosecha.pptx* [Diapositivas]. SlideShare. <https://es.slideshare.net/slideshow/12-factores-precosecha-que-determinan-calidad-en-postcosechapptx/252716442>
- AgroSpray. (2023, 8 agosto). *Producción agrícola: factores que influyen en los resultados*. AgroSpray Blog. <https://agrospray.com.ar/blog/produccion-agricola/>
- Las pérdidas y el desperdicio de alimentos en el contexto de sistemas alimentarios sostenibles. (2019, 30 mayo). Openknowledge. <https://openknowledge.fao.org/handle/20.500.14283/av037s>
- Sánchez, A. (2023, 12 septiembre). *Cultivando el éxito: estrategias para una gestión de inventarios impecable en la industria agrícola*. Tribal. <https://www.tribal.mx/blog/como-hacer-una-buena-gestion-de-inventarios-en-la-agroindustria>
- Huet, P. (2023, 13 abril). Qué son las redes neuronales y sus aplicaciones. OpenWebinars.net. <https://openwebinars.net/blog/que-son-las-redes-neuronales-y-sus-aplicaciones/#aplicaciones-de-las-redes-neuronales>
- Olguín-Rojas, J. C., Vasquez-Gomez, J. I., De J López-Canteños, G., & Herrera-Lozada, J. C. (2022). CLASIFICACIÓN DE MANZANAS CON REDES NEURONALES CONVOLUCIONALES. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 45(3), 369. <https://doi.org/10.35196/rfm.2022.3.369>

Altamirano Tapias, A. F., & Marín Peralta, M. A. (2019). PREDICCIÓN DE LA DEMANDA DE UN PRODUCTO CON REDES NEURONALES. *libertadores.edu.co*.
<https://repository.libertadores.edu.co/server/api/core/bitstreams/110a43cc-4a9a-426b-aaed-bd2378051626/content>

¿Cual es el mejor lenguaje de programación para redes neuronales? – RESPUESTAS RAPIDAS. (s. f.). <https://respuestasrapidas.com.mx/cual-es-el-mejor-lenguaje-de-programacion-para-redes-neuronales/>

Adonai Vera. (2021, 10 diciembre). *¿Qué framework usar para deep learning? TensorFlow, Pytorch o CNTK.* Platzi. <https://platzi.com/blog/framework-deep-learning/>

Grapsas, T. (2021, 12 febrero). *¿Qué es cloud computing o computación en la nube? Conoce sobre el término a continuación.* Rock Content - ES. <https://rockcontent.com/es/blog/computacion-en-la-nube/>

Polo, J. D., & Polo, J. D. (2024, 31 octubre). *¿CPU, GPU o TPU? Entendiendo la diferencia con el nuevo TPU Trillium de Google.* WWWhat's New. <https://wwwwhatsnew.com/2024/11/02/cpu-gpu-o-tpu-entendiendo-la-diferencia-con-el-nuevo-tpu-trillium-de-google/>

Catherine. (2024, 31 octubre). Top 8 AI Applications in Agriculture 2025: Harvesting Efficiency. *AI Mojo*. <https://aimojo.io/es/ai-applications-agriculture/>

Crespo, C. (2024, 22 enero). *Cómo se aplica la IA en la agricultura y algunos ejemplos - PortalFruticola.com.* *Portal Frutícola*. <https://www.portalfruticola.com/noticias/2024/05/27/como-se-aplica-la-ia-en-la-agricultura-y-algunos-ejemplos/>

Vicente, F. R. (2023, 29 junio). Las matemáticas del Machine Learning: Redes Neuronales (Parte I). *Telefónica Tech*. <https://telefonicatech.com/blog/las-matematicas-del-machine-learning-redes-neuronales-parte-i>

- Richaud, A. R. (s. f.). Algoritmos de optimización para redes neuronales. *Antonio-richaud*.
<https://antonio-richaud.com/biblioteca/archivo/Algoritmos-de-optimizacion-para-RN/Algoritmos-de-optimizacion-para-RN.pdf>
- Porfirio, T. C., Saul, M. A., & Rodríguez, Á. G. (2024). LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL y SU IMPACTO EN LA GESTIÓN DE INVENTARIOS EN LA CADENA DE SUMINISTRO. *LUMEN ET VIRTUS*, 15(43), 8140-8155. <https://doi.org/10.56238/levv15n43-037>
- Eatz, P. (2024, 28 agosto). *Optimiza la Gestión de Inventarios con Tecnología Avanzada: IMS, RFID, ERP y Más — Hungaros*. Hungaros.
<https://www.hungaros.com/blogs/herramientas-tecnologicas-para-el-seguimiento-y-control-de-inventarios>
- Sebastián, N. J., Riascos-Guerrero, J. A., Galván-Colonia, E., & Pincay-Lozada, J. L. (2024). Estrategias basadas en inteligencia artificial para la gestión de inventarios en la cadena de suministro. *Revista Tecnología En Marcha*. <https://doi.org/10.18845/tm.v37i6.7271>
- Manufactura Latam. (2014, 22 julio). Evolución de la automatización industrial. Manufactura Latam. <https://www.manufactura-latam.com/es/noticias/evolucion-de-la-automatizacion-industrial>
- Inteligencia Artificial: Qué es y Por Qué Importa. (s. f.). SAS. https://www.sas.com/es_mx/insights/analytics/what-is-artificial-intelligence.html
- Muñoz, A. (2022, 20 septiembre). Importancia del uso de Redes Neuronales en el análisis de Ciencia de Datos - Asociación Conexión El Salvador. Asociación Conexión El Salvador - CONEXION El Salvador, una organización sin fines de lucro que promueve el uso y aplicación de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC), contribuyendo a la reducción de la pobreza y facilitando el desarrollo empresarial. <https://conexion.sv/importancia-del-uso-de-redes-neuronales-en-el-analisis-de-ciencia-de-datos/>
- Sydle. (2024, 30 abril). Integración de sistemas: conoce su importancia, sus tipos y sus retos. Blog SYDLE. <https://www.sydle.com/es/blog/integracion-de-sistemas-6140d39a84679b13bf127a93>

AGROBETA. (2024, 5 febrero). El Impacto de la Inteligencia Artificial en la Producción Agrícola: ¿Avance o Riesgo? |. Blog de AGROBETA.com | Información Sobre Abonos Ecológicos y Convencionales. <https://www.agrobeta.com/agrobetablog/2024/02/el-impacto-de-la-inteligencia-artificial-en-la-produccion-agricola-avance-o-riesgo/#:~:text=Uno%20de%20los%20beneficios%20m%C3%A1s,precisa%20que%20los%20m%C3%A9todos%20tradicionales>.

Villagrán, A. V. (2023, 18 mayo). Redes Neuronales en la Agricultura 4.0. <https://www.linkedin.com/pulse/redes-neuronales-en-la-agricultura-40-anibal-vasquez-villagr%C3%A1n/>

¿Qué es MongoDB? | IBM. (s. f.). <https://www.ibm.com/mx-es/topics/mongodb>

MongoDB. (s. f.). ¿Qué es MongoDB? <https://www.mongodb.com/es/company/what-is-mongodb>

El tutorial de Python. (s. f.). Python Documentation. <https://docs.python.org/es/3/tutorial/>

Rondón, I. (2022, 15 febrero). ¿Qué es Anaconda? -Escuela Internacional de Posgrados. International Business School. <https://eiposgrados.com/blog-python/que-es-anaconda/>

Equipo editorial de IONOS. (2019, 28 febrero). Jupyter Notebook: documentos web para análisis de datos, código en vivo y mucho más. IONOS Digital Guide. <https://www.ionos.mx/digitalguide/paginas-web/desarrollo-web/jupyter-notebook/>

Torrenti, Á. (2024, 22 junio). Procesamiento de imágenes con OpenCV en Python. Imagina Formación. <https://imaginaformacion.com/tutoriales/opencv-en-python>

Administrador. (2022, 26 junio).  Reconocimiento Óptico de Caracteres (OCR) con EASYOCR | Python – OpenCV. OMES. <https://omes-va.com/easyocr-python-opencv/#:~:text=EasyOCR%20es%20un%20m%C3%B3dulo%20de%20Python%20que%20permite%20extraer%20texto%20de%20im%C3%A1genes>.

Paguayo. (2022, 26 abril). ¿Qué es Raspberry Pi? - Raspberry Pi. Raspberry Pi. <https://raspberrypi.cl/que-es-raspberry/>

PylImageSearch. (s. f.). *GitHub - PylImageSearch/imutils: A series of convenience functions to make basic image processing operations such as translation, rotation, resizing,*

skeletonization, and displaying Matplotlib images easier with OpenCV and Python.
GitHub. [https://github-](https://github.com.translate.google/PyImageSearch/imutils?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=es&_x_tr_hl=es&_x_tr_pto=sge)
[com.translate.google/PyImageSearch/imutils?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=es&_x_tr_hl=es&_x_tr_pto=sge](https://github.com.translate.google/PyImageSearch/imutils?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=es&_x_tr_hl=es&_x_tr_pto=sge)

PyImageSearch - You can master Computer Vision, Deep Learning, and OpenCV. (2024, 11 septiembre). PyImageSearch. <https://pyimagesearch.com/>

Pykes, K. P. (2024, 26 febrero). *Tutorial de comparación de cadenas difusas en Python.* Datacamp. <https://www.datacamp.com/es/tutorial/fuzzy-string-python>

Maldonado, R. (2024, 10 abril). *¿Qué es Tkinter? | KeepCoding Bootcamps.* KeepCoding Bootcamps. <https://keepcoding.io/blog/que-es-tkinter/>

Python, R. (2022, 19 septiembre). *Instalar PIL / Pillow y aplicar efectos visuales - Recursos Python.* Recursos Python. <https://recursospython.com/guias-y-manuales/instalar-pil-pillow-efectos/>

Juanweb. (2023, 22 septiembre). *Procesamiento de Imágenes con Pillow (PIL) en Python.* CodigosPython. <https://codigospython.com/procesamiento-de-imagenes-con-pillow-pil-en-python/>

XI. ANEXOS

A.1 Código del programa

```
import cv2
import numpy as np
import imutils
import os
from thefuzz import fuzz
import easyocr
reader = easyocr.Reader(["es", "en"], gpu=True)
from tkinter import *
from PIL import Image, ImageTk
Datos = 'imagenes'
if not os.path.exists(Datos):

    print('Carpeta creada: ', Datos)
    os.makedirs(Datos)

cap = cv2.VideoCapture(0, cv2.CAP_V4L2)
width = 1200
height = 720
cap.set(cv2.CAP_PROP_FRAME_WIDTH, width)
cap.set(cv2.CAP_PROP_FRAME_HEIGHT, height)

x1, y1 = 200, 100
x2, y2 = 450, 180

count = 0
bCapturing = True
while bCapturing:

    ret, frame = cap.read()
    if ret == False: break
    imAux = frame.copy()
    cv2.rectangle(frame, (x1, y1), (x2, y2), (255, 0, 0), 2)

    objeto = imAux[y1:y2, x1:x2]
    objeto = imutils.resize(objeto, width=400)
    k = cv2.waitKey(1)

    if k == ord('s'):
        cv2.imwrite(Datos+'objeto_{}.jpg'.format(count), objeto)
        print('Imagen almacenada: ', 'objeto_{}.jpg'.format(count))
        count = count + 1
        bCapturing = False
    if k == 27:
        break
```

```

    cv2.imshow('frame', frame)
    cv2.imshow('objeto', objeto)
cap.release()
cv2.destroyAllWindows()

if(not bCapturing):
    image = cv2.imread("./imagenes/objeto_0.jpg")
    result = reader.readtext(image, paragraph=False)

    count = len(result)
    tempCount = 0
    tempPerimetro = 0
    tempIndexAreaMayor = 0
    tempTextoMayor = ""

    for res in result:
        pt0 = res[0][0] #[14, 26]
        pt1 = res[0][1] #[338, 26]
        pt2 = res[0][2] #[338, 124]
        pt3 = res[0][3] #[14, 124]
        largo = (int(pt1[0]) - int(pt0[0])) * 2
        ancho = (int(pt2[1]) - int(pt1[1])) * 2
        perimetro = largo + ancho
        if(perimetro > tempPerimetro):
            tempPerimetro = perimetro
            tempIndexAreaMayor = tempCount
            tempTextoMayor = res[1]
        tempCount += 1

    print("Texto interpretado: ", tempTextoMayor)
    print("Perimetro del texto mayor: ", tempPerimetro)

    productos = [{"name": "Norinco 1.8"}, {"name": "Agrivit"}, {"name": "AgriRoot"}, {"name": "ADHERESX"}]

    tempRatio = 0
    prodIndex = 0
    tempCountProd = 0
    for pro in productos:
        if (fuzz.ratio(pro["name"], tempTextoMayor) > tempRatio):
            tempRatio = fuzz.ratio(pro["name"], tempTextoMayor)
            prodIndex = tempCountProd
            tempCountProd += 1

    print("Porcentaje de similitud: ", tempRatio)
    print("Real name: ", productos[prodIndex]["name"])

```

```

textoMayor = result[tempIndexAreaMayor]
pt0 = textoMayor[0][0]
pt1 = textoMayor[0][1]
pt2 = textoMayor[0][2]
pt3 = textoMayor[0][3]

cv2.rectangle(image, pt0, (pt1[0], pt1[1] - 23), (166, 56, 242), -1)
cv2.putText(image, textoMayor[1], (pt0[0], pt0[1] - 3), 2, 0.8, (255, 255, 255), 1)
cv2.rectangle(image, pt0, pt2, (166, 56, 242), 2)
cv2.circle(image, pt0, 2, (255, 0, 0), 2)
cv2.circle(image, pt1, 2, (0, 255, 0), 2)
cv2.circle(image, pt2, 2, (0, 0, 255), 2)
cv2.circle(image, pt3, 2, (0, 255, 255), 2)
cv2.imshow("Image", image)
cv2.waitKey(0)
cv2.destroyAllWindows()

```

A.2 Funcionamiento del código explicado

- I. Importación de librerías necesarias: Estas librerías son esenciales para capturar video, procesar imágenes, realizar el reconocimiento de texto (OCR) y calcular la similitud entre cadenas.

```

import cv2
import numpy as np
import imutils
import os
from thefuzz import fuzz
import easyocr
from tkinter import *
from PIL import Image, ImageTk

```

- II. Inicialización de OCR y Creación de Carpeta de Datos: Se configura el lector OCR para analizar texto en español e inglés y se asegura que exista una carpeta donde se almacenaran las imágenes capturadas.

```

reader = easyocr.Reader(["es", "en"], gpu=True)
Datos = 'imagenes'
if not os.path.exists(Datos):

    print('Carpeta creada: ', Datos)
    os.makedirs(Datos)

```

- III. configuración de la Captura de Video: Se inicializa la captura de video y se establece la resolución deseada por las imágenes capturadas.

```
cap = cv2.VideoCapture(0, cv2.CAP_V4L2)
width = 1200
height = 720
cap.set(cv2.CAP_PROP_FRAME_WIDTH, width)
cap.set(cv2.CAP_PROP_FRAME_HEIGHT, height)
```

- IV. Definición del Área de Captura: Se definen las coordenadas del área donde se buscará y capturará el texto (titulo).

```
x1, y1 = 200, 100
x2, y2 = 450, 180

count = 0
bCapturing = True
```

- V. Captura y Almacenamiento de Imágenes: Se muestra el video en tiempo real y, al presionar “s”, se toma y almacena una captura del área definida. La captura se guarda en la carpeta “Imágenes”.

```
while bCapturing:

    ret, frame = cap.read()
    if ret == False: break
    imAux = frame.copy()
    cv2.rectangle(frame, (x1,y1), (x2,y2), (255,0,0), 2)

    objeto = imAux[y1:y2,x1:x2]
    objeto = imutils.resize(objeto, width=400)
    k = cv2.waitKey(1)

    if k == ord('s'):
        cv2.imwrite(Datos+'/objeto_{}.jpg'.format(count), objeto)
        print('Imagen almacenada: ', 'objeto_{}.jpg'.format(count))
        count = count + 1
        bCapturing = False
if k == 27:
    break
cv2.imshow('frame', frame)
cv2.imshow('objeto', objeto)
cap.release()
```

```
cv2.destroyAllWindows()
```

VI. Procesamiento de la Imagen Capturada: Se carga la imagen capturada y se aplica OCR para extraer el texto. Se preparan variables para identificar el texto con el mayor perímetro, que probablemente sea el título.

```
if(not bCapturing):
    image = cv2.imread("./imagenes/objeto_0.jpg")
    result = reader.readtext(image, paragraph=False)

    count = len(result)
    tempCount = 0
    tempPerimetro = 0
    tempIndexAreaMayor = 0
    tempTextoMayor = ""
```

VII. Evaluación del Texto Capturado: Se analiza cada texto detectado y se selecciona el de mayor tamaño, que se asume como el título.

```
for res in result:
    pt0 = res[0][0] #[14, 26]
    pt1 = res[0][1] #[338, 26]
    pt2 = res[0][2] #[338, 124]
    pt3 = res[0][3] #[14, 124]
    largo = (int(pt1[0]) - int(pt0[0])) * 2
    ancho = (int(pt2[1]) - int(pt1[1])) * 2
    perimetro = largo + ancho
    if(perimetro > tempPerimetro):
        tempPerimetro = perimetro
        tempIndexAreaMayor = tempCount
        tempTextoMayor = res[1]
    tempCount += 1

print("Texto interpretado: ", tempTextoMayor)
print("Perimetro del texto mayor: ", tempPerimetro)
```

VIII. Comparación del Texto con una Lista de Títulos: Se compara el texto identificado con una lista de nombres de productos usando una métrica de similitud y se selecciona el mas parecido.

```
productos = [{"name": "Norinco 1.8"}, {"name": "Agrivit"}, {"name": "AgriRoot"}, {"name": "ADHERESX"}]
```

```

tempRatio = 0
prodIndex = 0
tempCountProd = 0
for pro in productos:
    if (fuzz.ratio(pro["name"], tempTextoMayor) > tempRatio):
        tempRatio = fuzz.ratio(pro["name"], tempTextoMayor)
        prodIndex = tempCountProd
        tempCountProd += 1

print("Porcentaje de similitud: ", tempRatio)
print("Real name: ", productos[prodIndex]["name"])

```

IX. Dibujado del Texto en la Imagen: Se dibujan en la imagen los limites del texto detectado, mostrando el texto interpretado en la pantalla para su visualización.

```

textoMayor = result[tempIndexAreaMayor]
pt0 = textoMayor[0][0]
pt1 = textoMayor[0][1]
pt2 = textoMayor[0][2]
pt3 = textoMayor[0][3]

cv2.rectangle(image, pt0, (pt1[0], pt1[1] - 23), (166, 56, 242), -1)
cv2.putText(image, textoMayor[1], (pt0[0], pt0[1] - 3), 2, 0.8, (255, 255, 255), 1)
cv2.rectangle(image, pt0, pt2, (166, 56, 242), 2)
cv2.circle(image, pt0, 2, (255, 0, 0), 2)
cv2.circle(image, pt1, 2, (0, 255, 0), 2)
cv2.circle(image, pt2, 2, (0, 0, 255), 2)
cv2.circle(image, pt3, 2, (0, 255, 255), 2)
cv2.imshow("Image", image)
cv2.waitKey(0)
cv2.destroyAllWindows()

```

A.3 Instalación de Python

- I. Descargar el archivo Tar de la web oficial: <https://www.python.org/downloads/>

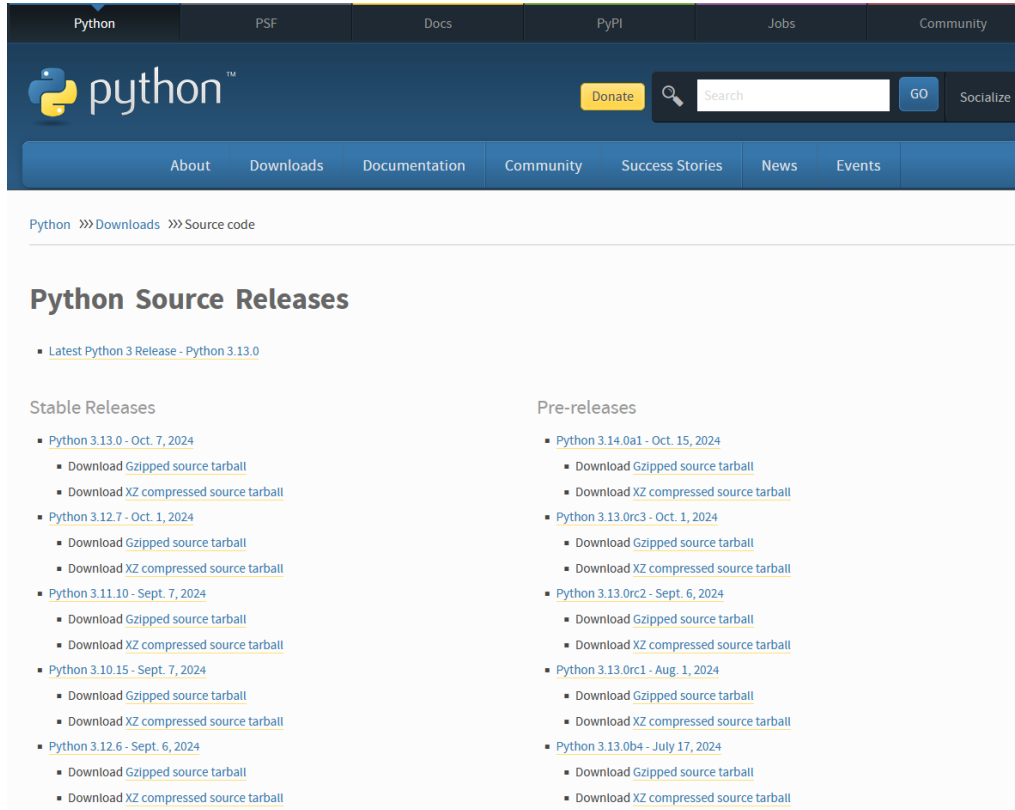


Figura 14. Sitio web oficial de Python, (Fuente: Elaboración Propia).

- II. Navegar hasta el directorio donde se encuentra el archivo descargado a través de la terminal y extraer el archivo Tgz con los siguientes comandos:

```
# gsutil cp gs://<bucket_name>/Python-3.13.0.tgz ./
export PYTHON_VERSION=3.13.0
export PYTHON_MAJOR=3
tar -xvzf Python-${PYTHON_VERSION}.tgz
cd Python-${PYTHON_VERSION}
```

- III. Configurar la instalación de Python ejecutando los siguientes comandos en la terminal:

```
cd Python-${PYTHON_VERSION}

./configure \
  --prefix=/opt/python/${PYTHON_VERSION} \
  --enable-shared \
  --enable-optimizations \
  --enable-ipv6 \
  LDFLAGS=-Wl,-rpath=/opt/python/${PYTHON_VERSION}/lib,--disable-new-dtags
```

IV. Finalmente procedemos a terminar la instalación de Python con los siguientes comandos:

```
make
sudo make install
```

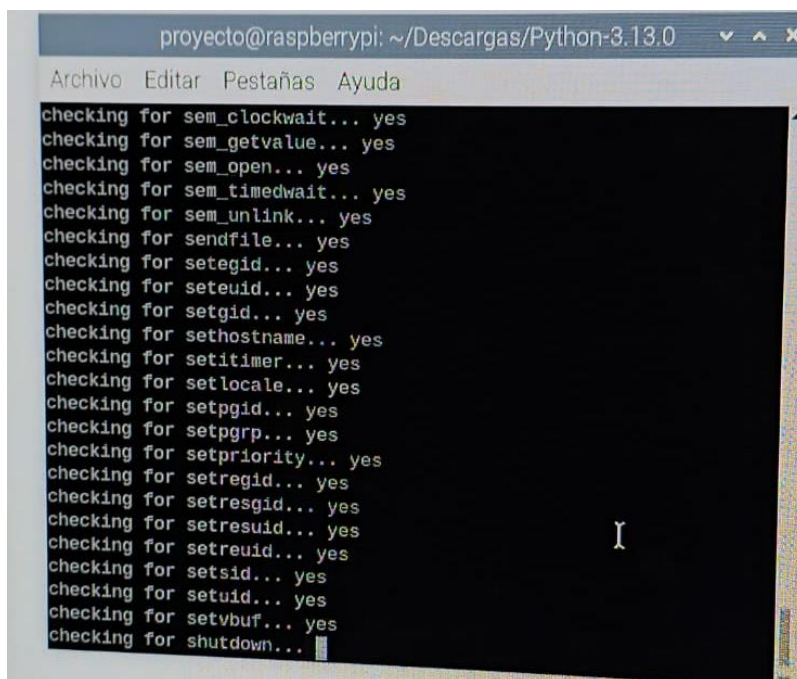


Figura 16. Proceso de instalación de Python, (Fuente: Elaboración Propia).

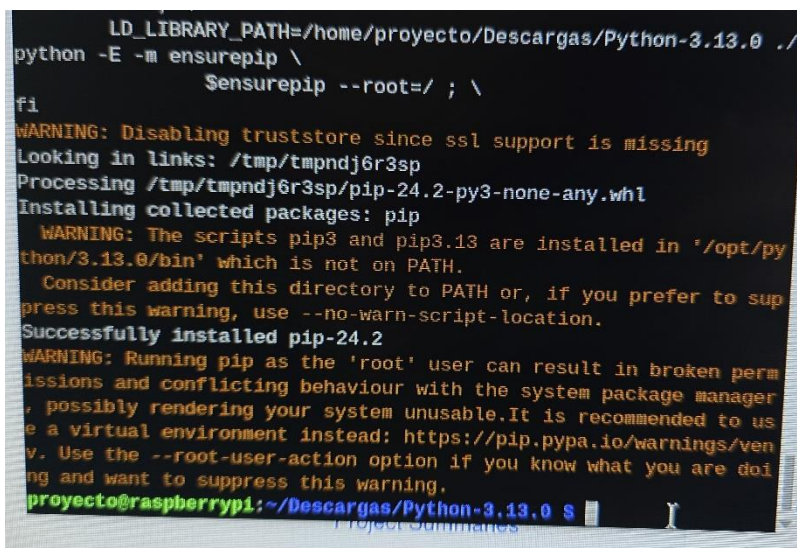


Figura 15. Instalación de Python completa, (Fuente: Elaboración Propia).

A.4 instalación de software y librerías

Instalaciones para el reconocimiento de la cámara USB:

- I. Actualizar paqueterías y repositorios con el comando : **sudo apt-get update**
- II. Instalar el software y librería necesaria: **sudo apt-get install uvccapture libv4l-0**

```
pi@raspberrypi ~ $ sudo apt-get install uvccapture libv4l-0
```

Figura 17. Ejecución de comando de instalación de software y librerías, (Fuente: Elaboración Propia).

- III. Instalamos el programa ImageMagick que será utilizado para las pruebas de hardware de la cámara y así poder verificar que esta es reconocida por la Rasp y funciona de forma adecuada:

sudo apt-get install imagemagick

- IV. Comprobación de hardware (comprobar si la cámara es reconocida): **dmesg | tail**

```
pi@raspberrypi ~ $ dmesg | tail
[ 2047.526072] usb 1-1.3.1: New USB device found, idVendor=045e, idProduct=0766
[ 2047.526103] usb 1-1.3.1: New USB device strings: Mfr=1, Product=2, SerialNumbe
er=0
[ 2047.526145] usb 1-1.3.1: Product: Microsoft LifeCam VX-800
[ 2047.526161] usb 1-1.3.1: Manufacturer: Microsoft
[ 2047.679631] Linux video capture interface: v2.00
[ 2047.698517] uvcvideo: Found UVC 1.00 device Microsoft LifeCam VX-800 (045e:07
66)
[ 2047.701561] input: Microsoft LifeCam VX-800 as /devices/platform/bcm2708_usb/
usb1/1-1/1-1.3/1-1.3.1/1-1.3.1:1.0/input/input2
[ 2047.704212] usbcore: registered new interface driver uvcvideo
[ 2047.704236] USB Video Class driver (1.1.1)
[ 2047.860901] usbcore: registered new interface driver snd-usb-audio
pi@raspberrypi ~ $
```

Figura 18. Comprobación de reconocimiento de la cámara, (Fuente: Elaboración Propia).

Instalación de Visual Studio

- I. Para la instalación de Visual Studio en Raspbian se debe ejecutar el siguiente comando: **sudo apt-get install code**
- II. Instalamos las extensiones necesarias de visual Studio, buscamos en el apartado de extensiones de Visual Studio las siguientes extensiones y las instalamos:

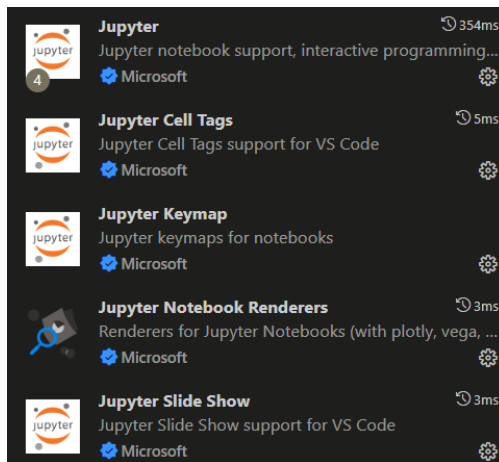


Figura 19. Extensiones de Visual Studio, (Fuente: Elaboración Propia).

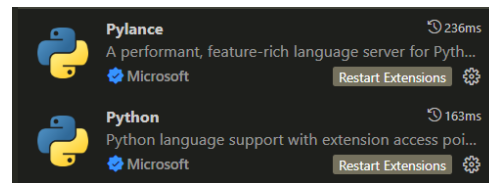


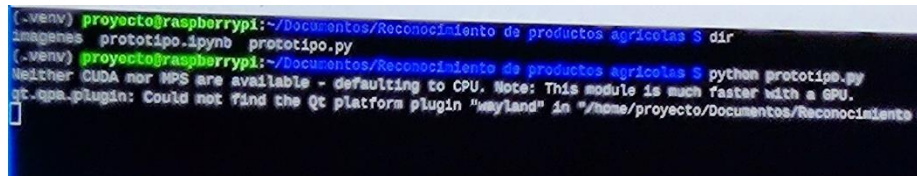
Figura 20. Extensiones de Visual Studio, (Fuente: Elaboración Propia).

Creación e instalación de librerías para el entorno virtual

- I. Para crear el entorno virtual y este se localice en la ruta actual de la terminal ejecutamos el comando: `python -m venv .venv`
- II. Para activar el entorno virtual creado recientemente, en el que serán instaladas las librerías necesarias para ejecutar el prototipo se utiliza el siguiente comando: `source .venv/bin/activate`
- III. Para instalar las librerías se utilizará el navegador pip que propiamente instala Python durante su instalación, el comando utilizado para la instalación de librerías es: pip install "nombre de la librería"
- IV. Ejecutar los siguientes comandos para instalar todas las librerías necesarias para el prototipo:
 - `pip install jupyter`
 - `pip install opencv`
 - `pip install NumPy`
 - `pip install matplotlib`
 - `pip install imutils`
 - `pip install thefuzz`
 - `pip install easyocr`

Ejecución del programa

- Dentro de la ruta donde se encuentra el archivo `prototipo.py` y teniendo activo el entorno virtual anteriormente configurado ejecutamos el comando: `python prototipo.py`



```
(.venv) proyecto@raspberrypi:~/Documentos/Reconocimiento de productos agrícolas $ dir
imagenes prototipo.ipynb prototipo.py
(.venv) proyecto@raspberrypi:~/Documentos/Reconocimiento de productos agrícolas $ python prototipo.py
Neither CUDA nor MPS are available - defaulting to CPU. Note: This module is much faster with a GPU.
qt.qpa.plugin: Could not find the Qt platform plugin "wayland" in "/home/proyecto/Documentos/Reconocimiento de productos agrícolas"
```

Figura 21. Ejecución del programa, (Fuente: Elaboración Propia).

Tecnologías Utilizadas

Software:

- **Python:** Es un lenguaje de programación potente y fácil de aprender. Tiene estructuras de datos de alto nivel eficientes y un simple pero efectivo sistema de programación orientado a objetos. La elegante sintaxis de Python y su tipado dinámico, junto a su naturaleza interpretada lo convierten en un lenguaje ideal para scripting y desarrollo rápido de aplicaciones en muchas áreas, para la mayoría de las plataformas.
- **Anaconda:** Es una distribución de los lenguajes de programación Python y R para computación científica (ciencia de datos, aplicaciones de Machine Learning, procesamiento de datos a gran escala, análisis predictivo, etc.).
- **Jupyter:** Es una aplicación cliente-servidor lanzada en 2015 por la organización sin ánimo de lucro Proyecto Jupyter. Permite crear y compartir documentos web en formato JSON que siguen un esquema versionado y una lista ordenada de celdas de entrada y salida. Estas celdas albergan, entre otras cosas, código, texto (en formato Markdown), formulas matemáticas y ecuaciones, o también contenido multimedia (Rich Media). El programa se ejecuta desde la aplicación web cliente que funciona en cualquier navegador estándar.
- **OpenCV:** En el ámbito de la computación visual y el procesamiento de imágenes, OpenCV se ha establecido como una herramienta fundamental. Esta biblioteca de código abierto ofrece una amplia gama de funcionalidades que permiten desde la manipulación básica de imágenes hasta el desarrollo de sistemas complejos de reconocimiento facial y seguimiento de objetos.
- **easyOCR:** Es un módulo de Python que permite extraer texto de imágenes. En cuanto al apartado del deep learning usa Pytorch. Y soporta más de 80 idiomas.
- **Imutils:** Es una librería en Python que simplifica operaciones comunes con imágenes al usar OpenCV, como el redimensionamiento, rotación, y manipulación de puntos o bordes. Es útil para trabajar de manera más sencilla con funciones básicas de procesamiento de imágenes.

- **Os:** Es un módulo de la biblioteca estándar de Python que proporciona funciones para interactuar con el sistema operativo. Permite manejar archivos, directorios, y ejecutar comandos del sistema operativo.
- **Thefuzz:** Es una librería para calcular el porcentaje de similitud o "fuzzy matching" entre dos cadenas de texto. Es útil en aplicaciones de procesamiento de texto donde se necesita comparar la similitud de palabras o frases.
- **Tkinter:** Es una biblioteca de Python que permite crear interfaces gráficas de usuario (GUIs). Forma parte de la biblioteca estándar de Python y es ideal para crear ventanas, botones, entradas de texto y otros elementos de interfaz.
- **PIL:** Es una librería que facilita la manipulación y procesamiento de imágenes en Python. Actualmente, Pillow es la versión modernizada y mantenida de PIL. Se utiliza para abrir, modificar, y guardar imágenes en diversos formatos.
- **Uvccapture:** Es una herramienta de línea de comandos en Linux que se utiliza para capturar imágenes o video desde cámaras compatibles con el protocolo UVC (USB Video Class). Esto es particularmente útil en sistemas Linux para manejar cámaras web y otros dispositivos de video USB.
- **Libv4linux-0:** libv4l (Video4Linux) es una serie de bibliotecas en Linux que proporcionan soporte para dispositivos de video, como cámaras web. libv4l facilita el uso de cámaras en aplicaciones que requieren captura de video, especialmente en sistemas Linux. **libv4l-0** Es una parte específica de esta biblioteca que permite a los programas acceder a la funcionalidad de Video4Linux de manera más fácil.

Hardware:

- **Cámara:** Anker Power Conf C200, cámara de computadora, con micrófonos de cancelación de ruido, micrófonos estéreo, campo de visión ajustable, corrección de poca luz y cubierta de privacidad.
- **RaspBerry Pi:** Es una computadora de bajo costo y con un tamaño compacto, del porte de una tarjeta de crédito. Es un pequeño computador que corre un sistema operativo Linux capaz de permitirle a las personas explorar la computación y aprender a programar lenguajes como Scratch y Python.
- **Periféricos de computación:** Ratón, teclado y monitor.