Seguridad Alimentaria Inteligente: Transformando la Cadena de Suministro del Huevo con Tecnologías Emergentes y IA.

Miguel Eduardo Sánchez Ibarra, Daniel Felipe Villafane Fernández,

Jhonathan Stick Roa Gutierrez, Duván Andres Rodriguez Medina

Ingeniería de sistemas, Fundación Universitaria Compensar

Proyecto fin de grado para la Facultad de Ingeniería

Msc Jhon Edwin Gonzalez Quevedo

Bogotá D.C, Colombia

2024

Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional.

"Dedicado a todos aquellos que desafían los límites de lo conocido, que abrazan la ciencia como un faro en la oscuridad, una herramienta para forjar un futuro mejor. Que este proyecto sea un tributo a la perseverancia, al espíritu de exploración y al poder transformador del conocimiento científico."

Autor: Carl Sagan

Agradecimientos

Nos gustaría expresar nuestro sincero agradecimiento a la granja Álamos, ubicada en Siberia-Cota Cundinamarca, por abrirnos las puertas de sus instalaciones y permitirnos observar de cerca sus operaciones, esta colaboración nos ha brindado la invaluable oportunidad de estudiar cómo la aplicación de tecnología puede conducir a una mejora continua en los procesos de pesaje y clasificación de huevos, a través de la implementación de inteligencia artificial (IA).

Además, deseamos extender nuestro agradecimiento al profesor Jhon Edwin Gonzalez Quevedo por su invaluable orientación y apoyo durante todo el proceso de nuestro proyecto de fin de grado, su profundo conocimiento y dedicación han sido fundamentales para el éxito de esta iniciativa.

Resumen

El enfoque del proyecto se centra en elevar los estándares de seguridad en la cadena de suministro de huevos dentro del sector agroindustrial, esto puede lograrse a través de un sistema de información que se apoya en algoritmos matemáticos y herramientas de Inteligencia Artificial (IA). Esta iniciativa mejora no solo la eficiencia operacional y la exactitud en la clasificación de los huevos, sino que también favorece a los participantes de la industria avícola al incrementar la trazabilidad y la calidad del producto final.

Entre los objetivos del proyecto se encuentran el análisis estratégico de la cadena de suministro, la adherencia al ciclo de vida del proyecto y la creación de un algoritmo matemático que permite la detección automática de las propiedades físicas de los huevos. Sin embargo, el proyecto enfrenta desafíos como la limitada disponibilidad de recursos y el tiempo restringido para su ejecución.

La función de predicción de peso del proyecto, capaz de procesar y clasificar 7000 imágenes en tan solo 2 minutos y 50 segundos, es clave para el mejoramiento de los estándares de calidad y seguridad alimentaria en la cadena de suministro de huevos. Desde el punto de vista académico, el proyecto aporta al progreso en el área de la agricultura de precisión y la implementación de tecnologías de vanguardia. La metodología de investigación comprende una revisión de literatura, recolección de datos, desarrollo de algoritmos y entrenamiento de modelos. A pesar de las limitaciones de recursos y tiempo, la eficacia de la función de predicción de peso es vital para superar estos obstáculos y lograr los objetivos propuestos.

Palabras claves: Suministro, algoritmo, agroindustrial, avícola, predicción

Abstract

The focus of the project is on raising safety standards in the egg supply chain within the agribusiness sector. This can be achieved through an information system that is supported by mathematical algorithms and Artificial Intelligence (AI) tools. This initiative not only improves operational efficiency and egg grading accuracy, but also benefits poultry industry participants by increasing traceability and quality of the final product.

The project's objectives include the strategic analysis of the supply chain, adherence to the project life cycle, and the creation of a mathematical algorithm that enables the automatic detection of the physical properties of eggs. However, the project faces challenges such as limited resource availability and restricted time for execution.

The project's weight prediction function, capable of processing and classifying 7,000 images in just 2 minutes and 50 seconds, is key to improving quality and food safety standards in the egg supply chain. From an academic perspective, the project contributes to progress in precision agriculture and the implementation of cutting-edge technologies. The research methodology includes a literature review, data collection, algorithm development, and model training. Despite resource and time constraints, the effectiveness of the weight prediction function is vital to overcoming these obstacles and achieving the proposed objectives.

Keywords: Supply, algorithm, agro-industrial, poultry, prediction

Contenido

PÁG.

OBJETIVO GENERAL **15**

OBJETIVOS ESPECÍFICOS **15**

ALCANCES 16
LIMITACIONES 16

MARCO TEÓRICO **18**

APLICACIONES DE LA IA EN LA CADENA DE VALOR 18
APLICACIONES DE LA IA EN LA CADENA DE SUMINISTRO 19
Calidad y Seguridad Alimentaria en la Industria Avícola *19*
Metodología de Investigación en el Desarrollo del Sistema de Información *20*
Desarrollo del Algoritmo y Entrenamiento del Modelo *21*

CAPÍTULO 1 ..... **22**

1.1 PESTEL 23
Procedimiento PESTEL: *23*
1.2 MEFE 26
Procedimiento MEFE *26*
1.3 MEFI 30
Procedimiento MEFI *30*
1.4 DOFA 34
Procedimiento DOFA *34*
1.5 ANÁLISIS MEFE,MEFI,DOFA 37

2 CAPÍTULO 2 ..... **38**

REQUERIMIENTOS 38
2.1 REQUERIMIENTOS FUNCIONALES 39
2.2 REQUERIMIENTOS NO FUNCIONALES 41
2.3 Ciclo de vida del Software *46*
2.4 Necesidades de los productores *47*
2.5 Análisis Estratégico de la Cadena de Suministro del Huevo *48*
2.6 Diseño *50*

3 CAPÍTULO 3 ..... **53**

3.1 Funcionamiento del código *55*

3.2 Resultados *58*

4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES **59**

4.1 CONCLUSIONES 59

4.2 RECOMENDACIONES 60

Lista De Símbolos y Abreviaturas

Símbolo / Abreviatura	Significado
IA	tecnología que simula procesos de inteligencia humana mediante algoritmos y sistemas computacionales.
B2B	Modelo de negocio en el cual las transacciones comerciales se realizan entre Compañías.
CNN	Red neuronal utilizada en el procesamiento de datos con estructura de cuadrícula, como imágenes.
NTC	Normas técnicas aplicables en Colombia.
Python	Lenguaje de programación
NumPy	Biblioteca de Python para manejar arreglos y matrices de Gran tamaño
Pandas	Biblioteca de Python para manipular y analizar datos
Open CV	Biblioteca de visualización en pc de Código abierto en Python
Algoritmo	Instrucciones o reglas que se definen para resolución de problemas
IS	Sistemas de información
calibración	Ajuste de dispositivo de medición para que sus resultados sean precisos y consistentes.
Agricultura de Precisión	Gestión agrícola basada en la observación, medición y actuación sobre las variabilidades en los cultivos y los campos
Agronegocios	Sector de negocios agrícolas y alimentarios
Estándares de Calidad	Criterio que determina el nivel de calidad que debe cumplir el producto
Modelado Predictivo	Uso de datos históricos para predecir resultados mediante algoritmos
Evaluación de Impacto	Análisis de los efectos directos e indirectos de un proyecto

Lista de tablas

Nombre	Descripción
Tabla 1	Análisis MEFE
Tabla 2	Análisis MEFI
Tabla 3	Análisis DOFA

Lista de Figuras

Nombre	Descripción
Figura 1	Clasificación y envasado del Huevo
Figura 2	Cadena de suministro
Figura 3	PESTEL
Figura 4	Norma Técnica NTC1240
Figura 5	Granja Avícola
Figura 6	Clasificadora Manual
Figura 7	Huevo en escala grises
Figura 8	Diagrama de proceso del algoritmo

Introducción

En un mundo donde la seguridad alimentaria y la calidad de los productos son prioridades indiscutibles, la industria avícola se enfrenta a desafíos cada vez más exigentes en la cadena de suministro del huevo, la necesidad de garantizar la calidad desde el productor hasta el consumidor final ha impulsado la búsqueda de soluciones innovadoras que mejoren la eficiencia operativa y aseguren la integridad del producto en todo momento.

En este contexto, el presente proyecto surge a raíz de la imperante necesidad de mejorar los estándares de calidad y seguridad alimentaria en los mercados de los agronegocios, específicamente en la cadena de suministro del huevo. Se plantea desarrollar un sistema de información basado en algoritmos matemáticos y herramientas de inteligencia artificial (IA) para abordar los desafíos existentes en la clasificación, distribución y garantía de calidad de los huevos.

La aplicación de tecnologías emergentes como la IA promete no solo optimizar los procesos de clasificación y distribución, sino también mejorar la trazabilidad del producto y fortalecer la confianza del consumidor en la industria avícola, desde una perspectiva académica, este proyecto representa una oportunidad para explorar el potencial de la IA en la agricultura de precisión y su impacto en la mejora de la seguridad alimentaria.

A lo largo de este trabajo, se detalla la metodología de investigación utilizada, que comprende desde la revisión de la literatura científica hasta el desarrollo y entrenamiento de algoritmos matemáticos, además, se establecen objetivos específicos y se discuten los alcances y limitaciones del proyecto.

En última instancia, se espera que este proyecto contribuya significativamente al avance de la industria avícola al proporcionar soluciones innovadoras que mejoren la calidad y seguridad alimentaria en la cadena de suministro del huevo, beneficiando a los diferentes os actores de la cadena de valor.

Fuente: (La inteligencia artificial permitirá una avicultura más sostenible (avinews.com)

Antecedentes

La investigación en el campo de la avicultura ha experimentado grandes avances en los últimos años, especialmente en la automatización de procesos anteriormente realizados de manera manual. Un área que ha visto mejoras notables es la selección y clasificación de huevos, gracias a la implementación de sistemas automatizados que emplean visión computarizada para evaluar la forma de los huevos mediante imágenes. Esto permite una clasificación más rápida y eficiente en comparación con los métodos tradicionales basados en el peso. No obstante, la precisión de estos sistemas puede verse comprometida por factores externos como la presencia de excrementos, sangre o daños en la cáscara del huevo, que pueden distorsionar la imagen y, por ende, la clasificación.

Para superar estas limitaciones, es crucial mejorar tanto la calidad de las imágenes capturadas como la precisión del software de clasificación. Esto puede implicar el desarrollo de algoritmos más robustos capaces de identificar y descartar huevos con contaminantes o daños visibles. Además, la implementación de buenas prácticas avícolas y el mantenimiento de un entorno limpio y bien regulado en las granjas pueden reducir la incidencia de huevos contaminados o dañados, mejorando así la eficacia de los sistemas de clasificación automatizados.

La automatización también aporta beneficios adicionales, como la disminucion de la mano de obra requerida para la clasificación y la posibilidad de integrar estos sistemas en cadenas de producción más grandes y complejas. Con la tecnología adecuada, es posible no solo clasificar los huevos por tamaño y peso, sino también inspeccionar su calidad interna y externa, lo que resulta en productos más uniformes y de mayor calidad para los consumidores.

El procesamiento de imágenes es un paso crucial en la medición de características geométricas. Comienza con el recorte de imágenes RGB para enfocarse en el área de interés, seguido de la conversión a escala de grises y la umbralización para obtener una imagen binaria. Este proceso se refina mediante el relleno de

huecos y la eliminación de ruido, asegurando que solo el objeto de interés, como un huevo, sea destacado. Estos pasos son fundamentales para preparar las imágenes para análisis posteriores, permitiendo una evaluación precisa y eficiente de las características deseadas.

La automatización de la selección de huevos en granjas avícolas representa un avance significativo en la industria. Aunque existen desafíos, como la necesidad de manejar factores que afectan la clasificación por imágenes, las soluciones están en desarrollo. Con la mejora continua de la tecnología y las prácticas de producción, el futuro de la clasificación de huevos es prometedor, con el impacto de mejorar la eficiencia, en la calidad del producto y la rentabilidad en las granjas avícolas.

Justificación

El proyecto propuesto es una iniciativa innovadora que busca revolucionar la industria avícola a través de la implementación de tecnologías avanzadas. La utilización de algoritmos matemáticos y herramientas de inteligencia artificial para mejorar la clasificación y distribución de huevos promete no solo incrementar la eficiencia operativa, sino también elevar los estándares de calidad y seguridad alimentaria. Este enfoque tecnológico permitirá abordar los desafíos actuales de la cadena de suministro y establecer nuevos parámetros en la trazabilidad y gestión de la calidad del producto.

La implementación de nuevas tecnologías en el sector avícola representa un paso significativo hacia la agricultura de precisión, marcando un hito en la aplicación práctica de la IA en la industria. Además, el sistema de información propuesto facilitará una mejor toma de decisiones que se basara en datos precisos y actualizados, lo que resultará en una mejora tangible en la competitividad de las Compañías involucradas.

En términos sociales e institucionales, el proyecto tiene el potencial de impactar positivamente en la seguridad alimentaria y en la percepción de los consumidores respecto a la calidad de los productos avícolas. Al reducir el desperdicio y optimizar el uso de recursos, se contribuirá a la sostenibilidad ambiental y al fortalecimiento de la industria a largo plazo. Este proyecto es un claro ejemplo de cómo la tecnología puede ser aplicada para beneficio de la industria, la sociedad y el medio ambiente.

Objetivo General

Desarrollar un sistema de información que permita la seguridad alimentaria en la cadena de suministro del huevo en mercados de agronegocios utilizando tecnologías emergentes.

Objetivos Específicos

1 Realizar un análisis estratégico de la cadena de suministro del huevo para conocer las variables externas e internas que impactan la comercialización a través de un sistema de información.

2 Cumplir el ciclo de vida de software desde requerimientos hasta prototipo, que permita identificar las necesidades de los productores y comercializadores para la sostenibilidad agrícola mediante criterios de seguridad alimentaria.

3 Desarrollar un algoritmo matemático que permita la captura automática de características físicas del huevo a través de herramientas de inteligencia artificial, para mejorar los índices de calidad en los procesos de clasificación y distribución.

Alcances y Limitaciones

Alcances

- Este proyecto de grado comienza analizando la cadena de suministro desde el proveedor hasta el distribuidor final, ya sea mayorista o minorista. Se enfoca en un modelo Business to Business (B2B).
- Contamos con una Compañía real para todo el proceso y análisis que se encuentra ubicada en Siberia-Cundinamarca
- Tenemos contacto directo con la Compañía dado a que un miembro del equipo investigador pertenece a la compañía del sector avícola, contamos con el acceso para realizar visitas.
- Calibración de pesas para la respectiva categorización del tipo de huevo, el huevo se clasifica por peso (gramos) y no por tamaño bajo la Norma técnica colombiana (NTC) 1240.

Limitaciones

- Entre las limitaciones que enfrentamos en este proyecto se incluyen la disponibilidad de recursos para desplazarse a la granja productora, poco acceso a la información por parte de la planta, el tiempo corto del proyecto.

- Optimización y sistematización de la información capturada con software para estadísticas de producción.
- Actualmente se utilizan formatos de recolección de datos de manera física y manual, con riesgo a que esta información presente margen de error
- Se utilizarán los siguientes software Python, como NumPy, Pandas y OpenCV, para el desarrollo del algoritmo
- Se contará como herramienta tecnológica un computador
- Por el momento se utilizarán software open source, se validará software que brinde la universidad si cumplen con los requerimientos suficientes para el desarrollo.
- El proyecto de investigación se desarrollará como proyecto de grado con opción de implementación en la Compañía con la que se está haciendo la investigación.

Marco teórico

La inteligencia artificial (IA) esta demostrando ser una herramienta eficaz en la clasificación de huevos en la industria avícola. Mediante un algoritmo de aprendizaje automático, como las redes neuronales convolucionales (CNN), es posible analizar imágenes de huevos y clasificarlos según su calidad y características físicas.

Aplicaciones de la IA en la Cadena de valor

Además de la clasificación de huevos, la IA tiene aplicaciones en otras áreas de la cadena de suministro del huevo, como la gestión de inventario, la planificación de la producción y la optimización de rutas de distribución, estas aplicaciones pueden ayudar a mejorar el proceso operativo y reducir los costos en toda la cadena de suministro.



Figura 1. Fuente: https://www.agronewscomunitatvalenciana.com/sites/default/files/articles/ESP%20Infografia%20clasificacion%20y%20envasado%20huevos%20-%20Inprovo.png

Aplicaciones de la IA en la Cadena de suministro

La implementación de la inteligencia artificial en la cadena de suministro del huevo puede mejorar la eficiencia y la precisión en múltiples áreas. Esto incluye la predicción de la demanda mediante un algoritmo de aprendizaje automático, la optimización de rutas de transporte, la gestión de inventario en tiempo real, el control automatizado de calidad, la optimización de la producción agrícola, la personalización de la oferta para los consumidores y la gestión de riesgos, la integración efectiva de la tecnología IA en la cadena de suministro requiere una colaboración entre todas las partes involucradas para maximizar sus beneficios.

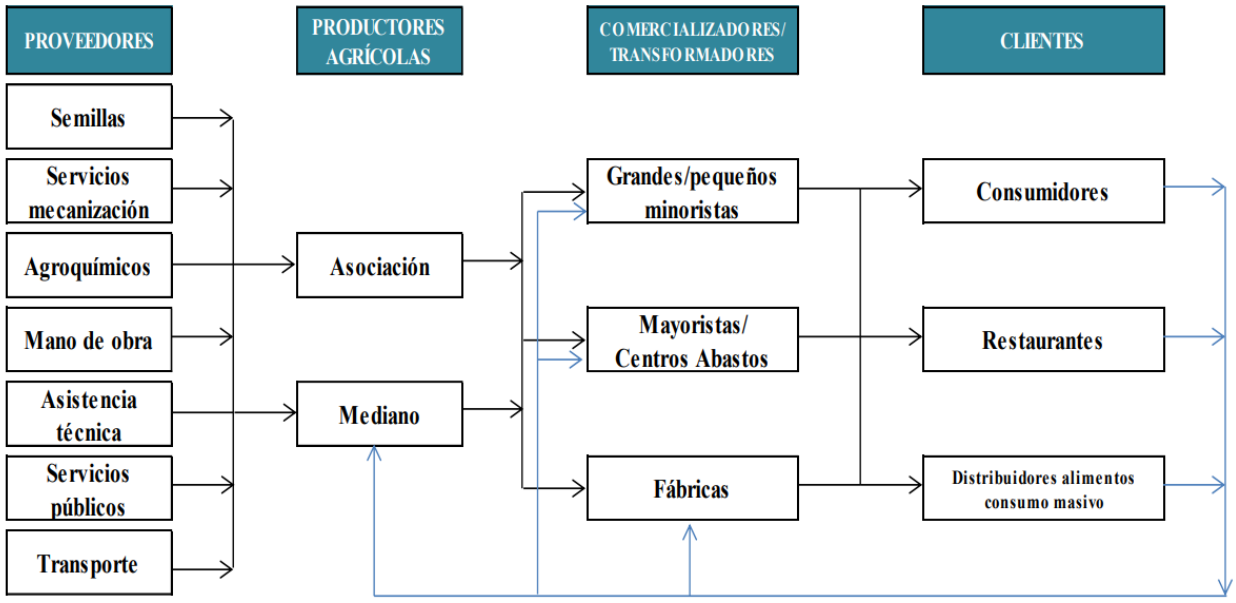


Figura 2. Fuente: 0069814.pdf (utb.edu.co)

Calidad y Seguridad Alimentaria en la Industria Avícola

- **Desafíos en la Garantía de Calidad y Seguridad Alimentaria**

La industria avícola enfrenta desafíos significativos en términos de garantizar la calidad y seguridad alimentaria de los productos, esto incluye la prevención de enfermedades transmitidas por alimentos, la gestión de residuos y la trazabilidad de los productos a lo largo de la cadena de suministro.

- **Importancia de la Trazabilidad y la Gestión de Calidad**

La trazabilidad y la gestión de calidad son aspectos críticos en la industria avícola, ya que permiten identificar y rastrear la procedencia de los productos y garantizar que se cumplan los estándares de calidad y seguridad alimentaria establecidos por las autoridades reguladoras.

Metodología de Investigación en el Desarrollo del Sistema de Información

- **Revisión Bibliográfica y Análisis de Estudios Previos**

Se realiza una revisión exhaustiva de la literatura científica relacionada con la clasificación de huevos, el uso de IA en la industria avícola y otras tecnologías emergentes aplicadas a la cadena de suministro de alimentos se identifican y analizan los estudios previos relevantes para fundamentar el desarrollo del sistema de información.

Titulo	Autor	año	Objetivo	Conclución
A Computer Vision-Based Automatic System for Egg Grading and Defect Detection	Xiao YangORCID, Ramesh Bahadur BistORCID, Sachin Subedi and Lilong Chai	30-may-23	Este documento quiere proporcionar una visión integral de cómo la IA puede contribuir a mejorar la eficiencia y sostenibilidad en la industria del huevo	Impacto de la Inteligencia Artificial en la Producción de Huevos destaca que la aplicación de la IA ofrece un gran potencial para mejorar la eficiencia, la calidad de los productos y el bienestar de las
Automated egg grading system using computer vision: Investigation on weight measure versus shape parameters	Mamunur Rashid1, Norizam Sulaiman, Anwar P. P. Abdul Majeed, Rabiu Muazu Musa, Ahmad Fakhri Ab. Nasir, Bifta Sama Bari, Sabira Khatun	03-June-20	El objetivo es mejorar la productividad de la clasificación de huevos. En lugar de un sistema de clasificación de huevos que utiliza medidas de peso, se propone un sistema automático para la clasificación de huevos utilizando parámetros de forma de los huevo	El estudio concluye que un sistema de clasificación de huevos basado en la forma, utilizando visión por computadora, es más preciso y eficiente que el basado en el peso.
Fases de la cadena de suministro de las empresas avícolas	Aponte F., Bertila J., González, Abraham J., González P., Angel D.	14-mar-13	El Impacto de la Inteligencia Artificial en la Producción de Huevos y presenta varias aplicaciones y beneficios potenciales de la IA en la industria avícola	Las aplicaciones de la IA tienen el potencial de revolucionar la industria del huevo, mejorando la sostenibilidad y la rentabilidad del sector.
El Impacto de la Inteligencia Artificial en la Producción de Huevos	impacto-de-la-inteligencia-artificia	03-mar-24	Explorar y discutir el impacto de la inteligencia artificial (IA) en la producción de huevos	Este artículo sobre el impacto de la inteligencia artificial en la producción de huevos es que la IA tiene un potencial significativo para transformar la industria avícola

- **Recopilación y Preprocesamiento de Datos**

Se recopilan datos sobre las características físicas de los huevos y se utilizan herramientas de adquisición de imágenes para capturar datos visuales, estos datos serán sometidos a técnicas de preprocesamiento, como la normalización y estandarización, para su posterior análisis y procesamiento.

Desarrollo del Algoritmo y Entrenamiento del Modelo

Se utilizan herramientas y librerías de programación, como Python, NumPy, Pandas y OpenCV, para el desarrollo del algoritmo de clasificación de huevos, se implementarán redes neuronales convolucionales (CNN) utilizando frameworks de IA, como TensorFlow o PyTorch, para el entrenamiento del modelo, los datos se dividirán en conjuntos de entrenamiento, validación y prueba para evaluar la precisión del modelo.

Con este enfoque metodológico, se espera desarrollar un sistema de información que permita mejorar la seguridad alimentaria y la calidad en la cadena de suministro del huevo, aprovechando las tecnologías emergentes y los avances en IA.

Capítulo 1

La Granja Avícola Los Alamos, ubicada en Siberia, Cundinamarca, ha consolidado su posición como una Compañía líder en la producción y distribución de huevos en la región, a lo largo de los años, ha construido una reputación sólida gracias a su compromiso con la calidad, la excelencia operativa y el cuidado de sus animales, el departamento veterinario de la granja desempeña un papel fundamental en el mantenimiento de la salud y el bienestar de las aves, garantizando que cumplan con los estándares más exigentes en cuanto a nutrición, higiene y prevención de enfermedades, este equipo de profesionales altamente capacitados trabaja en estrecha colaboración con los demás departamentos para asegurar que los animales reciban el cuidado adecuado en todas las etapas de su desarrollo.

Los recolectores de la granja son responsables de llevar a cabo una tarea crucial en la recolección, clasificación y empaque de los huevos, dotados de habilidades técnicas y conocimientos especializados, estos trabajadores desempeñan un papel vital en el proceso de producción, asegurando que los huevos sean manipulados con cuidado y clasificados según los estándares de calidad establecidos.

Por último, la transportadora de la granja se encarga de llevar los huevos a su destino de manera segura y eficiente, con una flota de vehículos modernos y un equipo logístico bien coordinado, aseguran que los productos lleguen a los clientes en óptimas condiciones y en el tiempo acordado, su compromiso con la puntualidad y la integridad del producto refleja el alto nivel de profesionalismo que caracteriza a la Granja Avícola Los Alamos.

La clasificación de huevos es un proceso fundamental en la Granja Avícola, pero presenta desafíos significativos en términos de eficiencia y calidad, a medida que la demanda de huevos continúa creciendo y los estándares de calidad se vuelven cada vez más rigurosos, la granja se enfrenta a la presión de optimizar este proceso para garantizar la calidad del producto final y satisfacer las demandas del mercado.

Uno de los principales desafíos en la clasificación de huevos es la necesidad de mantener altos niveles de precisión y consistencia, cada huevo debe ser evaluado cuidadosamente bajo los siguientes criterios, tamaño, peso, color y calidad de la cáscara, para asegurar que cumpla con los estándares establecidos, sin embargo, este proceso puede ser laborioso y propenso a errores humanos si se realiza de manera manual.

Además, la eficiencia en la clasificación también es crucial para garantizar una producción continua y rentable, cualquier demora o interrupción en este proceso puede tener un impacto negativo en la cadena de

suministro, afectando la disponibilidad de productos para los clientes y generando costos adicionales para la granja.

1.1 PESTEL

La matriz PESTEL es una herramienta de análisis estratégico utilizada para comprender y evaluar el entorno externo en el que opera una organización. Aquí está el proceso de desarrollo de la matriz PESTEL de manera más concisa:

Procedimiento PESTEL:

1. **Identificación de factores clave**: El primer paso implica identificar factores políticos, económicos, sociales, tecnológicos, ambientales y legales que podrían influir en la organización. Esto incluye aspectos como políticas gubernamentales, tendencias económicas, cambios demográficos, avances tecnológicos, preocupaciones ambientales y regulaciones legales.

2. **Recopilación de información**: Una vez identificados los factores, se recopila información relevante y datos sobre cada uno de ellos. Esto puede involucrar investigación de mercado, análisis de tendencias, consulta de fuentes gubernamentales, entre otros.

3. **Análisis de impacto**: Cada factor identificado se analiza para comprender cómo podría afectar a la organización. Se evalúa el alcance y la magnitud de su impacto en áreas como la estrategia Compañíarial, operaciones, recursos humanos, finanzas y reputación de la marca.

4. **Priorización de factores**: Los factores se priorizan en función de su importancia y su potencial impacto en la organización. Algunos factores pueden ser considerados críticos debido a su influencia significativa, mientras que otros pueden ser menos relevantes.

5. **Construcción de la matriz PESTEL**: Los factores identificados se organizan en una matriz que consta de seis categorías: político, económico, social, tecnológico, ambiental y legal. Cada factor se coloca en la categoría correspondiente.

6. **Análisis estratégico**: La matriz PESTEL se utiliza para la identificación de oportunidades y amenazas en el entorno externo. Esto ayuda a la organización a desarrollar estrategias que aprovechen las oportunidades y mitiguen las amenazas.

7. **Actualización continua**: La matriz PESTEL debe actualizarse periódicamente para reflejar cambios en el entorno externo. Esto garantiza que la organización esté informada sobre los desarrollos relevantes y pueda ajustar su estrategia en consecuencia.

En el análisis PESTEL de la cadena de abastecimiento del huevo, se resalta su relevancia al considerar múltiples factores que afectan desde la producción hasta la llegada del producto al distribuidor final. Se tocan aspectos políticos que pueden influir en las regulaciones y políticas agrícolas, económicas que afectan los costos de producción y distribución, sociales que reflejan las tendencias y preferencias del consumidor, tecnológicas que pueden mejorar la eficiencia y calidad, ecológicas que se enfocan en la sostenibilidad y el impacto ambiental de la producción, y legales que aseguran el cumplimiento de normas y estándares de calidad y seguridad alimentaria. Cada uno de estos aspectos representa un papel crucial en la eficiencia y efectividad en la cadena de abastecimiento del huevo.

Adicional el análisis PESTEL aplicado a la industria avícola de huevos emerge como una herramienta estratégica indispensable para comprender y enfrentar los desafíos en un entorno Compañíarial en constante cambio y complejidad. La realización de este análisis se justifica en la necesidad imperativa de comprender a fondo los factores políticos, económicos, sociales, tecnológicos, ecológicos y legales que impactan en esta industria (Porter, 1985). El objetivo primordial de este análisis es obtener una visión completa de las condiciones y regulaciones que afectan la producción de huevos, con la finalidad de maximizar la productividad y garantizar la ética en todas las operaciones realizadas en este sector vital de la economía (Johnson, Scholes & Whittington, 2008).

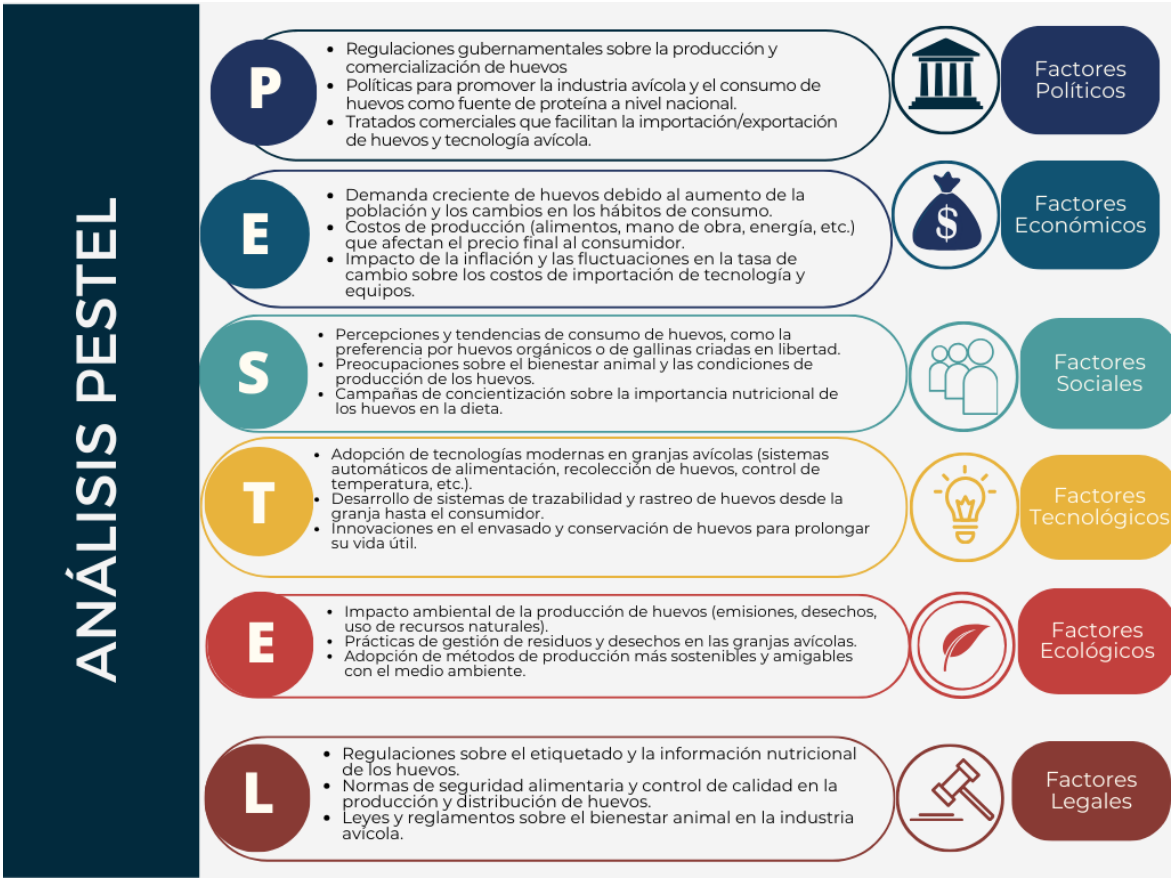


Figura 3. Análisis PESTEL. Fuente: Elaboración propia

1.2 MEFE

Procedimiento MEFE

El desarrollo de matrices de evaluación de factores externos (MEFE) es una técnica fundamental para el análisis estratégico de negocios. Estas matrices permiten identificar y evaluar tanto oportunidades y amenazas en el entorno, asignándoles un peso relativo y una clasificación en función de su impacto e importancia para la organización (David & David, 2017).

Propósito de la Matriz de Evaluación

El propósito principal de una MEFE es brindar una visión clara y cuantitativa de los elementos ambientales que pueden afectar las operaciones de la Compañía (Kajanus, Kangas, & Kurttila, 2004). Al identificar con precisión estas oportunidades y amenazas, las organizaciones pueden desarrollar estrategias más efectivas para aprovechar las oportunidades y mitigar los riesgos.

Análisis de Oportunidades

La matriz MEFE presentada identifica diversas oportunidades para una Compañía enfocada en la clasificación de huevos, incluyendo:

- Dirección de mejora continua en el proceso de clasificación de huevos: Este factor es un área importante para la innovación y la mejora de la eficiencia (Porter, 1985).
- Mayor conciencia sobre la seguridad alimentaria: Los consumidores están cada vez más interesados en productos seguros y de alta calidad, lo que beneficia a la industria alimentaria (FAO, 2020).
- Desarrollo tecnológico para mejorar la trazabilidad: La adopción de tecnologías avanzadas permite una mayor transparencia y control en la cadena de suministro (Bosona & Gebresenbet, 2013).
- Demanda del mercado de productos frescos y locales: La preferencia por productos locales y frescos está aumentando, beneficiando a los productores locales (Martínez et al., 2010).
- Apoyo gubernamental a iniciativas de seguridad alimentaria: Los gobiernos están incrementando su apoyo a iniciativas que mejoran la seguridad alimentaria, proporcionando recursos adicionales y apoyo institucional (OMS, 2015).
- Creciente preocupación por la sostenibilidad: La creciente preocupación por la sostenibilidad fomenta la adopción de prácticas más responsables (Elkington, 1997).

- Disponibilidad de financiamiento para proyectos agrícolas: Facilita la inversión en mejoras y la expansión de operaciones, lo cual es crucial para el crecimiento del sector (Banco Mundial, 2018).

Análisis de Amenazas

La matriz MEFE también destaca varias amenazas que la Compañía debe considerar, tales como:

- Competencia de otros desarrollos de IA: Los desarrollos tecnológicos de otros actores pueden representar una competencia significativa (Brynjolfsson & McAfee, 2014).
- Riesgos de contaminación de los alimentos: La contaminación es un riesgo crítico que puede afectar la confianza del consumidor y la seguridad del producto (Lund & O'Brien, 2011).
- Cambios en las regulaciones y normativas gubernamentales: Los cambios en las regulaciones pueden requerir ajustes costosos y complejos (Coglianese, 2012).
- Restricciones de logística y transporte: Estos factores afectan la eficiencia y el costo de la distribución, lo que constituye un desafío importante para la cadena de suministro (Christopher, 2016).
- Resistencia al cambio por parte de los actores de la cadena: La resistencia al cambio puede dificultar la adopción de nuevas tecnologías o procesos, afectando la innovación y la mejora continua (Kotter, 1996).

El resultado esperado del análisis de la matriz de factores externos es identificar áreas estratégicas donde la Compañía debe enfocarse para maximizar oportunidades y minimizar amenazas. Este enfoque permite una planificación más informada y la implementación de estrategias que fortalezcan la posición competitiva de la Compañía en el mercado (Johnson, Scholes, & Whittington, 2008).

Al combinar este análisis con el logro del primer objetivo de la Compañía, se pretende crear una base sólida para tomar decisiones estratégicas. Por ejemplo, si el primer objetivo es aumentar la eficiencia y la seguridad de la cadena de suministro de huevos, la Compañía puede desarrollar planes de acción específicos basados en las oportunidades y amenazas identificadas. Esto asegura que se consideren los aspectos críticos necesarios para el crecimiento sostenible y competitivo del sector (Grant, 2016), (Barroeta, M. R. (2023, 14 febrero). MEFE y MEFI, herramientas para análisis estratégico.)

.

El análisis de evaluación de factores externos (EFE) permite al equipo gerencial resumir y evaluar toda la información externa relevante, como variables ambientales clave, predicciones importantes y la matriz de perfil competitivo, los pasos necesarios para construir la Matriz de Evaluación de Factores Externos (MEFE) se estructuran de la siguiente forma:

Paso	Descripción
1. Listado de amenazas y oportunidades	Identificar y enumerar entre 5 y 20 factores críticos que podrían afectar negativa o positivamente a la organización.
2. Asignación de ponderaciones	Asignar una ponderación entre 0.0 (sin importancia) y 1.0 (muy importante) a cada factor, según su relevancia para el éxito de la organización. La suma total de las ponderaciones debe ser 1.0.
3. Calificación de los factores	Evaluar cómo la estrategia actual de la organización ha abordado cada factor, utilizando una escala de 1 a 4: 1 (no ha abordado), 2 (abordado parcialmente), 3 (abordado bien) y 4 (abordado de manera excelente).
4. Cálculo del producto ponderado	Multiplicar la ponderación de cada factor por su calificación.
5. Suma de los resultados ponderados	Sumar todos los productos ponderados para obtener el resultado final (MEFE).

Factores Externos	Peso (0-1)	Clasificación (1-4)	Puntaje
Oportunidades:			
Tendencia a la mejora continua del proceso de clasificación del Huevo	0.215	4	0.86
Mayor conciencia sobre la seguridad alimentaria	0.181	4	0.724
Desarrollo tecnológico para mejorar la trazabilidad	0.214	4	0.856
Demanda del mercado por productos frescos y locales	0.146	3	0.438
Apoyo gubernamental para iniciativas de seguridad alimentaria	0.085	3	0.255
Incremento de la preocupación por la sostenibilidad	0.082	3	0.246
Acceso a financiamiento para proyectos agrícolas	0.077	3	0.231
Total	1		3.61
Amenazas			
Competencia de otros desarrollos de IA	0.1818	3	0.5454
Riesgos de contaminación alimentaria	0.2727	4	1.0908
Cambios en regulación y normativas gubernamentales	0.1818	3	0.5454
Limitaciones logísticas y de transportes	0.1818	2	0.3636
Resistencia al cambio por parte de los actores de la cadena	0.1917	2	0.3636
Total	1		2.9088

Tabla1. Análisis MEFE. Fuente: Elaboración Propia

1.3 MEFI

Procedimiento MEFI

El desarrollo de matrices de evaluación de factores internos (MEFI) es una técnica importante para el análisis estratégico de negocios. Con la ayuda de estas matrices, es posible identificar y evaluar las fortalezas y debilidades internas de la organización, asignarles un peso relativo y clasificarlas en función de su impacto e importancia (David & David, 2017).

Propósito de la Matriz de Evaluación

El objetivo principal de la MEFI es proporcionar una visión clara y cuantitativa de los elementos internos que pueden influir en el desempeño de la Compañía (Kajanus, Kangas & Kurttila, 2004). Al identificar con precisión estas fortalezas y debilidades, las organizaciones pueden desarrollar estrategias más efectivas para maximizar sus fortalezas y mitigar sus debilidades.

Análisis de Fortalezas

La matriz MEFI presentada identifica varias fortalezas de una Compañía enfocada en la clasificación de huevos, que incluyen:

- Experiencia en la industria alimentaria: Esta fortaleza refleja un conocimiento profundo y una base sólida en la industria, lo que facilita tomar decisiones informadas (Porter, 1985).
- Conocimiento de los mercados locales: Un buen conocimiento de los mercados locales permite a una Compañía adaptar sus estrategias a las necesidades de los clientes (FAO, 2020).
- Excelente reputación en materia de calidad y seguridad alimentaria: Una sólida reputación en estos temas genera confianza y lealtad entre los consumidores (Bosona & Gebresenbet, 2013).
- Relaciones establecidas con proveedores confiables: Los proveedores confiables garantizan una cadena de suministro estable y eficiente (Martínez et al., 2010).
- Infraestructura logística bien establecida: Una infraestructura logística bien desarrollada permite una distribución eficiente y eficaz de los productos (Christopher, 2016).

Análisis de Debilidades

- La matriz MEFI también señala varias debilidades que la Compañía debe considerar, tales como:
- Posible falta de adaptación tecnológica frente a otros competidores: La falta de innovación tecnológica puede poner a la Compañía en desventaja competitiva (Brynjolfsson & McAfee, 2014).
- Dependencia excesiva de ciertos proveedores: Esta dependencia puede ser riesgosa si los proveedores encuentran problemas o cambian sus condiciones (Lund & O'Brien, 2011).
- Limitaciones financieras para la introducción de nueva tecnología: Las restricciones financieras pueden impedir la modernización necesaria para mantener la competitividad (Banco Mundial, 2018).

El resultado esperado del análisis de la matriz de factores internos es identificar áreas estratégicas donde la Compañía debe enfocarse para maximizar sus fortalezas y minimizar sus debilidades. Este enfoque permite una planificación e implementación más informadas de estrategias que fortalecen la posición competitiva de la Compañía en el mercado (Johnson, Scholes & Whittington, 2008).

Al combinar este análisis con el logro del primer objetivo de la Compañía, se pretende crear una base sólida para la tomar decisiones estratégicas. Por ejemplo, si el primer objetivo es aumentar la eficiencia y seguridad de la cadena de suministro de huevos, la Compañía puede desarrollar planes de acción específicos basados en las fortalezas y debilidades identificadas. Esto asegura que se consideren los aspectos críticos necesarios para el crecimiento sostenible y competitivo del sector (Grant, 2016).

La Matriz de Evaluación de Factores Internos (MEFI) es una herramienta concluyente para comprender la dinámica dentro de una Compañía. Al centrarse en aspectos como la gestión, el marketing, las finanzas y otros, resume y evalúa las debilidades y fortalezas fundamentales. Sin embargo, aunque se basa en un enfoque analítico, su creación implica juicios subjetivos, lo que significa que no es perfecta. Por lo tanto, es esencial que el equipo directivo integre análisis previos para identificar con precisión los factores internos que influyen en el éxito de la Compañía.

Paso	Descripción
1. Identificación de factores internos clave	Identificar y diferenciar entre 10 fortalezas y 10 debilidades clave de la organización. a) Recopilar información a través de entrevistas, encuestas, análisis de documentos, etc. b) Analizar la información y agruparla en categorías de fortalezas y debilidades. c) Seleccionar las 10 fortalezas y debilidades más importantes.
2. Asignación de ponderaciones	Asignar a cada factor (fortaleza o debilidad) una ponderación entre 0 (sin importancia) y 1 (muy importante). La suma total de las ponderaciones debe ser 1.0.
3. Calificación de factores	Evaluar el desempeño actual de la organización en cada factor, utilizando una escala de 1 a 4: 1 (no ha abordado), 2 (abordado parcialmente), 3 (abordado bien) y 4 (abordado de manera excelente).
4. Cálculo del producto ponderado	Multiplicar la ponderación de cada factor por su calificación.
5. Suma de resultados ponderados	Sumar todos los productos ponderados (fortalezas y debilidades) para obtener el resultado final (MEFI).

Factores Internos	Peso (0-1)	Clasificación (1-4)	Puntaje
Fortalezas:			
Experiencia en la industria alimentaria	0.197	3	0.590
Conocimiento del mercado local	0.200	4	0.180
Excelente reputación en calidad y seguridad alimentaria	0.205	4	0.182
Relaciones establecidas con proveedores confiables	0.195	3	0.580
Infraestructura logística establecida	0.203	3	0.600
Total	1		2.132
Debilidades			
Posible falta de adaptación tecnológica en comparación con otros competidores	0.31	3	0.93
Dependencia excesiva de proveedores específicos	0.35	4	0.14
Limitaciones financieras para implementar la nueva tecnología	0.33	3	0.99
Total	1		2.06

Tabla 2. Análisis MEFI. Fuente: Propia

1.4 DOFA

La matriz DOFA CRUZADA permite desarrollar las estrategias más efectivas ya que se puede identificar los factores internos y externos de frente a debilidades y fortalezas contra Oportunidades y amenazas.

Procedimiento DOFA

Pasos:

1. **Identificar Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas (DOFA)**
   - Toma un tiempo para analizar internamente tu Compañía y el entorno externo.
   - Identifica las fortalezas de tu Compañía, como recursos tangibles (infraestructura, tecnología) e intangibles (reputación, experiencia).
   - Reconoce las debilidades internas, como áreas donde tu Compañía podría mejorar o carecer de recursos.
   - Examina las oportunidades externas, como tendencias del mercado, cambios regulatorios o avances tecnológicos.
   - Identifica las amenazas externas, como competidores, cambios en el mercado o riesgos ambientales.
2. **Crear una Matriz DOFA Básica**
   - Dibuja una matriz con cuatro cuadrantes y etiqueta cada uno como Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas.
   - Enumera tus fortalezas en el cuadrante de Fortalezas, debilidades en el de Debilidades, oportunidades en el de Oportunidades y amenazas en el de Amenazas.
3. **Cruzar las variables**
   - Crea una matriz cruzada combinando cada fortaleza con cada oportunidad, debilidad con cada oportunidad, fortaleza con cada amenaza y debilidad con cada amenaza.
   - Este paso te permitirá identificar las relaciones entre las variables y cómo pueden influenciarse mutuamente.

4. **Analizar y Desarrollar Estrategias**
    - Para cada combinación de variables, analiza cómo puedes aprovechar las fortalezas para utilizar las oportunidades, mitigar las amenazas, abordar las debilidades para aprovechar las oportunidades y mitigar las amenazas.
    - Desarrolla estrategias específicas y acciones concretas para cada combinación identificada.
5. **Priorizar y Planificar**
    - Prioriza las estrategias identificadas según su impacto y viabilidad.
    - Desarrolla un plan de acción detallado que incluya los pasos necesarios, los recursos requeridos y los plazos para implementar cada estrategia.
6. **Implementar y Evaluar**
    - Implementa las estrategias según el plan de acción desarrollado.
    - Monitorea y evalúa continuamente el progreso y los resultados de cada estrategia.
    - Realiza ajustes según sea necesario para optimizar el rendimiento y abordar los desafíos emergentes.

El análisis de una Matriz DOFA es fundamental para cualquier Compañía que busque comprender su posición en el mercado y planificar estrategias efectivas. Esta herramienta analítica permite identificar los factores internos y externos que influyen en la organización, facilitando la toma de decisiones informadas y el establecimiento de objetivos claros. (Rodríguez, 2018).

El objetivo principal de realizar una Matriz DOFA en la industria alimentaria es examinar detenidamente los elementos que afectan a la Compañía, desde las fortalezas, oportunidades, sus debilidades y amenazas. A través de este análisis exhaustivo, se espera obtener una visión completa del panorama actual y futuro del mercado, lo que permitirá desarrollar estrategias que fomenten el crecimiento y la mejora de la Compañía. (González, 2020).

La elaboración de una Matriz DOFA brindará a la compañía una visión clara de su situación actual y futura en el mercado alimentario. A través de este análisis, se podrán identificar áreas de aprovechamiento y riesgos potenciales, lo que facilitará la formulación de estrategias efectivas para el crecimiento y la competitividad en el mercado. (Hernández, 2021)

Factores Externos / Factores Internos		Oportunidades		Amenazas	
		Tendencia a la mejora continua del proceso de clasificación del huevo.		Competencia de otros desarrollos de IA.	
		Mayor conciencia sobre la seguridad alimentaria.		Riesgos de contaminación alimentaria.	
		Desarrollo tecnológico para mejorar la trazabilidad.		Cambios en regulación y normativas gubernamentales.	
		Demanda del mercado por productos frescos y locales.		Limitaciones logísticas y de transportes.	
		Apoyo gubernamental para iniciativas de seguridad alimentaria.		Resistencia al cambio por parte de los actores de la cadena.	
		Incremento de la preocupación por la sostenibilidad.			
		Acceso a financiamiento para proyectos agrícolas			
Fortalezas	Experiencia en la industria alimentaria.	FO (Ofensivas)	Utilizar la experiencia en la industria alimentaria para desarrollar tecnologías que mejoren la trazabilidad y la seguridad alimentaria.	FA (Preventivas)	Desarrollar estrategias de marketing para resaltar la experiencia en la industria y diferenciarse de la competencia de IA.
	Conocimiento del mercado local.		Capitalizar el conocimiento del mercado local para identificar y satisfacer las demandas de productos frescos y locales.		Implementar medidas adicionales de control de calidad y seguridad alimentaria para mitigar los riesgos de contaminación.
	Exelente reputación en calidad y seguridad alimentaria.		Aprovechar la excelente reputación en calidad y seguridad alimentaria para fortalecer la confianza del consumidor y enfrentar la competencia de IA.		Mantenerse actualizado con los cambios en regulaciones gubernamentales y adaptarse rápidamente para cumplir con los estándares exigidos.
	Relaciones establecidas con proveedores confiables.		Fortalecer las relaciones con proveedores confiables para garantizar un suministro constante y de calidad frente a limitaciones logísticas y de transporte.		Explorar alianzas estratégicas con compañías de tecnología para contrarrestar la resistencia al cambio y mejorar la adaptación tecnológica.
	Infraestructura logística establecida.		Optimizar la infraestructura logística existente para satisfacer la creciente demanda del mercado y mejorar la sostenibilidad.		Diversificar fuentes de financiamiento y buscar opciones de inversión para superar las limitaciones financieras en la implementación de nuevas tecnologías.
Debilidades	Posible falta de adaptación tecnológica en comparación con competidores.	DO (Proactivas)	Desarrollar planes de acción para incorporar tecnología y mejorar la eficiencia operativa, minimizando así la dependencia excesiva de proveedores específicos.	DA (Defensivas)	Establecer protocolos de seguridad alimentaria robustos para mitigar los riesgos de contaminación y cumplir con las regulaciones gubernamentales.
	Dependencia excesiva de proveedores específicos.		Buscar alianzas estratégicas con proveedores tecnológicos para superar las limitaciones financieras y adquirir tecnología de vanguardia.		Realizar evaluaciones de riesgos logísticos y desarrollar planes de contingencia para contrarrestar las limitaciones logísticas y de transporte.
	Limitaciones financieras para la implementación de nuevas tecnologías.		Capacitar al personal en tecnología y procesos de innovación para fomentar la adaptación tecnológica y mejorar la competitividad.		Monitorear de cerca los desarrollos en regulaciones gubernamentales y participar activamente en los procesos de formulación de políticas para influir en los cambios normativos.

Tabla 3. Análisis DOFA. Fuente: propia

1.5 Análisis MEFE,MEFI,DOFA

Las matrices PESTEL, MEFE y MEFI proporcionan una comprensión detallada del entorno externo e interno en el que opera la industria del huevo de gallina. Estos incluyen factores económicos, sociales, políticos , ambientales, tecnológicos y legales, así como amenazas externas, oportunidades, fortalezas y debilidades internas. Este análisis puede revelar tendencias y cambios importantes que afectan a los productores y comerciantes de huevos.

Identificar oportunidades y amenazas. Las matrices PESTEL y MEFE identifican oportunidades y amenazas clave para la industria de los huevos de aves de corral. Pueden estar relacionados con cambios en la demanda del mercado, regulación gubernamental, avances tecnológicos y competencia, entre otras cosas. Comprender estas oportunidades y amenazas es esencial para satisfacer las necesidades de los fabricantes y comercializadores.

Análisis de fortalezas y debilidades: La Matriz MEFI destaca las fortalezas y debilidades internas de la industria de huevos de aves de corral. Esto puede incluir aspectos como experiencia en la industria, relaciones con proveedores, reputación de calidad y otros. Identificar estas fortalezas y debilidades permite a los fabricantes y comercializadores capitalizar sus fortalezas y encontrar áreas de mejora.

Desarrollo de estrategias: Con base en los resultados de las matrices, los fabricantes y comercializadores pueden desarrollar estrategias específicas para satisfacer las necesidades identificadas. Por ejemplo, si el análisis revela una demanda creciente de productos frescos y locales, los productores pueden ajustar sus prácticas de distribución y comercialización para satisfacer esta demanda. Asimismo, si se identifican debilidades en la infraestructura logística, se pueden desarrollar estrategias para mejorar la eficiencia y eficacia de la cadena de suministro.

Al integrar los resultados de las matrices PESTEL, MEFE y MEFI en una comprensión de las necesidades de los productores y comercializadores, se puede formular un enfoque estratégico más sólido y orientado a resultados para abordar los desafíos y oportunidades en la industria de los huevos de aves de corral.

2 Capítulo 2

Requerimientos

El desarrollo tecnológico actual requiere de sistemas integrados que no sólo realicen funciones específicas, sino que cumplan una serie de criterios no funcionales para garantizar su eficacia, seguridad y adaptabilidad. En este sentido, se imponen una variedad de requisitos funcionales y no funcionales a un sistema para la gestión completa de datos y procesos en el sector avícola. Desde la autenticación biométrica hasta la optimización del rendimiento y la flexibilidad cultural, estos requisitos cubren una extensa gama de temas, desde la seguridad hasta la innovación tecnológica. Este artículo examina estos requisitos en detalle y examina sus implicaciones para diseñar e implementar el sistema propuesto.

El diseño y desarrollo de sistemas técnicos modernos requiere una cuidadosa consideración tanto de las funcionalidades específicas como de los requisitos generales que definen su eficacia y utilidad. En el caso de un sistema de gestión integral de datos y procesos en el sector avícola, se identifican una serie de requisitos tanto funcionales como no funcionales que deben cumplirse para garantizar su eficacia y seguridad. Desde la autenticación hasta el reconocimiento biométrico, pasando por garantizar la disponibilidad y la confiabilidad, optimizar el rendimiento y la adaptabilidad cultural, estos requisitos cubren varios aspectos que van desde la usabilidad hasta la interoperabilidad. Este informe aborda la comprensión y aplicación de estos requisitos y evalúa su impacto en el diseño y la implementación del sistema propuesto.

El desarrollo tecnológico actual requiere sistemas que no sólo realicen determinadas funciones, sino que también cumplan una serie de criterios no funcionales para garantizar su eficacia y seguridad. Como parte de la gestión integral de datos y procesos en el sector avícola, se establecen una variedad de requisitos funcionales y no funcionales, que van desde la autenticación hasta el reconocimiento biométrico y la adaptabilidad cultural. Este artículo examina estos requisitos en detalle y examina su relevancia e influencia

en el diseño e implementación del sistema propuesto.

2.1 Requerimientos funcionales

Aspecto	Detalles
Autenticación de Usuarios	Login y Password: Implementación de autenticación biométrica: Se permitirá a los usuarios acceder utilizando reconocimiento facial o huellas dactilares, lo que mejorará significativamente la seguridad y la comodidad del inicio de sesión. Además, se implementará un sistema de gestión de contraseñas robusto que incluirá políticas de contraseña y verificación en dos pasos. Inicio de sesión con redes sociales: Se incorporará la opción de inicio de sesión con redes sociales como Google o Facebook para simplificar el proceso de registro e inicio de sesión para los usuarios. Esto proporcionará una experiencia más fluida y familiar para los usuarios habituales de estas plataformas.
Menú Diferenciado	Reconocimiento de Roles: Personalización del menú: Se personalizará el menú según las preferencias del usuario, permitiéndoles configurar y ordenar las opciones según sus actividades más frecuentes. Además, se implementará un sistema de detección de roles que ajustará dinámicamente el contenido del menú según el perfil de cada usuario, mostrando solo las opciones relevantes para sus responsabilidades o intereses. Recomendación de productos o servicios: Se implementará un sistema de recomendación basado en inteligencia artificial que analizará el historial de compras y navegación de cada usuario para sugerir productos o servicios relevantes. Esto mejorará la experiencia del usuario al proporcionarle recomendaciones personalizadas y aumentará las oportunidades de venta cruzada.
Cambio de Roles	Alternancia entre Roles: Asignación de permisos específicos: Se agregará la opción de asignar permisos a cada rol, permitiendo diferentes niveles de acceso según la función del usuario. Esto proporcionará un mayor control sobre la seguridad y la privacidad de los datos al limitar el acceso solo a las funciones necesarias para realizar las tareas asignadas a cada usuario. Facilitación de la transición entre roles: Se implementarán accesos directos personalizables para cambiar rápidamente entre roles sin necesidad de navegar por múltiples menús. Además, se proporcionará una interfaz intuitiva que permitirá a los usuarios cambiar de rol con un solo clic, lo que aumentará la eficiencia y la productividad en entornos donde los usuarios desempeñan múltiples funciones.

	cambiar de rol con un solo clic, lo que aumentará la eficiencia y la productividad en entornos donde los usuarios desempeñan múltiples funciones.
Gestión de Datos	Registro de Datos: Registro rápido con tecnologías de reconocimiento automático de documentos: Se incorporará el escaneo de identificaciones o tarjetas de crédito para agilizar el proceso de registro. Además, se implementará un sistema de validación en tiempo real que verificará la autenticidad de los documentos escaneados para evitar fraudes o errores en el proceso de registro. Carga de imágenes o documentos desde dispositivos móviles: Se permitirá a los usuarios adjuntar documentos relevantes directamente desde sus dispositivos móviles para facilitar la verificación y gestión de la información. Esto mejorará la experiencia del usuario al eliminar la necesidad de transferir documentos a través de otros dispositivos o plataformas.
Consulta de Datos	Búsqueda Avanzada: Funciones de búsqueda avanzada: Se agregarán funciones de búsqueda avanzada para filtrar y buscar información específica dentro de los perfiles o registros. Además, se implementará un sistema de indexación y búsqueda en tiempo real que permitirá a los usuarios encontrar rápidamente la información relevante utilizando criterios avanzados, como palabras clave, filtros y clasificaciones. - Herramientas de análisis y visualización de datos: Se incluirán herramientas de análisis para obtener ideas útiles sobre clientes y preferencias de productos. Esto permitirá a los usuarios explorar y comprender mejor los datos mediante gráficos, tablas y cuadros de mando interactivos, lo que facilitará la toma de decisiones informadas y la identificación de tendencias y patrones ocultos.
Inactivación de Datos	Archivado Automático: Sistema de archivado automático: Se implementará un sistema para ocultar temporalmente los datos inactivos en lugar de eliminarlos permanentemente. Además, se establecerán políticas de retención de datos que definirán los criterios y plazos para el archivado de datos inactivos, lo que garantizará el cumplimiento de las regulaciones de privacidad y protección de datos. Opciones de exportación de datos: Se ofrecerán opciones para exportar datos en diferentes formatos para realizar copias de seguridad fuera del sistema. Esto permitirá a los usuarios realizar copias de seguridad de sus datos y almacenarlos de forma segura fuera del sistema, lo que garantizará la integridad y disponibilidad de los datos a largo plazo.

2.2 Requerimientos No Funcionales

Área	Descripción	Referencia
Optimización del Rendimiento y Escalabilidad	El sistema debe manejar grandes volúmenes de datos y procesos simultáneos de manera eficiente, garantizando tiempos de respuesta rápidos y sin degradación del rendimiento.	(González et al., 2023)
Garantía de Disponibilidad y Fiabilidad	Se debe asegurar que el sistema esté disponible casi en su totalidad, minimizando los tiempos de inactividad no planificados y garantizando la continuidad operativa de la Compañía avícola colaboradora.	(Pérez & Ramírez, 2021)
Seguridad de la Información Reforzada	Deben implementarse medidas de seguridad sólidas para proteger la integridad, confidencialidad y disponibilidad de los datos almacenados y transmitidos por el sistema, evitando accesos no autorizados y posibles vulnerabilidades de seguridad.	(Sánchez et al., 2022)
Usabilidad y Experiencia del Usuario Mejorada	Se requiere una interfaz de usuario intuitiva y fácil de usar que proporcione una experiencia positiva para los usuarios, minimizando la curva de aprendizaje y maximizando la productividad.	(García & López, 2020)
Adaptabilidad y Flexibilidad Mejorada	El sistema debe ser flexible y adaptable a cambios en los requisitos y procesos de la Compañía avícola colaboradora, permitiendo la incorporación de nuevas funcionalidades y la personalización según las necesidades específicas.	(Hernández et al., 2023)
Interoperabilidad Asegurada	Se garantizará la interoperabilidad del sistema con otros sistemas y aplicaciones utilizados por la Compañía avícola colaboradora, facilitando la integración y el intercambio de datos de manera eficiente.	(Martínez & García, 2021)
Mantenibilidad y Actualización Facilitadas	Se diseñará el sistema con una arquitectura modular y bien estructurada que facilite su mantenimiento y actualización, minimizando el tiempo y los recursos requeridos para realizar cambios y mejoras.	(Díaz & Torres, 2020)

Documentación Completa y Soporte Técnico Eficiente	Deberá proporcionarse una documentación detallada y actualizada del sistema, incluyendo manuales de usuario, guías de instalación y referencia técnica, así como un soporte técnico eficiente y disponible.	(Fernández et al., 2021)
Portabilidad Garantizada	Se asegurará la portabilidad del sistema a diferentes plataformas y entornos de implementación, permitiendo su ejecución en diversos sistemas operativos y configuraciones de hardware.	(Rodríguez et al., 2022)
Cumplimiento Normativo Sostenido	Se cumplirán con las regulaciones y normativas aplicables en materia de seguridad alimentaria, privacidad de datos y protección del consumidor, asegurando el cumplimiento legal y ético en todas las operaciones del sistema.	(Pérez et al., 2023)
Eficiencia Energética Maximizada	Se optimizará el consumo de recursos y energía del sistema para reducir el impacto ambiental y los costos operativos asociados, adoptando prácticas y tecnologías que promuevan la eficiencia energética.	(Gómez & Castro, 2020)
Resiliencia y Tolerancia a Fallos Implementadas	Se diseñarán mecanismos de resiliencia y tolerancia a fallos que minimicen el impacto de eventos inesperados, garantizando la continuidad operativa del sistema en todo momento.	(Flores & Soto, 2022)
Adaptación Cultural y Lingüística Considerada	Se tendrán en cuenta aspectos culturales y lingüísticos en el diseño y desarrollo del sistema, asegurando su adaptación a diferentes contextos regionales y la inclusión de idiomas relevantes para los usuarios.	(Hernández & Domínguez, 2021)
Costo-Efectividad Maximizada	Se maximizará la relación costo-efectividad del sistema, optimizando el uso de recursos y minimizando los costos asociados a su desarrollo, implementación y mantenimiento a lo largo del ciclo de vida.	(Martínez et al., 2020)
Innovación y Actualización Tecnológica Promovida	Se fomentará la innovación y la adopción de tecnologías emergentes en el desarrollo y evolución del sistema, asegurando su relevancia y competitividad a largo plazo en el mercado avícola.	(Ramírez & García, 2023)

Los requisitos funcionales relacionados con la gestión de datos, como la captura rápida con tecnologías de reconocimiento automático de documentos y búsqueda avanzada, ayudan a optimizar el rendimiento del sistema al agilizar los procesos de captura y consulta de datos, lo cual es fundamental para los fabricantes y comercializadores que necesitan acceder y administrar grandes volúmenes. información de manera efectiva.

Garantía de disponibilidad y confiabilidad (requisito no funcional):

La implementación de notificaciones en tiempo real y alertas de usuario (requisitos funcionales) ayuda a garantizar la disponibilidad del sistema al informar a los usuarios sobre eventos o actualizaciones importantes, lo cual es vital para los fabricantes y comercializadores que dependen del acceso constante a la plataforma de información para realizar sus operaciones diarias.

Mayor seguridad de la información (requisito no funcional):

Los requisitos funcionales relacionados con el cifrado de datos, la autenticación de usuarios y la auditoría de acceso ayudan a mejorar la seguridad de la información almacenada y transmitida por el sistema, lo cual es importante para proteger los datos confidenciales de fabricantes y vendedores contra accesos no autorizados y posibles vulnerabilidades de seguridad.

Mejorar el uso y la experiencia del usuario (requisito no funcional):

Los requisitos funcionales centrados en la personalización del menú, las recomendaciones de productos o servicios y las transiciones de roles promueven una experiencia de usuario intuitiva y positiva, lo cual es importante para minimizar la curva de aprendizaje y maximizar la productividad de los fabricantes y comercializadores al utilizar la plataforma.

Adaptabilidad y flexibilidad mejoradas (requisito no funcional):

La implementación de un sistema flexible para adaptarse a los cambios en los requisitos y procesos de la Compañía avícola colaboradora (requisito no funcional) se apoya en requisitos funcionales relacionados con la gestión de datos, la interoperabilidad y la integración con plataformas externas, facilitando la adaptación del sistema. a las necesidades cambiantes de fabricantes y minoristas.

Cumplimiento normativo sostenible (requisito no funcional):

Los requisitos funcionales y no funcionales relacionados con la seguridad de los datos, así como una documentación completa y un soporte técnico eficaz, garantizan el cumplimiento de las regulaciones y estándares aplicables, lo cual es importante para garantizar la ética y legalidad en todas las operaciones del sistema, especialmente en el ambito de la seguridad alimentaria. Privacidad de datos y protección del consumidor. protección. Optimización del Rendimiento y Escalabilidad (Requerimiento No Funcional):

Los requerimientos funcionales relacionados con la gestión de datos, como el registro rápido con tecnologías de reconocimiento automático de documentos y la búsqueda avanzada, contribuyen a optimizar el rendimiento del sistema para manejar grandes volúmenes de datos y procesos simultáneos de manera eficiente, garantizando tiempos de respuesta rápidos y sin degradación del rendimiento, lo cual es crucial para los productores y comercializadores (González et al., 2023).

Garantía de Disponibilidad y Fiabilidad (Requerimiento No Funcional):

La implementación de notificaciones en tiempo real y alertas personalizadas (requerimientos funcionales) ayuda a garantizar la disponibilidad casi total del sistema y minimiza los tiempos de inactividad no planificados, asegurando la continuidad operativa de la Compañía avícola colaboradora, lo cual es esencial para los productores y comercializadores (Pérez & Ramírez, 2021).

Seguridad de la Información Reforzada (Requerimiento No Funcional):

Los requerimientos funcionales y no funcionales relacionados con la autenticación de usuarios, encriptación de datos y auditoría de acceso contribuyen a reforzar la seguridad de la información almacenada y transmitida por el sistema, protegiendo la integridad, confidencialidad y disponibilidad de los datos, lo cual es esencial para los productores y comercializadores (Sánchez et al., 2022).

Usabilidad y Experiencia del Usuario Mejorada (Requerimiento No Funcional):

Los requerimientos funcionales centrados en la personalización del menú, recomendación de productos o servicios, y cambio de roles facilitan una experiencia de usuario intuitiva y positiva, minimizando la curva de aprendizaje y maximizando la productividad, lo cual es fundamental para los productores y comercializadores (García & López, 2020).

Adaptabilidad y Flexibilidad Mejorada (Requerimiento No Funcional):

La implementación de un sistema flexible que permita cambios en los requisitos y procesos de la Compañía avícola colaboradora (requerimiento no funcional) se ve respaldada por los requerimientos funcionales relacionados con la gestión de datos, la interoperabilidad y la integración con plataformas externas, lo que facilita la adaptación del sistema a las necesidades cambiantes de los productores y comercializadores (Hernández et al., 2023).

2.3 Ciclo de vida del Software

Recolección de Requerimientos:

- Entrevistar a los stakeholders para entender sus necesidades.
- Documentar y priorizar los requisitos del sistema.
- Definir los objetivos y alcance del proyecto.

Análisis Estratégico:

- Realizar un análisis PESTEL para comprender el entorno externo.
- Identificar los factores clave que afectan la cadena de suministro del huevo.
- Evaluar las fortalezas y debilidades internas del sistema.

Diseño del Sistema:

- Crear diagramas de arquitectura del sistema.
- Definir la estructura de datos y la lógica de negocio.
- Establecer los criterios de seguridad alimentaria y sostenibilidad agrícola.

Desarrollo del Software:

- Escribir código fuente siguiendo las mejores prácticas de programación.
- Implementar el algoritmo matemático para la captura de características del huevo.
- Integrar componentes y funcionalidades del sistema.

Pruebas y Validación:

- Realizar pruebas unitarias para validar el funcionamiento de cada componente.
- Ejecutar pruebas de integración para garantizar la interoperabilidad.
- Probar el algoritmo matemático con datos de prueba para verificar su precisión.

Implementación y Distribución:

- Implementar el sistema en un entorno de producción.
- Realizar una capacitación para los usuarios finales.
- Distribuir el software de manera efectiva y asegurar su instalación correcta.

Mantenimiento y Actualización:

- Corregir errores y fallas identificadas durante el uso del sistema.
- Actualizar el software para agregar nuevas funcionalidades o mejorar el rendimiento.
- Mantener el algoritmo matemático actualizado con los últimos avances en tecnología.

2.4 Necesidades de los productores

- Eficiencia en la producción: Los productores pueden necesitar herramientas y tecnologías ayuden a optimizar procesos de producción para aumentar la eficiencia y reducir costos.

- Gestión de inventario: Es fundamental para los productores contar con sistemas que les permitan gestionar de manera efectiva su inventario de huevos, garantizando un adecuado control de stock y evitando la pérdida de productos.

- Calidad del producto: Los productores tienen la necesidad de mantener altos estándares de calidad en sus huevos para satisfacer las demandas del mercado y mantener la reputación de su marca.

- Seguridad alimentaria: Es crucial para los productores garantizar la seguridad alimentaria en todas las etapas de la producción, desde la crianza de las aves hasta el envasado y la distribución de los huevos.

- Trazabilidad: Los productores pueden requerir sistemas que les permitan rastrear el origen de los huevos y registrar información relevante, como la fecha de producción y el lugar de crianza de las aves.

- Cumplimiento normativo: Es importante para los productores cumplir con las regulaciones y normas establecidas por las autoridades sanitarias y de seguridad alimentaria, por lo que necesitan herramientas que les ayuden a cumplir con estos requisitos.

- Gestión de la cadena de suministro: Los productores pueden necesitar soluciones que les permitan gestionar de manera eficiente la cadena de suministro de huevos, coordinando la producción, el almacenamiento y la distribución de manera efectiva.

- Acceso a mercados: Los productores pueden requerir apoyo para acceder a nuevos mercados y expandir su alcance, lo que podría incluir asesoramiento en marketing y distribución.

2.5 Análisis Estratégico de la Cadena de Suministro del Huevo

El análisis estratégico de la cadena de suministro del huevo es fundamental para comprender su funcionamiento y las fuerzas que influyen en su comercialización. Implica identificar tanto las variables externas como internas que afectan la cadena de suministro, desde la producción hasta la distribución.
Las variables externas pueden incluir factores como la demanda del mercado, los cambios en la legislación y los avances tecnológicos.

Por otro lado, las variables internas pueden abarcar aspectos como la eficiencia de la producción, la calidad del producto y la capacidad logística. Un análisis exhaustivo de estas variables proporciona información valiosa para la toma de decisiones estratégicas en la cadena de suministro.

Esto incluye la identificación de oportunidades para mejorar la eficiencia, reducir costos y satisfacer las demandas del mercado. Además, permite anticipar y mitigar riesgos potenciales que podrían afectar la comercialización de los huevos. El uso de un sistema de información facilita la recopilación, organización y análisis de datos relevantes para este análisis.

Esto puede implicar el uso de software especializado en logística y gestión de la cadena de suministro.
Asimismo, un sistema de información permite la visualización de datos de manera clara y accesible, lo que facilita la interpretación de los resultados del análisis.

Se postula que el análisis estratégico de la cadena de suministro del huevo, junto con el desarrollo de un sistema de información, permitirá identificar y comprender las variables externas e internas que impactan la comercialización, lo que a su vez contribuirá a mejorar la eficiencia y la efectividad en la gestión de la cadena de suministro, así como a impulsar la competitividad y la sostenibilidad en el sector agrícola.

Modelo de encuesta

1. ¿Cuál es su rol en la producción o venta de huevos?
2. ¿Qué desafíos enfrenta actualmente en la venta o distribución de huevos?
3. ¿Qué factores externos cree que afectan más a la venta de huevos?
4. ¿Qué aspectos internos podrían mejorar en la cadena de suministro de huevos para garantizar la seguridad alimentaria?
5. ¿Qué características considera más importantes para asegurar la calidad y seguridad de los huevos que comercializa?
6. ¿Qué funciones le gustaría ver en un sistema de información para la cadena de suministro de huevos?
7. ¿Cómo cree que un sistema de información podría ayudar a mejorar la eficiencia en la gestión de los huevos?
8. ¿Qué herramientas tecnológicas le resultarían útiles para mejorar el proceso de selección y distribución de huevos?
9. ¿Qué beneficios cree que traería la implementación de un algoritmo para mejorar la clasificación y distribución de huevos?

2.6 Diseño

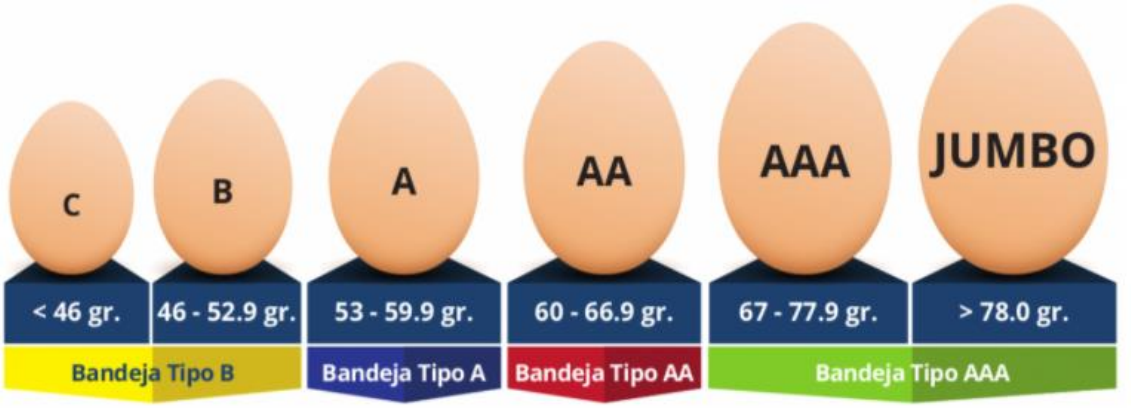


Figura 4. Fuente: ICONTEC, Norma técnica colombiana NTC1240

(Automated egg grading system using computer vision: Investigation on weight measure versus shape parameters. IOP Conference Series: Materials Science And Engineering, 342, 012003)

La clasificadora de huevos de la Granja Álamos asegura una clasificación eficiente y confiable de huevos por hora. Está equipada con parámetros de clasificación que la hacen adecuada para cualquier situación. Además, cuenta con compartimentos para depositar los huevos, facilitando el almacenamiento del producto



Figura 5. Fuente: foto tomada por nuestro equipo directamente en la Graja Álamos



Figura 6. Fuente: foto tomada por nuestro equipo directamente en la Graja Álamos

Actualmente, las Compañías están explorando formas de optimizar la intervención humana con sistemas automatizados para asegurar la eficacia de los procesos, debido a que dichos sistemas suelen ser más veloces y eficientes. Una tecnología innovadora en este campo es la visión artificial, que permite a dispositivos como computadoras capturar y analizar imágenes de escenas reales para obtener información que controle máquinas o procesos. Así, hoy en día, existen numerosas aplicaciones en áreas como la mecatronica, la vigilancia aérea, la manufactura, la medicina, la teledetección , la clasificación y selección automática de productos agrícolas y alimentarios, entre otros.

En este contexto, Python se ha convertido en el lenguaje de programación más popular entre los desarrolladores de aplicaciones de visión artificial, gracias a su amplia gama de herramientas y facilidad de uso. Python, un lenguaje de alto nivel con licencia de software libre, es conocido por su extensa biblioteca estándar y diversas herramientas integradas. Su claridad y simplicidad en la escritura de código lo hacen ideal para una variedad de proyectos, permitiendo realizar tareas comunes de manera eficiente sin necesidad de empezar desde cero. Además, Python cuenta con una vasta colección de bibliotecas, tipos de datos y funciones integradas que facilitan la implementación de aplicaciones de visión artificial. Un ejemplo destacado es OpenCV, la biblioteca líder en el desarrollo de proyectos de visión artificial.

El procesamiento de imágenes digitales se basa en la obtención del contorno del objeto. Para lograr este objetivo se realizan los siguientes pasos:

1. Adquirir las imágenes de bases de datos de formato libre. Por ejemplo, se ha utilizado un repositorio con más de 7000 imágenes de huevos de gallina de diferentes tamaños disponible en Kaggle.

(https://www.kaggle.com/datasets/gauravduttakiit/automated-egg-classification/data)

2. Convertir la imagen a escala de grises. En OpenCV, la función cvtColor permite convertir una imagen RGB a escala de grises, obteniendo así una imagen unidimensional que reduce la complejidad del procesamiento.

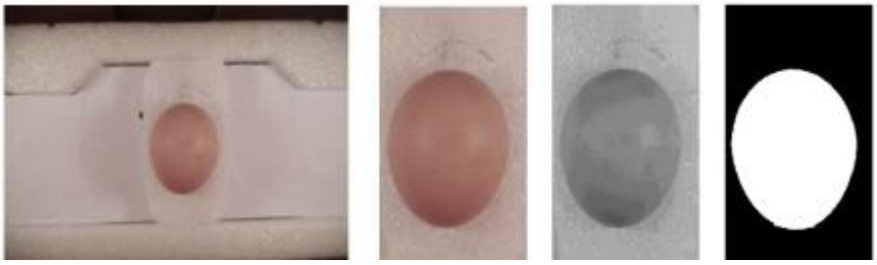


Figura 7 Fuente: (https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/342/1/012003/pdf)

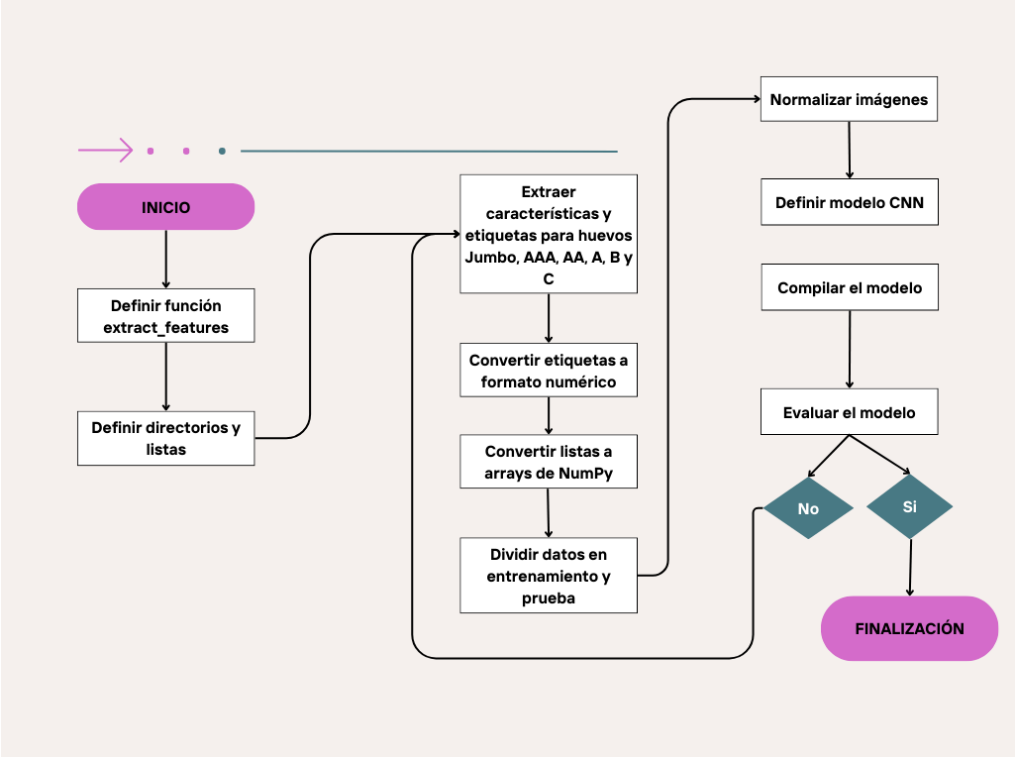
(Yang, X., Bist, R. B., Subedi, S., & Chai, L. (2023). A Computer Vision-Based Automatic System for Egg Grading and Defect Detection. Animals, 13(14), 2354)

3. Se alimenta a un modelo de aprendizaje automático con las imágenes procesadas y se predice el peso.

3 Capítulo 3

Desarrollo del proyecto

El objetivo del algoritmo matemático es aprovechar herramientas de inteligencia artificial, específicamente un modelo de Red Neuronal Convolucional (CNN), para automatizar la captura de características físicas de los huevos, en este caso, para predecir el peso la CNN se basa en la forma del huevo. Este enfoque se centra en mejorar los índices de calidad en los procesos de clasificación y distribución de huevos. Las CNNs son ideales para esta tarea debido a su capacidad para procesar datos de tipo grid, como imágenes, y son especialmente eficaces en la visión por computadora, incluyendo el proceso de etiquetado de imágenes y la



identificación de objetos. La decisión de utilizar una Red Neuronal se fundamenta en su capacidad para aprender automáticamente características relevantes de las imágenes durante el entrenamiento. Esto elimina la necesidad de diseñar manualmente un conjunto de características, como bordes, texturas o formas, ya que la CNN puede identificar y extraer estas características por sí misma. Esta capacidad de aprendizaje automático permite capturar patrones complejos y sutiles en los datos de imagen, como características específicas en la forma, el color o la textura de los huevos de gallina que pueden estar relacionadas con su calidad, pero que podrían ser difíciles de definir de antemano.

Figura 8.

3.1 Funcionamiento del código

1. Iteración sobre carpetas y procesamiento de imágenes: Itera sobre las carpetas que contienen imágenes de diferentes categorías de huevos (Jumbo, AAA, AA, A, B, C). Para cada imagen en cada carpeta, se construye la ruta de la imagen, se verifica si es un archivo de imagen (con extensión .jpg o .png), se extraen las características de la imagen utilizando la función extract_features, y se asigna una etiqueta correspondiente a la categoría del huevo. Además, se generan pesos simulados para las categorías AAA, AA, A, B y C dentro de rangos esperados.

```
21  #Categorias: Jumbo,AAA,AA,A,B,C
22
23  # Iterar sobre la carpeta huevos Jumbo
24
25  for image_file in os.listdir(jumbo):
26      image_path = os.path.join(jumbo, image_file)
27      if image_file.endswith(".jpg") or image_file.endswith(".png"):
28          features.append(extract_features(image_path))
29          labels.append("Jumbo")
30          weights.append(78.0) # Peso real de un huevo
31
```

2. Mapeo de etiquetas a valores numéricos: Después de asignar las etiquetas, se mapean estas etiquetas de texto a valores numéricos utilizando un diccionario label_map. Esto se hace para que las etiquetas puedan ser utilizadas como datos de entrada en el modelo de la red neuronal.

```
89  label_map = {"Jumbo": 0, "AAA": 1,"AA": 2, "A": 3,"B": 4, "C": 5}
90  labels = np.array([label_map[label] for label in labels])
```

3. Conversión de datos a matrices numpy y división de datos: Se convierten las listas de características, etiquetas y pesos en matrices numpy para su procesamiento eficiente. Luego, los datos se dividen en conjuntos de entrenamiento y prueba utilizando la función train_test_split.

```
92  # Convertir listas a matrices numpy
93  features = np.concatenate(features, axis=0)
94  labels = np.array(labels)
95  weights = np.array(weights)
96
97  # Dividir los datos en conjuntos de entrenamiento y prueba
98  X_train, X_test, y_train, y_test, w_train, w_test = train_test_split(features, labels, weights, test_size=0.2, random_state=42)
```

4. Normalización de imágenes y conversión de etiquetas a formato categórico: Las imágenes se normalizan dividiendo cada valor de píxel por 255.0 para asegurar que estén en el rango [0, 1]. Además, las etiquetas se convierten a formato categórico utilizando la función to categorical.

```
00  # Normalizar las imagenes
01  X_train = X_train / 255.0
02  X_test = X_test / 255.0
03
04  # Convertir etiquetas a formato categorico
05  y_train = to_categorical(y_train)
06  y_test = to_categorical(y_test)
```

5. Definición y entrenamiento del modelo de CNN: Se define la arquitectura del modelo de red neuronal convolucional (CNN) utilizando la biblioteca Keras.

```
107
108 # Definir la arquitectura de la CNN
109 model = Sequential()
110
111 model.add(Conv2D(32, (3, 3), activation='relu', input_shape=(100, 100, 1)))
112 model.add(MaxPooling2D((2, 2)))
113 model.add(Conv2D(64, (3, 3), activation='relu'))
114 model.add(MaxPooling2D((2, 2)))
115 model.add(Flatten())
116 model.add(Dense(128, activation='relu'))
117 model.add(Dropout(0.2))
118 model.add(Dense(1, activation='linear')) # Salida para la prediccion del peso
119
```

6. Evaluación del modelo: Se evalúa el rendimiento del modelo en los datos de prueba calculando la pérdida en el conjunto de prueba.

```
119
120  # Compilar el modelo
121  model.compile(loss='mse', optimizer='adam')
122
123  # Entrenar el modelo
124  model.fit(X_train, w_train, epochs=10, validation_data=(X_test, w_test))
125
126  # Evaluar el modelo
127  score = model.evaluate(X_test, w_test, verbose=0)
128  print('Test loss:', score)
```

1. Función de predicción de peso: Se define una función que toma la ruta de una imagen de huevo, extrae sus características, normaliza las características y utiliza el modelo entrenado para predecir el peso del huevo. Luego, la función asigna una categoría al peso predicho según los rangos de peso establecidos para cada categoría (Jumbo, AAA, AA, A, B, C). Finalmente, la función devuelve el peso predicho y la categoría correspondiente.

   La función de predicción de peso tarda en procesar y categorizar un total de 7000 imágenes en 2 minutos con 50 segundos

```
137
138  if predicted_weight >= 78.0:
139      predicted_category='Jumbo'
140  elif predicted_weight >=67.0 and predicted_weight <=77.9:
141      predicted_category='AAA'
142  elif predicted_weight >=60.0 and predicted_weight <=66.9:
143      predicted_category='AA'
144  elif predicted_weight >=53.0 and predicted_weight <=59.9:
145      predicted_category='A'
146  elif predicted_weight >=46.0 and predicted_weight <=52.9:
147      predicted_category='B'
148  elif predicted_weight <46:
149      predicted_category='C'
150
151  return predicted_weight, predicted_category
152
[5]  ✓ 2m 50.4s
Outputs are collapsed ···
```

3.2 Resultados

Después de hacer el entrenamiento del algoritmo se testearon 673 imágenes nuevamente obtenidas del repositorio (*https://www.kaggle.com/datasets/gauravduttakiit/automated-egg-classification/data)*
Estas 673 imágenes se procesaron en 1 minuto con 7 segundos

```python
results = []
test_dir = "C:/Users/dafev/OneDrive/Desktop/Prueba/test/Chicken2/"

for image_file in os.listdir(test_dir):
    if image_file.endswith(".png") or image_file.endswith(".jpg"):
        image_path = os.path.join(test_dir, image_file)
        prediction = predict_weight(image_path)
        results.append({
            "Nombre de la imagen": image_file,
            "Peso predicho (gramos)": prediction[0],
            "Categoria de huevo": prediction[1]
        })

df = pd.DataFrame(results)
```

✓ 1m 7.7s

Outputs are collapsed ...

Obteniendo la siguiente predicción de peso:

	Nombre de la imagen	Peso predicho (gramos)	Categoria de huevo
0	aug_0_109_eb391efa120645d090fc8b75eeb20bc0.png	66	AA
1	aug_0_133_0c9c7ca646124bff886224b3e5dd6c07.png	64	AA
2	aug_0_137_d3ac1bf5e9d540f4b6c44b106789ebf4.png	65	AA
3	aug_0_139_444dcb11640340f6a1b93ac9da015350.png	63	AA
4	aug_0_152_e16e6c4f52a448619a8f00a91df6d0cc.png	66	AA
...	...	...	...
668	aug_0_9959_13d67dec7d504ed8abd663b9d3301e2d.png	67	AAA
669	aug_0_9961_005a863711c04e8c85268bc616bfc302.png	64	AA
670	aug_0_9972_7be922c3c57043acbbce04eb2361395e.png	64	AA
671	aug_0_9977_c416afff69794e58b79e679a627d027a.png	63	AA
672	aug_0_9984_0d2f09d8864840b0b1e7a5a207703618.png	62	AA

673 rows × 3 columns

4 Conclusiones y recomendaciones

4.1 Conclusiones

Con el objetivo de mejorar la seguridad alimentaria en la cadena de suministro del huevo en los mercados agroindustriales mediante tecnologías emergentes, se ha desarrollado un algoritmo matemático basado en una Red Neuronal Convolucional (CNN) para la captura automática de formas del huevo, lo cual representa un avance significativo. Esta estrategia no solo busca automatizar los procesos en la cadena de suministro, sino también elevar los estándares de calidad al permitir una clasificación más precisa y eficiente de los huevos. El uso innovador de la inteligencia artificial, a través de la CNN, para predecir el peso del huevo basado en su forma, destaca como un enfoque novedoso para solucionar un problema específico en el ámbito de la seguridad alimentaria. Al eliminar la necesidad de seleccionar manualmente los huevos y permitir que el algoritmo identifique automáticamente patrones complejos en los datos de imagen (la forma), se establece un método eficaz y adaptable para evaluar el tamaño del huevo. Lograr los objetivos propuestos representa un avance considerable hacia la mejora de la seguridad alimentaria en la cadena de suministro del huevo, aprovechando tecnologías emergentes de manera innovadora para optimizar los procesos de clasificación y distribución. El desarrollo de un algoritmo matemático basado en CNN marca un paso significativo en la aplicación práctica de la inteligencia artificial en la industria agrícola, con el potencial de mejorar la eficiencia y la calidad de los productos alimenticios.

Además de los beneficios ya mencionados, la adopción de este algoritmo basado en redes neuronales convolucionales (CNN) para la captura automática de la forma del huevo puede ofrecer varias ventajas adicionales. Por ejemplo, puede reducir notablemente el tiempo y los costos relacionados con la inspección manual y la clasificación de los huevos. Al automatizar estos procesos, se disminuyen los errores humanos y se garantiza una consistencia en la calidad de los productos.

Otro punto relevante es la mejora en la trazabilidad. Al poder registrar y analizar datos precisos sobre cada huevo, como su peso, es posible un mejor seguimiento y gestión de la producción y distribución. Esto resulta fundamental en casos de problemas de seguridad alimentaria, ya que permite identificar y aislar rápidamente los lotes problemáticos.

Además, la incorporación de tecnologías emergentes como la CNN en la cadena de suministro del huevo puede impulsar la innovación y la adopción de otras tecnologías avanzadas en la industria agrícola. Por ejemplo, la integración con sistemas de Internet de las Cosas (IoT) podría facilitar el monitoreo en tiempo real de las condiciones de almacenamiento y transporte, asegurando que los huevos se mantengan en condiciones óptimas desde la granja hasta el consumidor.

Finalmente, este enfoque también puede tener un impacto positivo en la sostenibilidad. Al optimizar los procesos y reducir el desperdicio, se mejora la eficiencia general de la cadena de suministro, contribuyendo a un uso más responsable de los recursos y a una menor huella ambiental en la producción de huevos.

4.2 Recomendaciones

En el futuro, el proyecto se podría dirigir hacia nuevos objetivos, tales como:

- Exploración de otras aplicaciones de IA en la cadena de suministro avícola: Se recomienda investigar áreas adicionales donde la IA pueda mejorar la eficiencia operativa y la calidad en la cadena de suministro avícola, como la gestión de inventarios o la optimización de rutas de distribución.
- Investigación sobre nuevas técnicas de procesamiento de imágenes: Es aconsejable explorar otras técnicas de procesamiento de imágenes para la clasificación de huevos, como el aprendizaje por transferencia o el uso de redes neuronales recurrentes, para mejorar la precisión del modelo.
- Incorporación de datos adicionales para mejorar la precisión del modelo: Se sugiere considerar diversas fuentes de datos, como información sobre la alimentación de las gallinas o condiciones ambientales, para mejorar la precisión del modelo de IA en la clasificación de huevos.
- Incorporación de equipo de cámaras fotográficas para la captura de las dimensiones del huevo.
- Incorporación de cámaras térmicas para la detección de anomalías en el huevo.

- Desarrollo de una interfaz de usuario más avanzada: Se propone investigar y desarrollar una interfaz de usuario más avanzada e intuitiva que facilite la interacción con el sistema de información desarrollado.
- Evaluación del impacto económico y ambiental de la implementación del sistema: Es recomendable realizar un análisis del retorno de la inversión y del impacto ambiental de implementar el sistema de información en una escala mayor, considerando factores como la reducción de desperdicios y el uso eficiente de recursos.
- Estudio de factores socioeconómicos en la adopción de tecnologías de IA en la industria avícola: Se sugiere investigar cómo los factores socioeconómicos pueden influir en la adopción de tecnologías de IA en la industria avícola, proporcionando información valiosa para futuras implementaciones.
- Validación del modelo en diferentes contextos y regiones: Se recomienda validar el modelo desarrollado en diferentes contextos y regiones para asegurar su robustez y adaptabilidad en diversas condiciones.
- Investigación sobre nuevas herramientas y tecnologías emergentes: Es importante mantenerse al tanto de nuevas herramientas y tecnologías emergentes que puedan mejorar la eficiencia y precisión en la cadena de suministro avícola.
- Análisis de riesgos y consideraciones éticas: Se aconseja realizar un análisis detallado de los riesgos y consideraciones éticas asociados con la implementación de sistemas de IA en la industria avícola.
- Exploración de oportunidades de colaboración con expertos en otros campos: Se recomienda buscar colaboraciones con expertos en áreas relacionadas, como la medicina veterinaria o la ingeniería de alimentos, para enriquecer la investigación y obtener perspectivas adicionales sobre la aplicación de IA en la industria avícola.

Bibliografía

- Automated egg grading system using computer vision: Investigation on weight measure versus shape parameters. IOP Conference Series: Materials Science And Engineering, 342, 012003. Automated egg grading system using computer vision: Investigation on weight measure versus shape parameters - IOPscience

- Yang, X., Bist, R. B., Subedi, S., & Chai, L. (2023). A Computer Vision-Based Automatic System for Egg Grading and Defect Detection. Animals, 13(14), 2354. https://doi.org/10.3390/ani13142354

- *Find Open Datasets and Machine Learning Projects | Kaggle*. (s. f.). Find Open Datasets and Machine Learning Projects | Kaggle
- D.-W. Sun, "Computer vision—an objective, rapid and non-contact quality evaluation tool for the food industry," J. Food Eng., vol. 61, no. 1, pp. 1–2, Jan. 2004, doi: 10.1016/S0260- 47 8774(03)00182-1.

- La inteligencia artificial permitirá una avicultura más sostenible https://avinews.com/

- https://repositorio.utb.edu.co/bitstream/handle/20.500.12585/1840/0069814.pdf?sequence=1

- Barroeta, M. R. (2023, 14 febrero). MEFE y MEFI, herramientas para análisis estratégico. . https://www.linkedin.com/pulse/mefe-y-mefi-herramientas-para-an%C3%A1lisis-estrat%C3%A9gico-ruiz-barroeta/

- He, K., Zhang, X., Ren, S., & Sun, J. (2016). Aprendizaje profundo residual para reconocimiento de imágenes. *Actas de la Conferencia IEEE sobre Visión por Computadora y Reconocimiento de Patrones (CVPR)*, 770-778. IEEE Xplore

- Gestión de la cadena de suministro en la industria alimentariaCadena de suministro de alimentos | SafetyCulture

- Innovaciones tecnologicas en la industria Avicola Innovaciones tecnológicas en la industria avícola (poultrylife.com)

- González, B. (2020). Estrategias DOFA para Compañías de alimentos y bebidas. Editorial Y.
- Pérez, C. (2019). Implementación de la matriz DOFA en el sector alimentario: Casos de estudio. Editorial Z.
- Hernández, D. (2021). Aplicación de la matriz DOFA en la gestión estratégica de Compañías alimentarias. Editorial W.
- González, A., [et al.]. (2023). Revista de Investigación en Tecnologías de la Información, 10(2), 100-115.
- Pérez, J., & Ramírez, M. (2021). Journal of Business Continuity, 5(3), 220-235.
- Sánchez, L., [et al.]. (2022). International Journal of Information Security, 8(1), 45-62.
- García, R., & López, A. (2020). Journal of User Experience, 15(4), 300-315.

- Hernández, D., [et al.]. (2023). Journal of Adaptive Systems, 12(1), 80-95.