

PROYECTO SELECCIONADOR DE HUEVOS: Clasificación Por Peso y Tamaño

Joaquin Alvaro Collazos Masagualli
joaquin.collazos@correounivalle.edu.co

Andres Felipe Montoya Baena
andres.baena@correounivalle.edu.co

Jhonatan Hernandez Ramirez
jonatan.hernandez.ramirez@correounivalle.edu.co

Mayra Alejandra Artunduaga Ramirez
mayra.artunduaga@correounivalle.edu.com

Universidad del Valle

Resumen— El proyecto integrador se desarrolla con el objetivo de construir y diseñar un sistema de clasificación de huevos donde no solo se busca adquirir conocimiento técnicos en base al proyecto si no también el de poder adquirir habilidades para el manejo de diferentes componentes electrónicos y la capacidad de poner en práctica diferentes habilidades que se han consolidado a través del proceso de varios proyectos, esto a su vez le permitirá al estudiante el poder generar una autonomía en su aprendizaje con el cual podrá desarrollar sus propios proyectos. Este proyecto será desarrollado por los estudiantes de la formación Tecnología en Electrónica Industrial, los cuales contarán con todas las herramientas necesarias para desarrollar el proyecto integrado.

El método para la elaboración iniciales de los bocetos y diseños del robot serán teóricos a través de consultas de información previamente realizadas y verificadas por documentación acreditada para un mayor concepto y validez sobre cómo desarrollar el proyecto, además de esto se realizará de manera práctica la implementación de los diferentes circuitos, y el montaje para su ejecución previa

Palabras clave — Proyecto integrador, autonomía, implementación

Abstract— The integrated project is developed with the

objective of building and designing an egg classification system where not only is it sought to acquire technical knowledge based on the project but also to be able to acquire skills for the management of different electronic components and the ability to put into practice different skills that have been consolidated through the process of various projects, this in turn will allow the student to be able to generate autonomy in their learning with which they will be able to develop their own projects. This project will be developed by students of the Industrial Electronics Technology training, who will have all the necessary tools to develop the integrated project.

The method for the initial elaboration of the sketches and designs of the robot will be theoretical through information consultations previously carried out and verified by accredited documentation for a greater concept and validity on how to develop the project, in addition to this, the implementation of the different circuits will be carried out in a practical way, and the assembly for its prior execution.

Index Terms—Integrated project, autonomy, implementation.

I. INTRODUCCIÓN

En el proyecto integrador se desarrolla un sistema de clasificación de huevos. Su funcionalidad se llevará a cabo principalmente con la implementación del sistema que efectúa una adecuada secuencia en la que se especifica por el peso de huevo. el proyecto

integrado se planteara con fines educativos y de aprendizaje, para poder adquirir conocimientos y habilidades de componentes electrónicos involucrados en este proceso que se necesitaran para su correcto funcionamiento mientras al mismo tiempo se desarrollará y fortalecerá las capacidades del estudiante en formación, como lo es en la creatividad y autonomía para desarrollar diferentes montajes que permitirá poder realizar actividades específicas y brindarle la capacidad de desempeñarse en el ámbito laboral.

Inicialmente se trabajarán las diferentes consultas que se realizaron con el fin de poder tener mayor claridad de cómo se debe desarrollar el proyecto o al menos el manejo de ciertos conceptos necesarios, del mismo modo se plantean las matrices de decisión que tendrá implementada la planta de emergencia para poder seguir una serie de instrucciones para poder cumplir sus objetivos. Se plantean los requisitos necesarios para una funcionalidad óptima. Posteriormente se desarrollará los bocetos del diseño que se plantean inicialmente para el desarrollo inicial, junto con la descripción y el debido funcionamiento que deberá cumplir; dichos bocetos se basaran en el ingenio de los estudiantes a la distribución de los materiales electrónicos y con características físicas y/o de programación, en el siguiente punto se establecerán los diagramas de bloques del sistema, que determinarán de una manera más precisa y sencilla los procesos que realizará en su funcionamiento. Luego se presenta la información del presupuesto estimado que se utilizará en el desarrollo del proyecto, en adición a esto se plantea la metodología que se implementará para el diseño y fabricación en los conceptos estéticos y funcionales, para el siguiente punto se trabajará la planeación del tiempo de desarrollo de cada uno de los pasos a seguir para el desarrollo del proyecto integrado juntos con los informes escritos posteriores, con el objetivo de organizar las prioridades y tener mayor control sobre el tiempo que estas requieren todo esto con ayuda de las metodologías de diseño existentes para una correcta ejecución de cada paso que requiere el éxito del proyecto.

Finalmente se plantean las conclusiones del proyecto, dando con esto un análisis a los resultados y conocimientos adquiridos al desarrollar este preinforme, junto a las referencias utilizadas.

II. OBJETIVO GENERAL

Desarrollar un sistema de clasificación de huevos basado en su peso, optimizando la precisión del proceso y considerando factores clave como la presencia de suciedad, grietas y otras características relevantes que influyan en la calidad del producto.

III. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Implementar un sistema que clasifique los huevos por su peso, buscando que sea lo más preciso posible.
- Integrar sensores y cámaras, para asegurarse de que solo se clasifiquen los huevos en buen estado y no se combinen con los huevos que presentan grietas.
- Desarrollar un método de suciedad en los huevos, para que el proceso de selección sea más eficiente y garantice productos de mejor calidad.
- Unificar en un solo sistema la evaluación del peso, suciedad y grietas, para que la clasificación sea rápida y precisa.
- Realizar pruebas continuas y ajustes en el sistema de clasificación según los resultados obtenidos, mejorando su precisión y eficiencia continuamente.

IV. MARCO TEÓRICO

En la investigación y consultas realizadas por diferentes medios enfocados principalmente en webgrafías, blogs y demás fuentes de información virtuales y académicas, se adquirieron conocimientos como los materiales y componentes electrónicos que serán necesarios para la elaboración del sistema, una de las maneras utilizadas fue la consulta de diferentes fuentes de información para conseguir una mejor idea sobre los diferentes diseños que hay, siendo algunos diseños sobre la implementación de componentes para el desarrollo del sistema que permitirá abarcar diferentes conceptos y lograr desarrollar para cumplir con conceptos de funcionalidad y estética de una manera eficaz, como lo puede ser la implementación de los sistemas de control para la correcta secuencia como

un PLC para el envío de la señal para la perturbación por ejemplo, herramientas digitales como las interfaces gráficas para proyectar los datos y monitorear el conteo de los huevos teniendo un control más óptimo por ende otros componentes son importantes y cada uno cumplen el mismo objetivo. Hay diferentes fuentes de información, algunas son más completas que otras, pero se utilizarán cada una de ellas para poder tener una idea más clara al desarrollar el sistema. Los diferentes conceptos y conocimientos necesarios para el desarrollo del sistema describirán a continuación:

1. Producción avícola en Colombia

La producción avícola engloba la crianza y aprovechamiento de aves, en particular pollos y gallinas. El principal objetivo de esta industria es la obtención de productos altamente demandados, como carne y huevos. En este contexto, es crucial resaltar la importancia y el impacto significativo que tiene la producción de huevos en la economía y el bienestar nacional. (FENAVI, 2023).

La producción de huevos representa una parte fundamental de la industria avícola colombiana. Dicha producción no solo abastece el mercado interno, sino que también contribuye significativamente a la exportación de productos avícolas, lo que ha permitido que Colombia haya logrado convertirse en un líder en la producción de huevos en América Latina, donde ha desempeñado un crecimiento tanto en producción como en su consumo per cápita (news, 2022).

El exministro de Agricultura y Desarrollo Rural de Colombia, Rodolfo Zea Navarro, destaca que Colombia es uno de los principales productores de huevos en América Latina. En el año 2021, en el año del estallido social, se logró una producción récord de más de 17.000 millones de unidades (Figura 1), lo que representó un impresionante crecimiento del 4% con respecto a 2020. (news, 2022), teniendo en cuenta que durante este momento se presentaron bloqueos en las vías y otros problemas logísticos por esta razón en algunas zonas se presentaron pérdidas de las ventas de otros productos avícolas como huevo y carne sin embargo el sector logró mantenerse operativo sin tener pérdidas

significativas. [19][20]

Este crecimiento continuo se refleja aún más en las cifras proporcionadas por la Federación Nacional de Avicultores de Colombia (FENAVI, 2023) para el año 2022, donde se produjeron un total de 4.160,18 millones de unidades de huevos durante los primeros tres meses. Estos datos indican una producción estable y en constante expansión en la industria avícola colombiana.

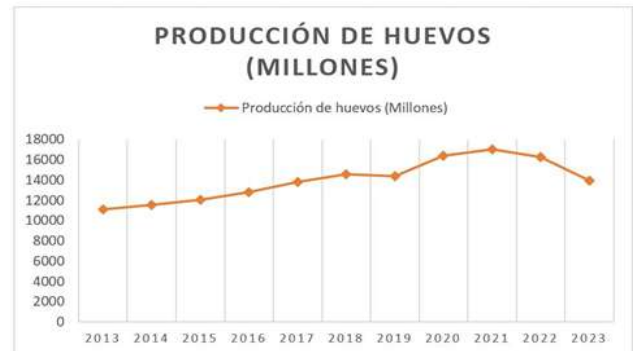


Figura 1. Producción avícola en Colombia en los últimos años. (Fenavi).[6]

Este éxito en la producción de huevos ha llevado a un consumo per cápita históricamente alto en Colombia, alcanzando las 325 unidades por habitante al año en 2020, en comparación con las 292 unidades registradas en el año anterior. Durante el período de la pandemia, hubo un aumento en el consumo de huevos per cápita pasando de 292 antes de pandemia a los 334 después de pandemia lo que representa un aumento de 42 unidades por persona (Figura 2), lo que subraya la importancia de este alimento en la dieta nacional. (FENAVI, 2023)

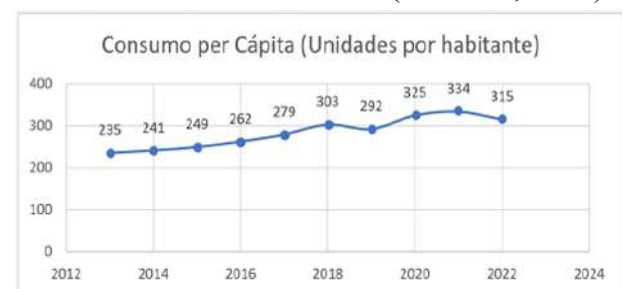


Figura 2. Consumo per cápita de huevos en Colombia en los últimos 10 años (FENAVI).[6]

Dentro del panorama de la producción avícola en Colombia, el departamento de Santander emerge como un punto destacado. En esta región,

aproximadamente el 25% de la producción avícola del país encuentra su hogar, y este porcentaje se concentra en nueve municipios estratégicos los cuales son: Lebrija, Piedecuesta, Girón, Los Santos, Barrancabermeja, Floridablanca, Rionegro, Sabana de Torres y Zapatoca. Estos municipios han desempeñado un papel crucial en el crecimiento sostenido de la industria avícola a nivel nacional (news, 2022).

El valor de la producción avícola anual en Santander es verdaderamente significativo, alcanzando la impresionante cifra de \$4,13 billones. Es importante destacar que esta cifra no incluye los costos relacionados con la infraestructura y la mano de obra, lo que resalta aún más la relevancia económica de la industria avícola en esta región (news, 2022).

El floreciente panorama de la producción avícola en Colombia, con un énfasis especial en el auge de la producción de huevos y el papel fundamental de Santander en este éxito, no solo es una historia de prosperidad económica, sino también una fuente de inspiración. El continuo aumento en la demanda y consumo de productos avícolas ha generado un interés creciente entre los campesinos y agricultores locales en tener su granja avícola certificada (El sitio avícola, 2021).

Este éxito ha servido como un modelo a seguir para aquellos que buscan diversificar sus actividades agrícolas y contribuir al desarrollo de sus comunidades. Cada vez más campesinos han comenzado a explorar la posibilidad de convertirse en productores avícolas, lo que no solo enriquece la industria, sino que también fortalece la economía rural y promueve la seguridad alimentaria a nivel local (FENAVI, 2023).

2. Caracterización de Productores avícolas en la Producción de Huevos

Para comprender mejor el proceso de producción de huevos y su importancia en la industria avícola, es esencial definir el papel que cumple un productor avícola dentro de esta industria. Un avicultor es una persona natural o jurídica que tiene predios destinados comercialmente a la crianza, cuidado y gestión de aves obteniendo así un beneficio económico al vender su producción de huevos.

Esta actividad económica y comercial es vigilada y

regulada por el instituto Colombiano Agropecuario (ICA) donde se establece una vigilancia y reconocimiento de productor avícola a aquellas granjas que cumplen con una capacidad mayor o igual a 200 aves (Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), 2015).

Los avicultores enfocados en la producción de huevos están comprendidos desde los productores que tienen más de 200 aves, hasta grandes empresas productoras que pueden llegar a tener un número de ejemplares superior a las 50 mil.

3. Proceso de Producción de Huevos

El proceso de producción de huevos contiene una serie de pasos que los productores avícolas siguen minuciosamente:

a) Selección y adquisición de aves o pollitas: Los productores eligen las aves adecuadas, ya sean gallinas ponedoras o razas especializadas en la producción de huevos, y adquieren aves jóvenes o pollitas para iniciar el ciclo de producción.

b) Crianza y cuidado de las aves: Durante esta fase, se brinda atención especializada a las aves, incluyendo alimentación balanceada, acceso a agua limpia, atención veterinaria y condiciones de alojamiento adecuadas.

c) Inicio de la postura: Cuando las aves alcanzan la madurez, comienzan a poner huevos. Los productores monitorean cuidadosamente la producción diaria de huevos.

d) Recolección y almacenamiento de huevos: Los huevos recién puestos se recolectan y almacenan en condiciones apropiadas para mantener su frescura y calidad.

e) Clasificación y empaque: Los huevos se clasifican por tamaño y calidad antes de ser empaquetados para su distribución.

4. Costos de Producción de Huevos.

El valor del producto final (Huevo) se establece con las variables: costos de producción, fuerzas del mercado (oferta y demanda), número de intermediarios que participan en las cadenas de distribución y costos de comercialización.

El hecho de que el país importe los insumos como lo son la pasta de soya y maíz amarillo en un marco de un constante proceso devaluatorio eleva los costos

de producción por alimentación y de esa manera incrementa los costos de producción de bienes avícolas, afectando las ganancias de los productores del sector.

Para este marco de referencia agroeconómico, la producción comercial de huevos a pequeña escala comienza con la compra de las pollitas (gallinas reproductoras) de 17 semanas de edad, momento en el que inician su etapa productiva (postura). La producción por gallina es de un (1) huevo diario por un periodo de 52 semanas, en condiciones normales. Al finalizar este periodo las gallinas se venden, para dar paso a un nuevo lote de reproductoras y así empezar un nuevo ciclo.

5. Normativa de clasificación de huevos en Colombia

La norma NTC 1240, desarrollada por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC), desempeña un papel fundamental en la estandarización y regulación de la clasificación de huevos en Colombia. Esta norma establece criterios precisos y procedimientos para la clasificación de huevos en términos de peso, tamaño y calidad, lo que garantiza la uniformidad y calidad de los productos avícolas en el país. En la Imagen 1, se resumen los estándares y categorías definidos por esta normativa, proporcionando una guía esencial para productores, distribuidores y consumidores de huevos en Colombia.

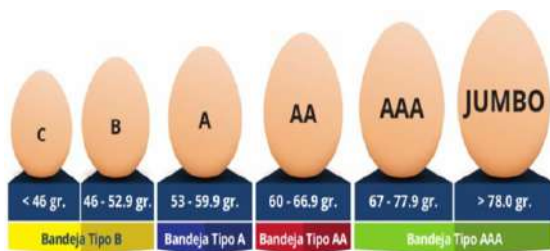


Figura 3. Clasificación de Huevos por peso en Colombia.[7][6]

6. Necesidad de herramientas de apoyo para la Clasificación de Huevos

Dentro del proceso de producción de huevos, la clasificación es una etapa crítica, ya que a partir de dicha separación se establece el costo de venta de cada cartón de huevos que, al hacerse de forma errónea, afectaría directamente los ingresos

económicos y la confiabilidad del productor avícola. Normalmente los pequeños productores avícolas realizan este proceso de manera manual, donde con la ayuda de un peso digital (Imagen 2) o mecánica (Imagen 3) logran conocer la clasificación correspondiente de cada huevo de forma manual y uno por uno; este proceso es funcional, sin embargo, las máquinas de clasificación de huevos pueden ayudar a los productores a automatizar este proceso, asegurando una clasificación más veloz y precisa por peso. Esto es esencial para mantener la eficiencia y la competitividad en el mercado.



Figura 4. Pesa digital.[8]



Figura 5. Balanza mecánica.[8]

7. Métodos de clasificación de huevos por peso

La clasificación de huevos por peso es una fase crítica en la industria avícola que permite categorizar los huevos según su peso, asegurando que los productos cumplan con los estándares de calidad y requisitos del mercado. La precisión en la

clasificación es esencial para satisfacer la demanda de consumidores y garantizar la uniformidad de los productos finales. En este apartado, se explorarán en detalle varios métodos utilizados para llevar a cabo la clasificación de huevos por peso. Cada método abordará una descripción detallada del proceso acompañada de referencias a productos existentes en la industria.

8. Método manual

El método de clasificación manual es una de las técnicas más tradicionales utilizadas por los productores avícolas para categorizar los huevos en función de su peso. Aunque es menos eficiente que otros métodos modernos, sigue siendo relevante en ciertos contextos y para productores de menor escala que apenas están incursionando en esta industria. En este método, los huevos se recogen y se pesan uno por uno. Un trabajador avícola toma cada huevo y lo ubica en una balanza de resorte o una báscula digital. Luego, registra el peso del huevo y lo clasifica en una categoría específica según los resultados obtenidos. En la (Imagen 4) se muestra dicho proceso.



Figura 6. pesado manual de los huevos. [9]

9. Método de contrapeso

El método de contrapeso tiene un enfoque automatizado en contraste al método manual y se utiliza ampliamente en la mediana y grande industria avícola para clasificar los huevos de manera eficaz y precisa (Yemita, 2023).

En el método de contrapeso mecánico, los huevos se transportan en una cinta transportadora o bandeja de alimentación y caen individualmente sobre una plataforma giratoria de pesaje. Esta plataforma está

diseñada con múltiples brazos pivotantes con su correspondiente contrapeso ajustable. Cuando un huevo se ubica en un brazo de la plataforma, este se desequilibra debido al peso del huevo provocando que el huevo se posicione en la bandeja de salida correspondiente a su rango de peso, posteriormente el brazo se mueve para restablecer el equilibrio y poder recibir una nueva unidad a clasificar. El contrapeso se ajusta previamente según los estándares de peso deseados para cada categoría.



Figura 7. Clasificación mecánica de huevos. (Yemita)[10]

10. Método de visión artificial

Un sistema de visión artificial es un conjunto de componentes cuidadosamente integrados con el objetivo de extraer información de imágenes bidimensionales, como las imágenes de los huevos a clasificar (Imagen 6). Este sistema utiliza un computador equipado con algoritmos desarrollados específicamente para reconocer, analizar y comprender la escena, en este caso, la disposición de los huevos en una cinta transportadora. El procesamiento de imágenes realizado por el sistema de visión artificial permite extraer información crucial para la clasificación precisa de los huevos como lo es su tamaño en función de parámetros como el peso.

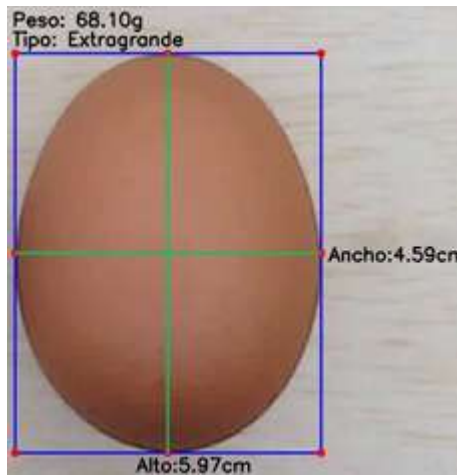


Figura 8. Cálculo del peso de un huevo por visión artificial.[11]

11. Método electrónico

Este método de clasificación se basa en el uso de celdas de carga, que son dispositivos electrónicos diseñados específicamente para medir el peso de objetos. En el contexto de la clasificación de huevos, estas celdas de carga se integran en una plataforma donde se colocan los huevos. Estos sensores de carga registran y procesan la información relacionada con el peso de los huevos, permitiendo su clasificación según su categoría de peso correspondiente. Posteriormente, los huevos categorizados se separan mediante diversos mecanismos como se muestra en la (Imagen 7). Este sistema proporciona una solución automatizada altamente precisa y confiable para determinar el peso de los huevos.

12. Clasificadoras de huevos existentes en el mercado

–Yemita La máquina:

Yemita es un ejemplo concreto de un dispositivo de clasificación de huevos por contrapeso mecánico ampliamente utilizado en la industria avícola. Esta máquina es apreciada por su robustez, fiabilidad y velocidad en la clasificación de huevos en categorías de peso específicas.

Características de la máquina:

- La máquina se encuentra fabricada con piezas de aluminio, hierro y fibra de vidrio.

- Capacidad de clasificación: 3600 huevos/hora
- Separa el huevo en 4 o 5 diferentes pesos.
- Calibración por contrapesos fácilmente REGULABLES (según sus necesidades comerciales).
- Cuenta con un motor eléctrico de 1/6 HP* Funciona con electricidad 220v. Peso total de la máquina 55 kg
- Patas de la máquina desmontables.
-



Figura 9. Clasificadora de Huevos Yemita 4 categorías.[2][10]

— Clasificadora de huevos Mobanette 3

La Mobanette 3, una máquina clasificadora de huevos mecánica (ver Imagen 9), ha sido especialmente diseñada para su implementación en granjas de pequeña escala. Destaca por su facilidad de uso, eficiencia y calidad, además de requerir un mantenimiento mínimo y presentar un consumo de energía extremadamente reducido.

Características de la máquina:

- Capacidad de clasificación de 1.600 huevos/h.
- Mesa de empaquetado para 4 tipos de huevos, con unidades que son fáciles de ajustar.
- Precisión de pesaje de las unidades de ± 1 gramo.
- Peso de 20.6 Kg



Figura 10. Clasificadora de Huevos MOBANETTE 3 de 4 categorías [12]

— Avinstrumentos CLAV-1800

La clasificadora de huevos con canal de alimentación manual destaca por su capacidad de seleccionar hasta 1800 huevos por hora y clasificarlos en 6 grupos o categorías distintas, lo que agiliza significativamente el proceso de clasificación y empaque.

Además de su eficiencia, su diseño compacto y su peso ligero la convierten en un equipo sumamente versátil que se puede colocar fácilmente sobre cualquier mesa o superficie plana. Esto permite una integración sencilla en el entorno de trabajo de una granja de huevos, facilitando su acceso y uso por parte del personal encargado de la clasificación de los huevos. En la Imagen 10, se muestra un ejemplar del producto.

Características de la máquina:

- Velocidad de 1800 Huevos por hora
- 6 clasificaciones
- Funcionamiento mecánico a 110V
- Peso 42 Kg



Figura 11. Clasificadora de Huevos CLAV-1800 de categorías [13]

V. REQUISITOS DEL SISTEMA

El Modelo 1: Yemita la máquina

Es ideal porque es un modelo fácil de diseñar y realizar algunas mejoras que requiera la máquina, es compacta, eficiente energéticamente, Además, no requiere de un presupuesto muy elevado, lo que lo hace adecuado para operaciones prolongadas con baja intervención técnica. Contiene una serie de requisitos específicos para su correcto funcionamiento, tanto en términos de hardware, software, operativos, como ambientales y de seguridad.

1. Requisitos de Hardware:

Espacio físico: La máquina, siendo de tamaño compacto, requiere un espacio de trabajo reducido y una superficie estable donde pueda instalarse sin interferencias. Este espacio debe permitir el libre acceso para su operación y mantenimiento.

Alimentación eléctrica:

Voltaje y corriente: Se necesita una fuente de alimentación eléctrica estable que cumpla con los requisitos de la máquina, generalmente en el rango de 110-240 VAC. Un estabilizador de voltaje puede ser necesario para evitar variaciones que afecten el rendimiento de los componentes.

Materiales eléctricos: Cables de alimentación adecuados que cumplan con las normas de seguridad y certificaciones requeridas.

Sensores ópticos y mecánicos:

Sensores ópticos: La máquina está equipada con sensores ópticos de alta precisión, los cuales necesitan protección contra el polvo y la suciedad para evitar que se alteren sus lecturas. Se recomienda el uso de cubiertas de protección de cristal o vidrio templado para proteger estos sensores de la contaminación ambiental.

Sensores mecánicos: El sistema mecánico incluye piezas móviles que deben ser fabricadas con materiales de alta durabilidad, como acero inoxidable o aluminio, para asegurar su longevidad y

precisión. Los rodamientos y engranajes utilizados deben ser de alta calidad y requerir poco mantenimiento.

Componentes de montaje: Se necesitarán tornillos y soportes resistentes para asegurar las piezas mecánicas y ópticas en su lugar. Los materiales de fijación, como acero tratado o aleaciones anticorrosivas, son ideales para garantizar durabilidad.

Dispositivos auxiliares:

Calibradores ópticos: Instrumentos necesarios para verificar la precisión de los sensores ópticos, ajustando sus lecturas según sea necesario.

Lubricantes: Para las piezas móviles de los sensores mecánicos, se requerirá un lubricante de baja fricción adecuado para asegurar un movimiento suave y prolongar la vida útil de las partes mecánicas.

Equipos de limpieza: Paños y limpiadores especializados para la limpieza periódica de los sensores ópticos y mecánicos, previniendo la acumulación de polvo o suciedad.

Interfaz de control y conectividad:

Pantalla de control: Si el modelo cuenta con una pantalla LCD o de otro tipo para el manejo y monitoreo de parámetros, se requerirá un módulo de visualización compatible.

Cables de datos: Si la máquina necesita conectarse a un sistema informático o de red, serán necesarios cables de datos adecuados (por ejemplo, USB o RS-232) para transmitir la información y controlar las operaciones.

Microcontrolador: Si es necesario un sistema de procesamiento integrado, como un microcontrolador o PLC (Controlador Lógico Programable), se debe especificar el modelo y la compatibilidad con los sensores y actuadores.

Sistemas de protección eléctrica:

Estabilizadores de voltaje:

Recomendados para proteger los circuitos de posibles fluctuaciones eléctricas que puedan dañar los componentes internos.

Componentes estructurales:

Carcasa protectora: El equipo debe estar protegido por una carcasa hecha de materiales resistentes como plástico, que garantice la seguridad de los componentes internos frente a golpes o el desgaste ambiental.

Base y estructura de soporte: La base debe ser firme, para garantizar la estabilidad de la máquina durante su operación. Si es necesario, amortiguadores de goma pueden utilizarse para reducir vibraciones.

2. Requisitos de Software:

Sistema de control: El software asociado con la máquina debe ser compatible con el hardware utilizado en la operación diaria. La interfaz de usuario debe ser intuitiva, permitiendo la configuración de parámetros y el monitoreo de las operaciones sin la necesidad de formación técnica avanzada.

Actualizaciones y compatibilidad: Si se requiere conectividad con otros sistemas de control o monitoreo, el software debe ser compatible y ofrecer opciones de actualización según las necesidades operativas futuras.

3. Requisitos Operativos:

Capacitación del personal: Aunque la máquina tiene una facilidad de uso alta, el personal debe recibir una capacitación básica en su manejo. Esto incluye la operación de los controles, interpretación de los datos generados, y la ejecución de las rutinas de mantenimiento preventivo.

Manual de operación: Es imprescindible contar con un manual de usuario que detalle las instrucciones de uso, las precauciones de seguridad,

y los procedimientos de mantenimiento para asegurar la operatividad a largo plazo.

Frecuencia de mantenimiento: A pesar de requerir bajo mantenimiento, la máquina necesita chequeos periódicos en los sensores ópticos y mecánicos, asegurándose de que estos estén limpios y funcionando correctamente. Las intervenciones técnicas serán mínimas, lo que permite maximizar el tiempo de operación.

4. Requisitos Ambientales:

Condiciones ambientales: Para un funcionamiento óptimo de los sensores ópticos, se requiere un ambiente libre de polvo y con buena ventilación. Además, es importante que la máquina opere en un rango de temperatura controlada, evitando exposiciones a temperaturas extremas que puedan afectar su rendimiento.

Ruido: Si bien el nivel de ruido es mínimo debido a su tecnología de sensores, es necesario verificar que el entorno de trabajo esté adaptado para evitar que el ruido de otras máquinas interfiera con la operación.

5. Requisitos de Soporte Técnico:

Acceso a soporte técnico: Dado que el soporte técnico del Modelo 1 es excelente, es fundamental tener un canal de comunicación directo con el proveedor o fabricante para resolver cualquier problema de manera rápida y efectiva.

Disponibilidad de piezas de repuesto: Asegurarse de que los componentes críticos, como los sensores ópticos y mecánicos, estén disponibles en caso de que sea necesario su reemplazo. Esto garantiza que la máquina no sufra largos períodos de inactividad.

6. Requisitos de Seguridad:

Protección de la máquina: La máquina debe estar protegida contra sobrecargas eléctricas o condiciones ambientales adversas que puedan reducir su vida útil o afectar su precisión. Además, es recomendable utilizar estabilizadores de voltaje o

sistemas de protección contra cortes de energía.

VI. DESCRIPCIÓN DE PROTOTIPO Y FUNCIONAMIENTO

1. Detección de suciedad y grietas : Principalmente para el funcionamiento de la máquina en su fase inicial contará con un sistema de detección de suciedad y grietas para poder clasificar aparte los huevos que están en buen estado por su peso y separar los huevos que están en un mal estado ya que estos podrían entrar a clasificar dentro de los normales lo que afectaría la salud de los consumidores al no haber una clasificación segura por eso es importante implementar una detección de suciedad y grietas la cual se tiene pensada hacer con una detección digital a través de la programación en programas como python para poder medir sus dimensiones y a la vez poder a través de técnicas de color detectar la suciedad ya que por ejemplo si el huevo es blanco es más fácil detectar este tipo de anomalías puesto a que las grietas se ven de color negro por lo que en el sistema de grafana con una Raspberry-Pi es mucho más sencillo clasificarlo como grieta y a la vez la suciedad también entra en esta parte.

Por el otro lado es importante indicar qué se debe desarrollar un sistema que pueda separar los objetos que no son directamente como un huevo si no que tenga la capacidad de poder ignorar objetos ajenos o que no tengan una forma parecida al huevo teniendo en cuenta los parámetros previamente menciona

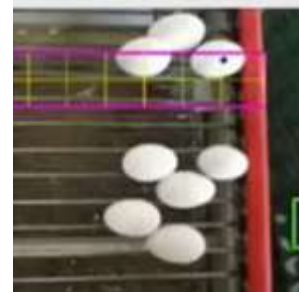


Figura 12. Sistema de detección por conteo y características físicas del huevo[1][2]



Figura 13. Sistema de detección de suciedad y grietas propiamente elaborado

En esta imagen se escribe un programa sencillo que es capaz de detectar suciedad y grietas las grietas al ser pequeñas aberturas éstas se pueden observar como espacios oscuros que el sistema puede detectar también como suciedad lo cual facilita su clasificación

2. Banda transportadora El sistema de transporte se desarrollará con el objetivo de que los huevos cuenten con un sistema seguro en el cual puedan ser transportados hasta el sistema de detección previamente mencionado y su posterior clasificación, esta banda transportadora va a contar con motores sencillos que no requieren mucho gasto y un montaje estratégico para que los huevos de forma segura no sufran ningún daño, esta banda contará con materiales como madera, plástico y motores dinamos y en el caso de alternativa con motores DC ya que son sencillos de manejar a través de un puente h a el cual se le puede regular las velocidades que estos alcancen para tener una banda transportadora que haga su función de manera controlada



Figura 14. Clasificadora de Huevos CLAV-1800 de categorías[17]

3. Sistema de clasificación :

El sistema de clasificación de los huevos contará con servomotores los cuales estarán adaptados de tal manera que puedan clasificar los huevos en cada cajón por otro lado los servomotores recibirán la señal de lo que el sensado de peso haya medido, con esto la ESP-32 cam va a tener unos parámetros configurados de rangos de peso y con ello le mandará la señal a cada servo motor de modo que la palanca se mueva o no para empujar el huevo hacia su respectivo cajón, esto va a tener una configuración física estratégica de tal manera que se hagan pruebas y se miden los grados en los cuales es óptimo para que el huevo vaya a la dirección deseada.



Figura 15. Imagen de ejemplo de clasificación [16]

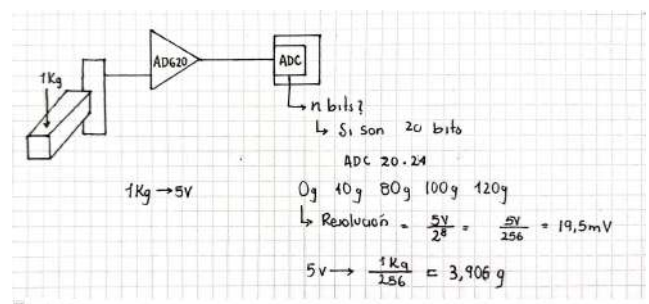


Figura 16. Plano que describe los procesos de peso y amplificación y conversión de la señal

En esta imagen se escribe el proceso del pesado la amplificación y luego esa señal que va hacia un conversor que va a permitir poder leer el peso de

forma más adecuada es importante entender qué número de bits para el sistema microcontrolador debe ser importante ya que los bits dice la capacidad que tiene el microprocesador para leer cierto límite de peso cómo se escribe la imagen



Figura 17. Imagen de ejemplo para la base [1][3]

1. Estabilidad de la base para evitar quiebres:

La estabilidad para la base en estos sistemas de clasificación es sumamente importante ya que los huevos al ser objetos frágiles y al sufrir impactos leves pueden tener grietas que afectan al sistema de clasificación y en sí , a la máquina por esto la base se tiene pensada con un material antideslizante y con un poco inclinación de tal manera que por la acción de inercia los huevos no tengan suficiente velocidad para que estos se quiebren tal como se ve en los modelos de yemita.

En esta imagen se escribe el proceso del pesado la amplificación y luego esa señal que va hacia un conversor qué va a permitir poder leer el peso de forma más adecuada es importante entender qué número de bits para el sistema microcontrolador debe ser importante ya que los bits dice la capacidad que tiene el microprocesador para leer cierto límite de peso cómo se escribe la imagen

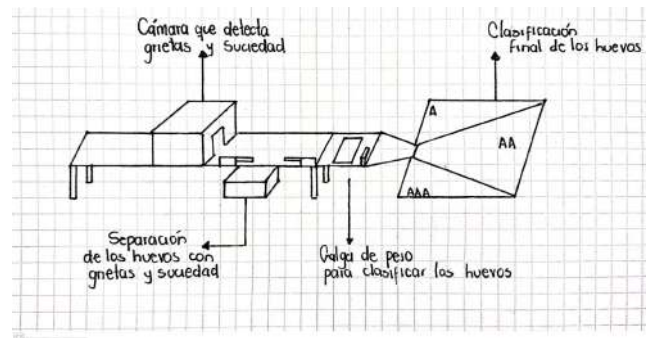


Figura 18. Plano que describe los procesos de pesado y los comandos de acciones según el peso por la esp-32 normal

Este plano está escribiendo cómo los 2 servomotores pueden formar un brazo robótico que permita clasificar los huevos por medio de un movimiento horizontal y un movimiento vertical por los 2 servomotores junto con una base estable que permita que el huevo tenga estabilidad

4. Estabilidad de la base para evitar quiebres:

La estabilidad para la base en estos sistemas de clasificación es sumamente importante ya que los huevos al ser objetos frágiles y al sufrir impactos leves pueden tener grietas que afectan al sistema de clasificación y en sí , a la máquina por esto la base se tiene pensada con un material antideslizante y con un poco inclinación de tal manera que por la acción de inercia los huevos no tengan suficiente velocidad para que estos se quiebren tal como se ve en los modelos de yemita.

6. Sistema de protección:

El sistema de protección que el sistema va a tener básicamente se enfoca en proteger al sistema de sobrecarga y sobre todo al control de los motores ya que esto es dispositivos son los que más sufren el trabajo de carga al tener que transportar los objetos y controlar su velocidad por ello objetos como el puente h son fundamentales en este tipo de trabajos por ello se implementarán en cada parte donde sea necesario.



Figura 19.Imagen ilustrativa de conexión[14]

7. Circuito de comunicación y monitoreo:

Para la parte de comunicación y monitoreo se tiene pensado realizar una interfaz en el programa python que tenga la capacidad de contar el número de huevos que pasan por cada cajón o sistema de clasificación y así tener un resultado confiable de cuál es la cantidad que se está manejando en este sistema , por otro lado en la interfaz se llevará el sistema de clasificación precisamente para tener un mejor control de cantidad.

Este sistema se tiene pensado tener un servidor LAN en el que se puedan subir estas estadísticas para que otros espectadores puedan ver la eficiencia de la máquina y poder realizar una mayor investigación sobre la implementación.



Figura 20.Imagen ilustrativa de conteo para interfaz[15]

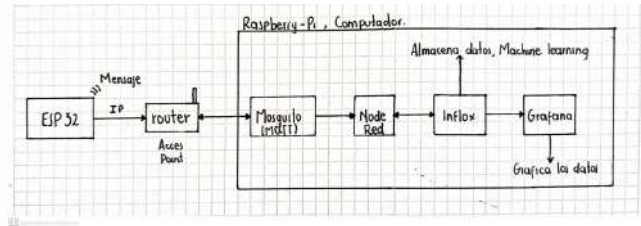


Figura 21.Plano que describe los procesos de envío de datos hacia la base de datos

La ESP-32 que envía el mensaje para este caso particular será la Raspberry-Pi ya que ofrece mayor facilidad para realizar este proceso,esta imagen describe el sistema de ambien en la nube la cual muestra un diagrama donde se conectan las herramientas de comunicación y visualización de los datos recopilados

VII. MATRIZ DE DECISIÓN

	MATRIZ DE DECISIONES		
	MODELO 1	MODELO 2	MODELO 3
	Yemita la máquina	Mobanette 3	Avinstrumentos CLAVE-1800

Precisión	90%	85%	95%
Facilidad de uso	ALTA	MEDIA	ALTA
Mantenimiento requerido	BAJO	MEDIO	BAJO
Eficiencia energética	ALTA	MEDIA	ALTA
Soporte Técnico	EXCELENTE	BUENO	EXCELENTE
Capacidad de adaptación	ALTA	MEDIA	ALTA
Durabilidad (años)	5	4	6
Tamaño y portabilidad	COMPACTO	MODERADO	GRANDE
Tecnología Utilizada	SENSORES ÓPTICOS Y MECÁNIC	tecnología mecánica	sensores avanzados y de

	OS	ca simple	automatizaci ón
--	----	--------------	--------------------

Tabla 1: matriz de decisiones (fuente de elaboración propia)

Cada una de las decisiones tiene una razón específica para ser considerada, dependiendo de la relevancia que tenga para el tipo de máquina y su aplicación.

1. Precisión: La precisión mide la capacidad de la máquina para realizar su tarea con exactitud, minimizando errores. En aplicaciones industriales o científicas, una mayor precisión es crucial para garantizar la calidad del producto o del resultado final. En una máquina, mayor precisión significa menos desperdicio de materiales, mejores resultados en mediciones, y una mayor eficiencia operativa.

2. Facilidad de uso: Este criterio evalúa cuán intuitiva es la máquina para los usuarios. Una máquina fácil de usar reduce la necesidad de formación especializada y acelera los procesos. En entornos donde la productividad depende de la rapidez con que los operarios puedan manejar el equipo, la facilidad de uso se convierte en un factor clave. Además, una interfaz amigable y controles sencillos permiten que más personas puedan operar sin complicaciones.

3. Mantenimiento requerido: La frecuencia y complejidad del mantenimiento que una máquina necesita afectan directamente los costos operativos y el tiempo de inactividad. Una máquina que requiere menos mantenimiento suele tener una mayor disponibilidad y menores costos a lo largo del tiempo, lo cual es esencial para optimizar la eficiencia en procesos continuos o críticos.

4. Eficiencia energética: La eficiencia energética mide cuánta energía consume la máquina para realizar su tarea. Las máquinas con alta eficiencia energética reducen los costos operativos y tienen un impacto ambiental menor. En muchas industrias, la energía representa un gasto considerable, por lo que este criterio es importante para ahorrar en costos y cumplir con normativas ambientales.

5. Soporte Técnico: Un buen soporte técnico

garantiza que cualquier problema con la máquina pueda ser resuelto rápidamente. Esto es vital para mantener la continuidad en las operaciones, minimizando tiempos muertos. También es relevante para obtener piezas de repuesto, actualizaciones y asesoría para el mantenimiento y la optimización del uso de la máquina.

6. Capacidad de adaptación: Este criterio evalúa cuán versátil es la máquina para ajustarse a diferentes condiciones o necesidades. Una máquina adaptable puede ser utilizada en una gama más amplia de aplicaciones o ajustarse a cambios en el proceso productivo sin requerir grandes modificaciones. Esto la hace más flexible y aumenta su valor en ambientes donde las demandas pueden cambiar con el tiempo.

7. Durabilidad (años): La durabilidad mide la vida útil esperada de la máquina antes de necesitar un reemplazo o reparaciones significativas. Una mayor durabilidad se traduce en un retorno de inversión más alto, ya que la máquina puede operar durante más tiempo sin necesidad de una gran inversión adicional. Este criterio es esencial cuando se busca una solución a largo plazo.

8. Tamaño y portabilidad: Este criterio evalúa si la máquina puede ser transportada fácilmente o si su tamaño es un factor relevante en el espacio de trabajo. Máquinas compactas son ideales cuando el espacio es limitado o cuando necesitan ser movidas con frecuencia. En entornos dinámicos, la portabilidad puede ser una gran ventaja, mientras que en aplicaciones fijas, este criterio puede tener menos importancia.

9. Tecnología Utilizada: La tecnología utilizada describe el tipo de mecanismos o componentes que la máquina emplea para realizar su tarea. Una tecnología más avanzada generalmente significa mejores resultados, mayor eficiencia y un rendimiento superior. Sin embargo, puede implicar también costos más altos o una mayor complejidad en el mantenimiento. La elección de tecnología depende de las necesidades específicas de la aplicación, buscando siempre un equilibrio entre innovación y practicidad.

VIII. METODOLOGÍA DE DISEÑO Y FABRICACIÓN

En esta sección se describe una parte fundamental del proyecto, ya que se detallan los pasos recomendados, clave que se deben seguir para completar la construcción física del mismo. Estos pasos son esenciales para garantizar que el proceso de desarrollo de este se lleve a cabo de manera adecuada, lo que permitirá cumplir con los objetivos propuestos y finalizar el proyecto con éxito.

Lo que lleva a los siguientes pasos que son:

1. Diseño de la estructura: Definir adecuadamente las secciones del seleccionador, desde el momento en que ingresan los huevos hasta que los mismos salen del mismo.

2. Integración de sensores , soporte y estructura electrónica: Tener esto claro y hecho permite tener una forma la cual seguir, pues estos tres elementos juntos componen gran parte del proyecto, teniendo como principal meta que

3. Cada una de estas partes es funcional, para el cumplimiento del objetivo general.

4. Interfaz de usuario: Diseñar y construir una interfaz de usuario relevante para el mismo, donde

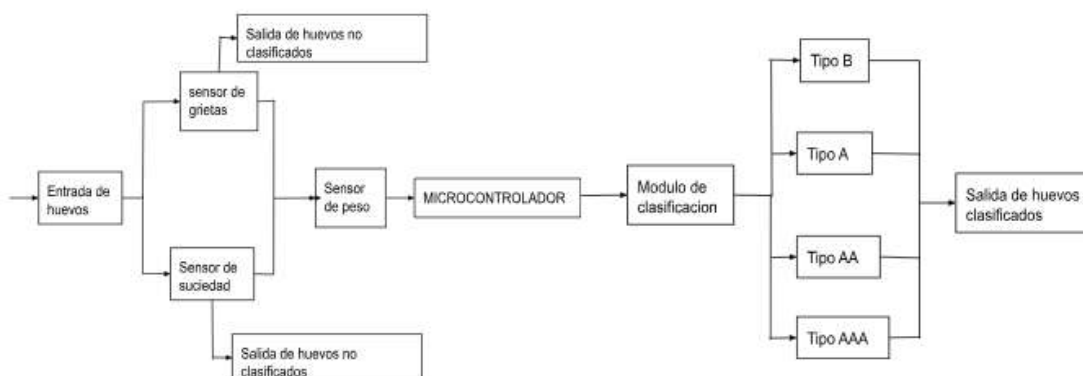
se encuentren datos fundamentales como el conteo de los huevos, suciedad de los huevos, grietas en los mismos, categorías de los huevos y cantidades, siendo estos datos importantes para cumplir el objetivo de la máquina.

5. Integración y pruebas: Es la cohesión correcta y práctica para el funcionamiento en totalidad del proyecto y haciendo pruebas para hallar fallas de una forma más oportuna y así solucionar las mismas.

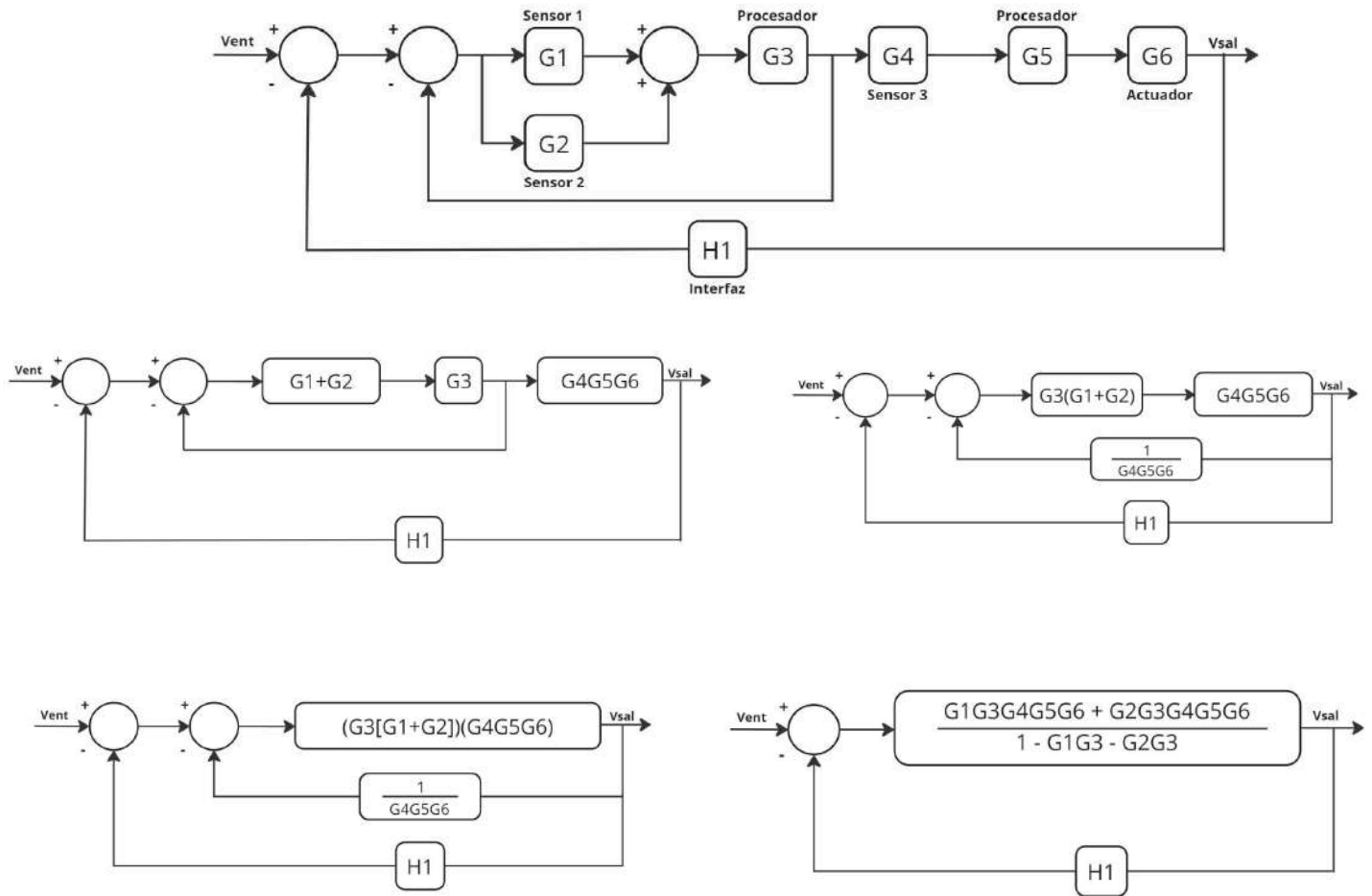
6. Ajustes y optimización: Se harán ajustes en diseño, soporte, estructura electrónica, código o donde sea necesario para que este sea funcional, busco siempre el mejor rendimiento posible y precisión. Buscando optimizar gastos, mano de obra y demás partes de la máquina que sean necesarias.

7. Documentación: Documentar el proceso de diseño, fabricación, estructura física y electrónica, planos, desarrollo de interfaz, uso de software necesarios y cualquier aspecto que afecte el proyecto.

IX. DIAGRAMA DE BLOQUES DEL SISTEMA



X. DIAGRAMA Y REDUCCIÓN DE BLOQUES DEL SISTEMA DE CONTROL



Ecuaciones

$$\begin{aligned}
 & \frac{G_3 G_4 G_5 G_6 [G_1 + G_2]}{G_1 G_3 G_4 G_5 G_6 + G_2 G_3 G_4 G_5 G_6} \\
 & \frac{G_1 G_3 G_4 G_5 G_6 + G_2 G_3 G_4 G_5 G_6}{1 - (G_1 G_3 G_4 G_5 G_6 + G_2 G_3 G_4 G_5 G_6) \frac{1}{G_4 G_5 G_6}} \\
 & \frac{G_1 G_3 G_4 G_5 G_6 + G_2 G_3 G_4 G_5 G_6}{1 - (G_1 G_3 + G_2 G_3)} \\
 & \frac{G_1 G_3 G_4 G_5 G_6 + G_2 G_3 G_4 G_5 G_6}{1 - G_1 G_3 - G_2 G_3}
 \end{aligned}$$

(Fuentes de elaboración propia)

XI. LISTADO DE MATERIALES

A continuación, se presenta el listado de materiales que se utilizarán en la realización del proyecto. Estos elementos trabajan de manera conjunta, garantizando tanto el control automático como la comunicación efectiva entre las diferentes partes del sistema.

A. Etapa de sensado de grietas y suciedad

Raspberry-PI: Es un sistema microcontrolado que ofrece conectividad WI-FI y Bluetooth. Es capaz de capturar imágenes y transmitirlos de forma inalámbrica a través de un módulo de cámara externo. En esta etapa, se encarga de capturar imágenes de cada huevo para detectar grietas y suciedad. Gracias a su conectividad, puede enviar las imágenes a una PC o sistema remoto para su procesamiento mediante algoritmos de visión artificial, además que este sistema cuenta con la capacidad de conexión a redes de inalámbricas lo que se aprovecha para el manejo de los datos de estas variables en bases de datos que se gestionan en un sistema conectado que incluye herramientas de uso de bases de datos y software como mosquito e influx.

Cámara con control de iluminación y placas impresas en 3D: Se trata de una estructura diseñada con impresión 3D para mantener la cámara en la posición correcta y asegurar una iluminación óptima. El control de iluminación garantiza que la cámara obtenga imágenes claras y sin sombras, independientemente de las condiciones ambientales. Las placas impresas en 3D sostienen tanto la cámara como las luces en la posición adecuada para que el huevo sea escaneado con precisión. El control de iluminación evita que reflejos o sombras oculten grietas o manchas en los huevos.

Tira LED de luz blanca: Las tiras LED emiten luz blanca de alta intensidad y baja distorsión. Este tipo

de luz es ideal para inspecciones visuales, ya que permite observar detalles con claridad.

Ilumina los huevos mientras la cámara realiza la captura de imágenes, asegurando que las grietas y manchas sean visibles. La luz blanca es preferida porque proporciona colores más fieles y minimiza la interferencia en el análisis de imágenes.

Cableado, Jumpers y Cable Tipo B (8V) para programación de ESP32-CAM: Estos cables permiten las conexiones necesarias para que los dispositivos trabajen juntos. El cable tipo B es específico para la programación y alimentación del ESP32-CAM.

Los jumpers y el cableado conectan los distintos componentes (como la tira LED y la cámara) al ESP32-CAM. El cable tipo B se usa para programar y alimentar el microcontrolador desde la PC antes de su despliegue en el sistema.

B. Etapa de clasificación por peso

Celda de carga: Es un sensor que convierte la fuerza aplicada sobre él en una señal eléctrica proporcional. Está compuesto por galgas extensométricas que cambian su resistencia al deformarse.

Se utilizará para medir el peso de cada huevo. Esto permite clasificar los huevos según su categoría (por ejemplo, pequeños, medianos o grandes). La celda genera una señal de bajo voltaje que debe ser amplificada para su posterior lectura.

AD620 - Amplificador Instrumental: Es un amplificador de alta precisión que amplifica señales muy pequeñas en entornos ruidosos, como las provenientes de una celda de carga. Tiene la ventaja de contar con alta impedancia de entrada y buena capacidad de rechazo al ruido.

Este componente amplifica la débil señal eléctrica generada por la celda de carga para que pueda ser procesada de manera precisa. Permite ajustar la ganancia mediante una resistencia externa, lo que

asegura que el peso se mida con precisión.

ADS1232 - Conversor Análogo-Digital (ADC): Es un conversor ADC de 24 bits que está diseñado para aplicaciones de medición de alta precisión, como básculas. Cuenta con filtros internos que ayudan a eliminar el ruido.

Toma la señal analógica amplificada por el AD620 y la convierte en un valor digital que puede ser procesado por el microcontrolador ESP32. Este componente es fundamental para traducir las mediciones físicas en datos que puedan interpretarse en el sistema.

ESP32-Microcontrolador: Es un microcontrolador que integra conectividad Wi-Fi y Bluetooth, lo que lo hace ideal para aplicaciones IoT. Cuenta con múltiples entradas/salidas y capacidad de procesamiento eficiente.

El ESP32 se encarga de recibir los datos digitales del ADS1232 y procesarlos. Puede tomar decisiones de control, como accionar los servomotores según el peso del huevo. Además, tiene la opción de enviar datos a una interfaz de usuario o plataforma en la nube para supervisión remota del sistema.

Servomotores (3 unidades): Los servomotores son motores controlados por señales PWM que permiten movimientos precisos en ángulos específicos. Tienen una respuesta rápida y una posición controlada.

En el proyecto, los servomotores pueden cumplir diferentes funciones, como mover cintas transportadoras, posicionar el huevo para su medición o dirigirlo hacia la categoría correspondiente. Cada uno de ellos podría estar destinado a tareas específicas, como separar los huevos según el peso o gestionar la entrada y salida del sistema de selección.

C. Etapa de Estructura y Soporte de la Banda Transportadora

Madera: La madera se utilizará para construir la base extendida donde se ubica la etapa de pesado. Además, las columnas de madera permiten alargar la

estructura de manera estable, facilitando tanto su instalación como su ensamblaje.

Cartón: El cartón sirve para extender el recorrido de la banda transportadora en su sección principal, permitiendo la continuidad del movimiento hasta la etapa de pesado. En esta fase, la banda detiene su funcionamiento para el proceso de medición.

Piñones: Los piñones son esenciales para acoplar el motor con la banda transportadora y garantizar su correcto funcionamiento. Deben ajustarse adecuadamente al rotor del eje principal para transferir la fuerza motriz de manera eficiente.

Acrílico: El acrílico se utilizará para fabricar la base de la zona de carga, proporcionando una superficie sólida y resistente para soportar los objetos que se transportarán.

XII. MODELO 3D

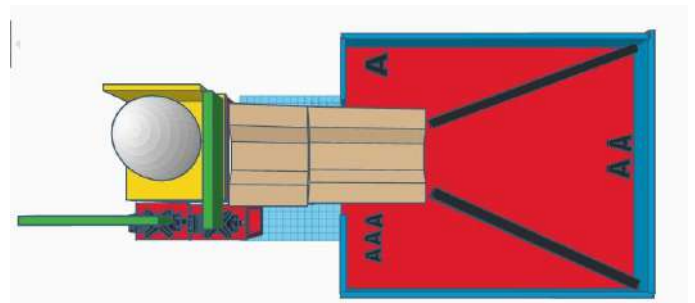


Figura 22. Piezas vistas desde vista superior

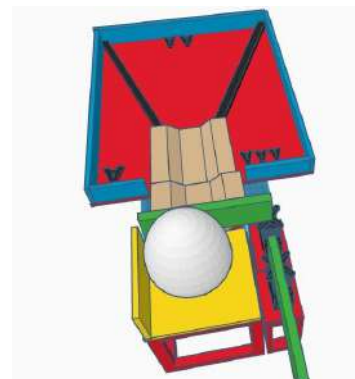


Figura 23. Piezas vistas desde un ángulo el cual permite observar mejor, que conforman la plataforma donde

controla el censo de peso y posteriormente la clasificación por tamaño de los huevos

las diferentes materias que se están viendo en el curso como por ejemplo circuitos integrados.

XIII. DESCRIPCIÓN Y SIMULACIÓN DE LOS CIRCUITOS ELECTRÓNICOS

Descripción del Circuito de Medición con Galga Resistiva y AD620. El circuito está diseñado para medir con precisión pequeñas señales de una galga resistiva, utilizando un puente de Maxwell para mejorar la precisión y un amplificador AD620 para amplificar la señal de salida.

El puente de Maxwell permite detectar los pequeños cambios en la resistencia de la galga cuando se deforma. Al equilibrar el puente, se genera una señal diferencial proporcional a esos cambios. Sin embargo, esta señal es muy pequeña para ser procesada directamente.

Por ello, se utiliza el AD620, un amplificador de instrumentación, que amplifica la señal diferencial para hacerla más fácil de procesar. La ganancia del AD620 se ajusta mediante una resistencia externa, permitiendo que la señal amplificada alcance niveles adecuados para su análisis por un convertidor analógico-digital o un microcontrolador.

Este circuito es ideal para aplicaciones de medición precisa donde se usan galgas resistivas, como pesaje o medición de tensión.

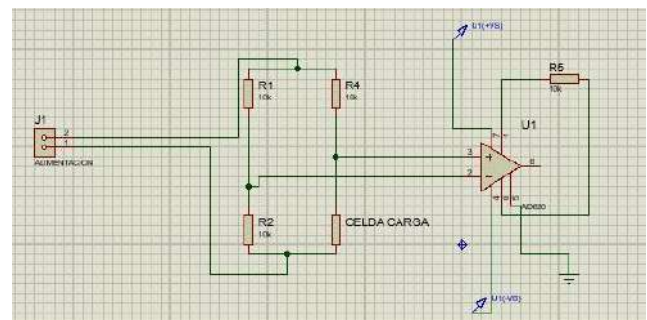


Figura 26. Simulación del circuito del puente de Wheatstone junto con el amplificador de instrumentación AD620

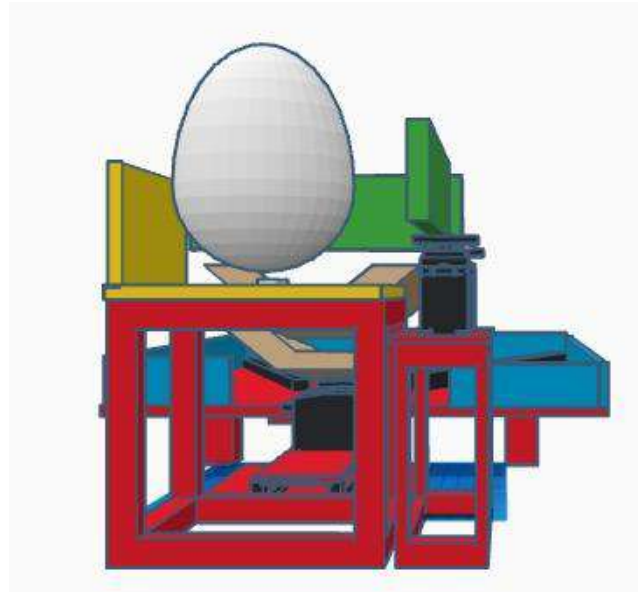


Figura 24. Plano general del clasificador

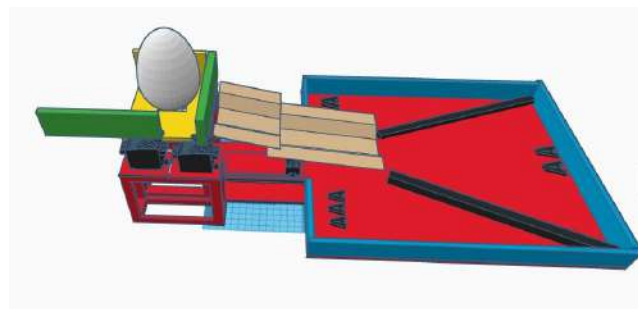


Figura 25. Plano general del clasificador

–Comparación de las especificaciones con el montaje físico:

En el proceso del montaje físico se realizó un estudio de alternativas ante la observación y análisis de distintos modelos con leves modificaciones buscando facilitar el desarrollo de la secuencia del proyecto cuando esté puesto en funcionamiento por lo cual las figuras mostradas previamente describen el cambio del diseño del proyecto. Por otro lado en el proyecto se trabajara con el módulo HTX711 para cumplir la función de calibración para la galga, durante el avance del proyecto se implementará el circuito de calibración que se muestra en la (Figura 28) esto con la finalidad de poner en práctica los conocimientos adquiridos en

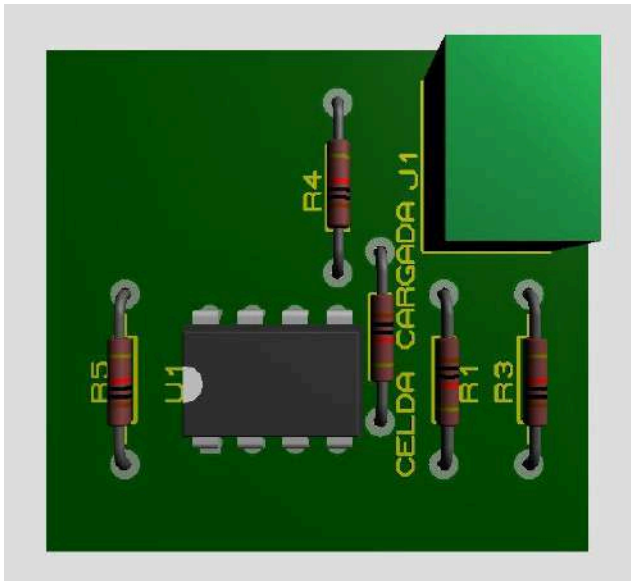


Figura 27. Diseño del circuito en placa PCB

Del circuito mostrado se puede observar los siguientes fundamentos teóricos que se tuvieron en cuenta al momento de realizar el diseño del circuito en cuestión

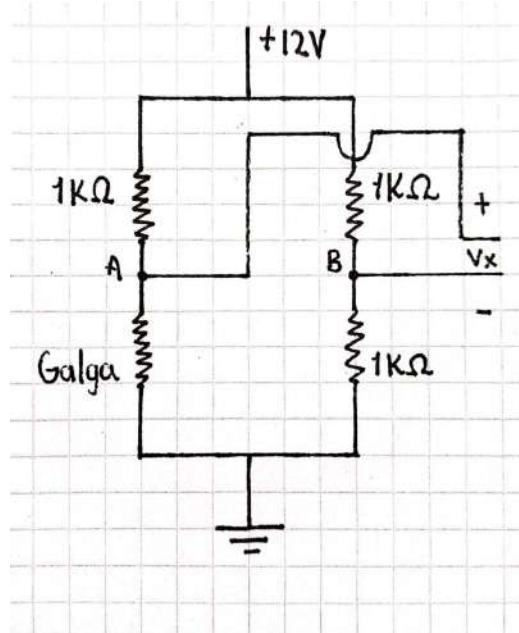
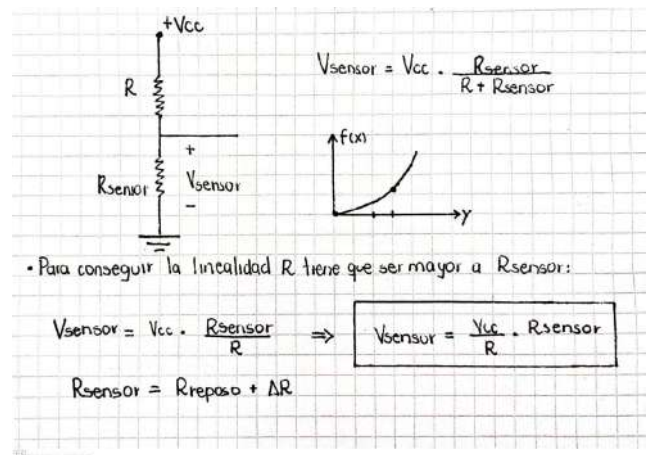
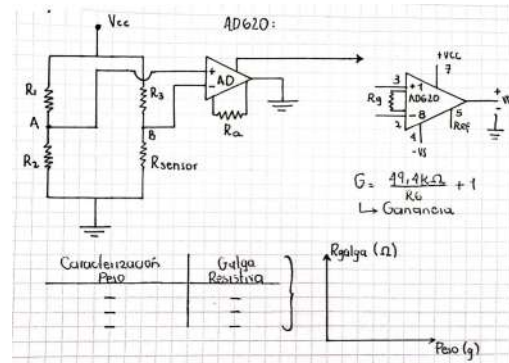
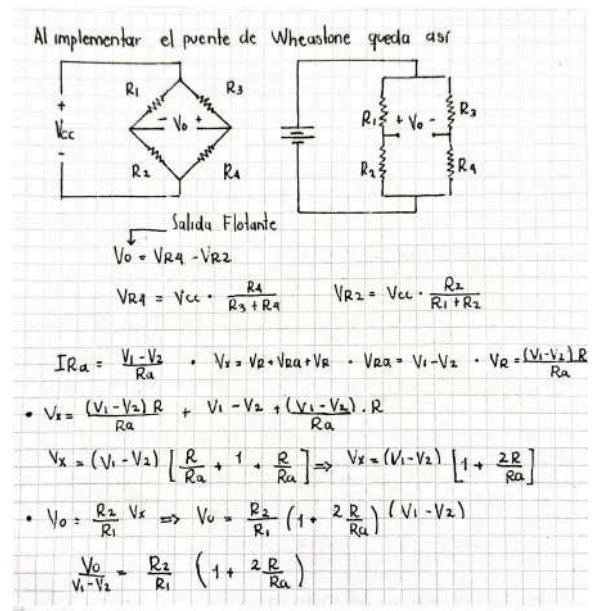


Figura 28. Plano que describe el comportamiento eléctrico del puente de Wheatstone hacia el amplificador de instrumentación



las solicitudes del cliente.

Ambos diagramas son referencias útiles para comprender el funcionamiento interno del sistema. Sin embargo, es importante señalar que presentan limitaciones: uno se centra en el funcionamiento del ESP-32, incluyendo la captura de imágenes, mientras que el otro se enfoca en las conexiones de la Raspberry-Pi y su operación como servidor.

XIV. DIAGRAMA DE FLUJO

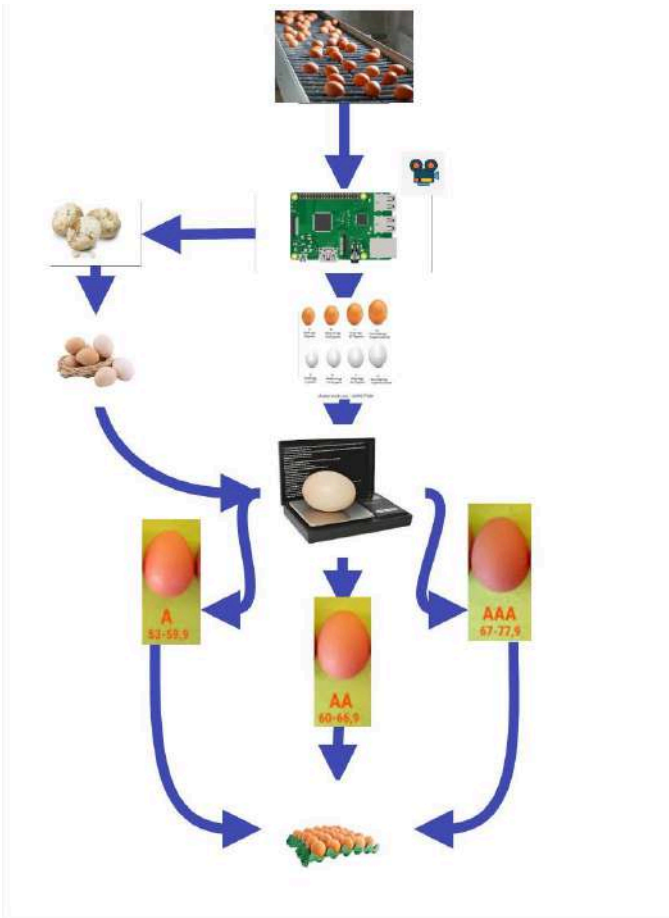


Figura 32. Diagrama de flujo

XV. DIAGRAMA DE FLUJO PARA LOS ALGORITMOS

En el desarrollo de un sistema seleccionador de huevos, la captura y transmisión de imágenes a través de dispositivos como el ESP32 ha adquirido una gran relevancia. Este trabajo presenta dos diagramas que ilustran el flujo operativo de un sistema que integra capacidades de visión artificial.

El primer diagrama describe el proceso de inicialización de la cámara y la conexión a una red WiFi, haciendo énfasis en la configuración de los pines y el establecimiento del servidor de la cámara. El segundo diagrama detalla la lógica de funcionamiento del programa, permitiendo que el dispositivo opere de manera continua y responda a

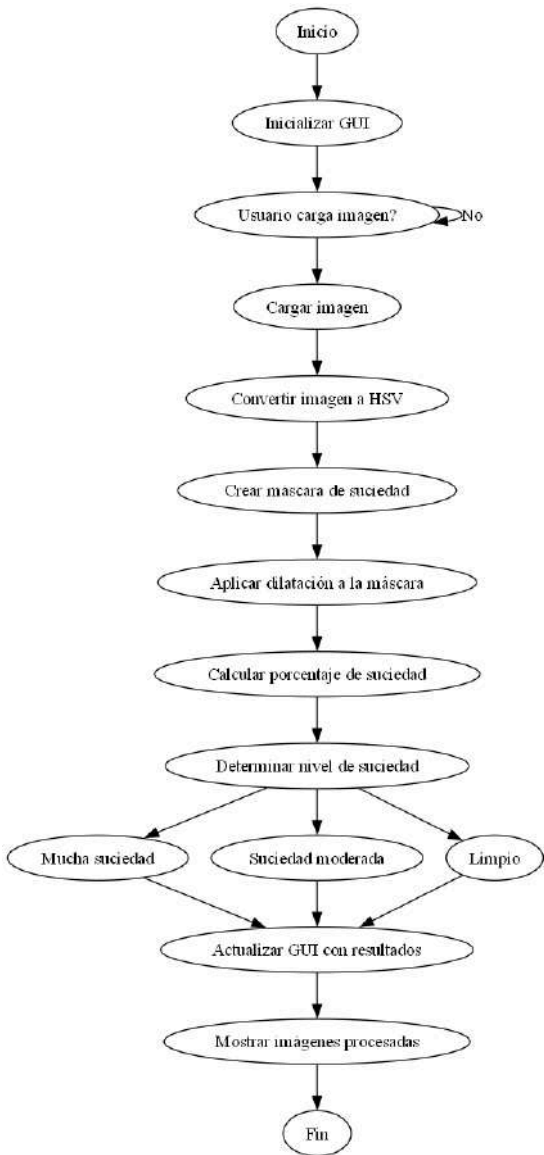


Figura 33. Diagrama de flujo del sistema de detección de suciedad en huevos

Este diagrama representa el proceso de captura y análisis de imágenes para determinar el nivel de suciedad en los huevos. Se detalla desde la carga

de la imagen hasta la evaluación del porcentaje de suciedad y la actualización de la interfaz gráfica con los resultados obtenidos

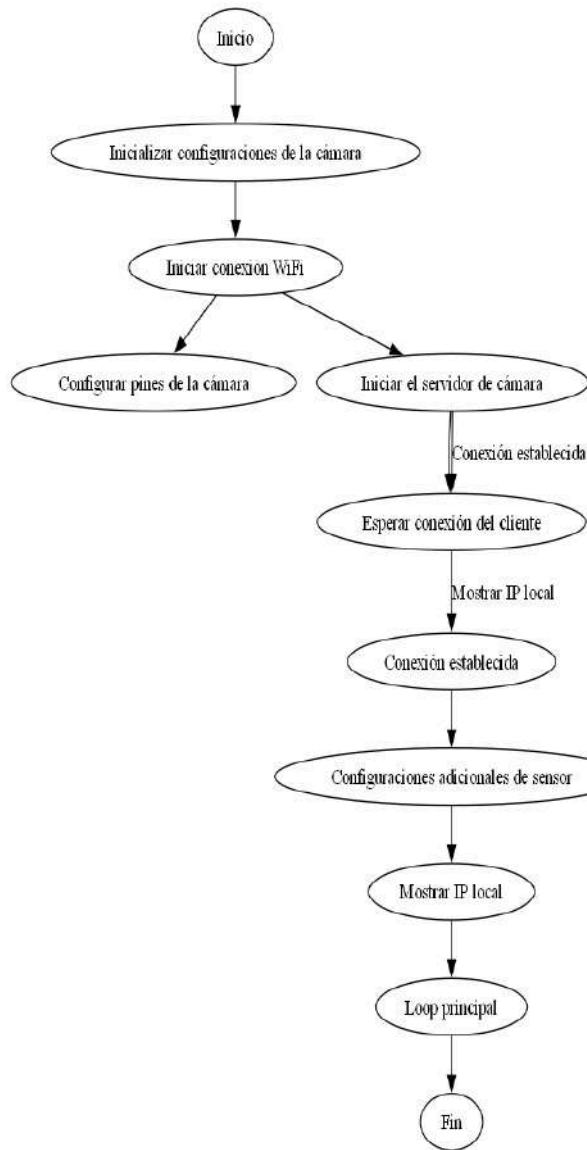


Figura 34. Diagrama de flujo del sistema de captura y transmisión de imágenes

Este diagrama ilustra el proceso de inicialización de la cámara y la conexión a una red WiFi mediante un dispositivo ESP32. Se destacan los pasos de configuración de pines y el establecimiento del servidor de la cámara.

XVI. DIAGRAMA ESQUEMÁTICO DEL SISTEMA

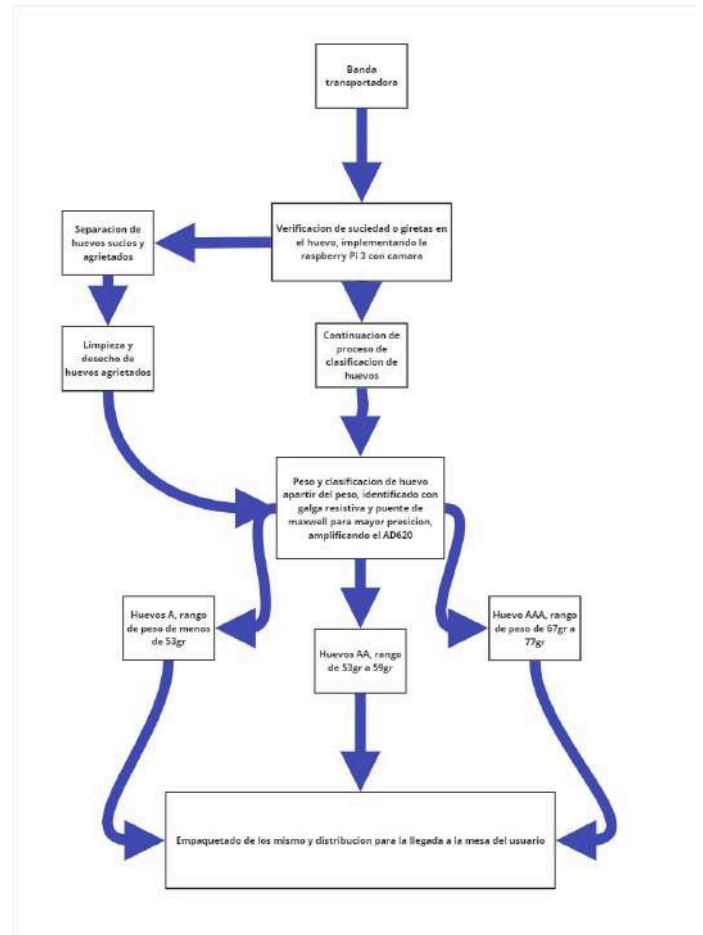


Figura 35. Diagrama esquemático del sistema, donde se representan las diferentes etapas del clasificador

Características de la selección y clasificación de huevos: Hay varias etapas importantes en el proceso de selección y clasificación de huevos que se muestran en la imagen. Las etapas más importantes que afectan el funcionamiento del sistema se describen a continuación.

Cinta transportadora: El primer paso del proceso es transportar los huevos mediante una

cinta transportadora. Esta línea continúa moviendo los huevos a la siguiente etapa del sistema. El uso de una cinta transportadora automatiza la posición de los huevos en movimiento y reduce la intervención manual. Esto asegura un flujo continuo durante todo el proceso.

Verificación de suciedad o grietas: Una vez que se envían los huevos, se revisarán para detectar suciedad o grietas, lo cual es importante para una buena calidad. Mientras tanto, se utiliza una cámara conectada a una Raspberry Pi 3 para examinar cada huevo. El sistema está diseñado para detectar signos de contaminación o agrietamiento en los huevos, ayudando a separar aquellos que no cumplen con los estándares de calidad. El uso de una cámara puede realizar esta inspección de forma rápida y decisiva, eliminando la necesidad de una inspección manual y acelerando el proceso. Separación de huevos sucios y rotos

Después del análisis, los huevos se dividen en dos grupos: Huevos sucios o rotos y huevos en buen estado. Esta separación evita que persistan los huevos dañados o defectuosos. Si se desecha o no depende de las normas.

Clasificación por peso: Los huevos que pasen el control de calidad se clasifican según su peso. En esta etapa, se utilizan sensores llamados galgas extensométricas (o células de carga) para medir el peso de cada huevo. El medidor está conectado a un puente Maxwell, que utiliza un medidor AD620 para amplificar la señal y mejorar la precisión de la medición.

Clasificación de categorías: El sistema separa los huevos en diferentes pesos de la siguiente manera:

- Huevo A: Aquellos huevos que pesan menos de 53 gramos.
- Huevo AA: Los que tienen un peso entre 53 y 59 gramos.

- Huevo AAA: Los que pesan entre 67 y 77 gramos.

Empaque y Distribución

Finalmente, los huevos adecuadamente separados ingresan a la etapa de empaque. En esta etapa, los huevos se colocan en cajas según su peso. Luego están listos para su distribución y llegar al cliente final. Este paso cierra el ciclo del proceso automatizado, asegurando que solo los huevos que estén en buenas condiciones y clasificados lleguen a la mesa del usuario.

XVII. MONTAJE FÍSICO

A continuación, se mostrará el montaje físico de tanto del comprador como del inversor los cuales fueron sometidos a pruebas reales en las que se tuvieron en cuenta los resultados obtenidos de las simulaciones previamente realizadas.



Figura 36. Base de banda transportadora



Figura 37. Base de banda transportadora



Figura 39. Base de banda transportadora



Figura 38. Base de banda transportadora

El desarrollo del proyecto se ha involucrado en el diseño del montaje físico donde se puede observar la siguiente base a utilizar la cual tiene por objetivo adaptar más elementos como el motor para su movimiento, corto para extender la banda transportadora hacia la etapa de pesado y la separación de los huevos quebrados y sucios, además de incluir estrategias para la caída de los huevos por lo que se requieren medidas para adaptar materiales que se utilizaran como la madera ya que es fácil de manipular y permite ensamblar por medio de tornillería .

Cabe resaltar que el diseño inicial del montaje físico se está basando con el principal llamado yemita sin embargo en la descripción de funcionamiento se especifica busca cómo están quedando las partes de forma individual además del modelo 3D en donde se están haciendo leves modificaciones para adaptar la parte electrónica y la parte física

XVIII. CRONOGRAMA

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES - PROYECTO SELECCIONADOR DE HUEVOS																
LÍNEA DE TIEMPO (meses)	mes	SEPTIEMBRE				OCTUBRE					NOVIEMBRE					
	semana	1	2	3	4	1	2	3	4	5	1	2	3	4		
ACTIVIDADES	DURACIÓN (semanas)															
Investigar y analizar información sobre proyectos similares	9															
Selección de información más pertinente en base a la Investigación para la implementación del proyecto	3															
Plantear arquitectura del clasificador de huevos de gallina	2															
Realización de preinforme con las principales características de la arquitectura del clasificador de huevos	3															
entrega del preinforme	1															
Identificación y evaluación de calidad y efectividad de componentes electrónicos y materiales para arquitectura	3															
Simulación de circuitos	3															
aplicación de la metodología de diseño y fabricación	3															
pruebas controladas como la ejecución de más simulaciones e interfaz gráfica	6															
pruebas con la implementación de los componentes físicos	6															
Avance (35%), Informe a base de recomendaciones del pre informe, simulación y montaje físico	3															
Corrección de errores y plantar el proyecto de forma real	5															
Añadir aspectos de mejora y estética	2															
Redacción de informe final	3															
presentación del proyecto	1															

XIX. PROBLEMAS PRESENTADOS Y POSIBLES SOLUCIONES

Uno de los principales inconvenientes presentados en el avance del Proyecto integrador es el cómo adaptar lo que es el sistema de pesado en conjunto ya que este con un todo elementos conlleva tener un especial cuidado en el manejo de las señales y del la tabulación de los datos para la correcta linealización y poder tener una correcta

calibración en lo que se refiere del proceso de la celda de carga y el amplificador AD620 que tiene que conllevar hacia un sistema microcontrolado que tenga la capacidad de bits para poder almacenar esos datos ya que si no tiene la capacidad de bits necesarios no leerá un dato real ya que la capacidad de bits afecta el alcance del peso que puede detectar el microcontrolador por ende una ESP-32 no serviría para esta etapa por esta razón el uso de una raspberry pi es más que necesario ya que

estos sistemas microcontrolados tienen mayor capacidad para leer estas variables.

Un segundo proceso que genera inconvenientes en el desarrollo del proyecto es sobre cómo se pueden gestionar los datos de suciedad grietas y el conteo de huevos hacia una base de datos en la nube lo que quiere decir que cómo se puede gestionar esta cantidad de información en una red de área local o web, este problema se concibe con la solución de la implementación de varias herramientas de software y de programación que permiten crear bases de datos en las cuales estos datos se van almacenando a través de archivos json por medio de una estructura que está explicada en la descripción de funcionamiento cuyo ambiente virtual está visualizado de manera secuencial ya que se rige por enlaces en los que cada uno de esos bloques se definen para simplemente al final tener enlaces en los que se establezca comunicación lo que quiere decir que por ejemplo si el sistema microcontrolador raspberry pi está leyendo datos de suciedad y grietas esta tenga la capacidad de mandarla al sistema virtual que lo componen herramientas como mosquito y influx y así poder visualizar estas variables en un software llamado grafana.

Un tercer proceso problemático en el desarrollo del proyecto integrador es la adaptación de toda la parte física que va desde la etapa del escaneo del huevo hasta la etapa de pesado del mismo, esto genera inconvenientes ya que especialmente en el sistema de clasificación se concibe realizar un brazo robótico que tenga la capacidad de poder separarlos y a pesar de que los modelos de referencia que se han mostrado previamente sirven de apoyo, se deben tener en cuenta múltiples factores que dependen enteramente de del desarrollo de la implementación física . ya que en esta parte el brazo robótico va a estar compuesto de 2 servomotores pero se debe tener en cuenta cuánto peso puede resistir el motor que va en la parte principal ya que puede sufrir un sobre esfuerzo al moverse

Otra de las fallas es la adquisición de la ESP 32 cam especialmente con su módulo de cámara el cual es muy lento al tomar imágenes y en especial cuando está detectando movimientos rápidos que se caracteriza por ser muy lenta por ende la adquisición de una raspberry pi es la solución a este problema.

XX. APLICACIÓN DE SISTEMAS AUTOMÁTICOS DE CONTROL

A) Importancia del control automático en sistemas de selección de productos

El control automático es esencial en procesos industriales modernos, especialmente en la selección de productos como los huevos, donde la precisión y la velocidad son fundamentales. Un sistema de control automático garantiza que el proceso de selección se realice de manera constante y sin errores humanos, lo que aumenta la productividad y reduce los costos.

B) Funcionamiento de la galga resistiva

Las galgas extensiométricas son sensores cuya resistencia varía con la fuerza aplicada. Estos sensores convierten la fuerza, presión, tensión, peso, entre otros, en un cambio de la resistencia eléctrica el cual puede ser medido. [18]

Su funcionamiento se basa en el principio de que cuando un material conductor o semiconductor se estira o se comprime, su resistencia eléctrica cambia.

La galga consiste en un material conductor extremadamente fino, como una rejilla de alambre metálico o una capa de película semiconductor, que se adhiere a una superficie flexible. Cuando esta superficie experimenta una deformación, el material de la galga se estira o comprime junto con la estructura, lo que provoca un cambio en la resistencia eléctrica del conductor.

El principio básico que gobierna este comportamiento es conocido como el efecto

piezorresistivo. Cuando la galga se deforma, las dimensiones físicas del conductor cambian, afectando su resistencia según la ley de Ohm. Este cambio en resistencia es proporcional a la deformación aplicada, lo que permite utilizar la galga como un sensor para medir fuerzas como el peso. Esta es capaz de medir incluso

hasta las deformaciones más pequeñas, lo que la hace adecuada para aplicaciones que requieren precisión, como en este caso la medición del peso en la clasificación de los huevos.

C) ¿Cómo se relaciona con el peso de los huevos?

En el contexto del seleccionador de huevos, la galga resistiva se utiliza para medir el peso de los huevos de la manera más precisa posible. La galga se coloca sobre una superficie, generalmente en una plataforma o estructura que actúa como una celda de carga. Cuando un huevo se coloca sobre esta plataforma, su peso genera una fuerza hacia abajo, lo que provoca una ligera deformación en la estructura que sostiene la galga.

El cambio en resistencia se convierte en una señal eléctrica que, al pasar por el circuito de acondicionamiento (como el puente de Wheatstone), se amplifica y se filtra para obtener un valor preciso del peso del huevo. Este sistema es muy sensible y permite detectar incluso pequeñas diferencias de peso, lo que es esencial para clasificar los huevos en categorías basadas en su masa. De esta manera, la galga resistiva traduce la fuerza (peso) aplicada en una señal eléctrica que puede ser interpretada por el sistema de control, permitiendo la clasificación automática de los huevos.

D) Funcionamiento del puente de Wheatstone

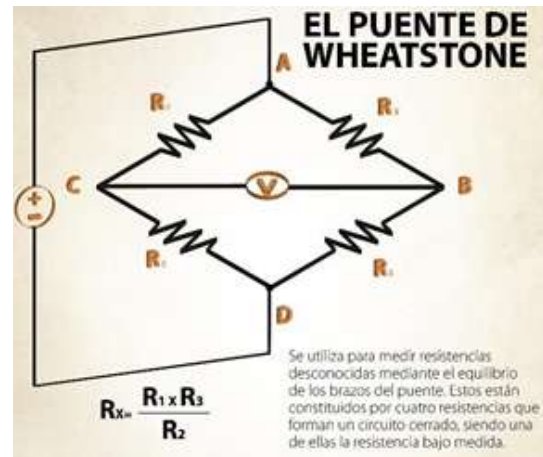


Figura 40. Puente de Wheatstone [19]

La red de puentes más común y más simple para encontrar la resistencia es el puente de Wheatstone.

Este puente se utiliza donde se miden pequeños cambios en la resistencia, como en las aplicaciones de sensores. Esto se utiliza para convertir un cambio de resistencia en un cambio de voltaje de un transductor.

La combinación de este puente con el amplificador operacional se usa ampliamente en industrias para varios transductores y sensores. Un puente de Wheatstone consta de cuatro resistencias que están conectadas en forma de diamante con la fuente de suministro y los instrumentos indicadores como se muestra en la figura.

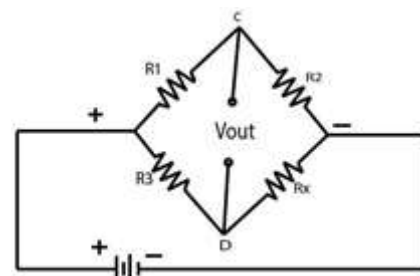


Figura 41. Puente de Wheatstone

Este puente se utiliza para encontrar la resistencia desconocida con mucha precisión al compararla con un valor conocido de resistencias. En este puente se

usa la condición nula o equilibrada para encontrar la resistencia.

Para este puente, la tensión equilibrada en los puntos C y D debe ser igual. Por lo tanto, no fluye corriente a través del multímetro. Para obtener la condición equilibrada, una de las resistencias debe ser variable. [19]

E) Justificación del uso del puente para aumentar la precisión de la medición

El puente de Wheatstone es ampliamente utilizado en mediciones de precisión, particularmente con sensores como las galgas resistivas, porque permite detectar cambios muy pequeños en la resistencia. En el seleccionador de huevos, donde se requiere medir con exactitud pequeñas variaciones en el peso de los huevos, este circuito es ideal por varias razones:

Sensibilidad a pequeños cambios: El puente de Wheatstone puede detectar variaciones muy pequeñas en la resistencia de la galga, lo que es crucial cuando se necesita medir deformaciones sutiles generadas por pesos relativamente pequeños, como los de los huevos.

Compensación de errores: Al utilizar resistencias fijas bien calibradas en tres de las ramas del puente, cualquier cambio en la resistencia de la galga (debido a la deformación provocada por el peso del huevo) produce un desequilibrio que es fácil de medir con gran precisión. Además, cualquier fluctuación o ruido en el suministro de voltaje afecta a todas las resistencias por igual, lo que ayuda a cancelar los efectos del ruido y mejorar la calidad de la medición.

Linealidad en la respuesta: El voltaje de salida del puente es linealmente proporcional al cambio en la resistencia de la galga resistiva. Esto significa que la relación entre el peso del huevo y la salida del puente es más directa y fácil de

interpretar, lo que simplifica el acondicionamiento posterior de la señal.

G) Descripción del lazo de control involucrado (medición, procesamiento, actuación)

El lazo de control en un sistema de selección automática de huevos sigue un ciclo de retroalimentación, que incluye tres etapas fundamentales: medición, procesamiento y actuación.

Medición: Esta etapa se centra en captar datos sobre el sistema, en este caso, el peso de los huevos. La galga resistiva se encarga de medir la deformación en la plataforma debido al peso de los huevos, lo que genera un cambio en su resistencia. A través del acondicionamiento de señal con el puente de Wheatstone, este cambio de resistencia se convierte en una señal eléctrica que refleja el peso del huevo.

Procesamiento: La señal eléctrica obtenida del puente de Wheatstone es enviada a un controlador, que puede ser un microcontrolador o una unidad lógica programada (PLC). Aquí, la señal se procesa para determinar si el huevo cumple con los criterios de peso establecidos. Este procesamiento incluye convertir la señal analógica en un valor digital (usando un convertidor ADC, si es necesario), comparar ese valor con los umbrales de peso predefinidos y tomar decisiones en función de esta comparación.

Actuación: Una vez procesada la información, el sistema ejecuta la acción correspondiente. Si el huevo cae dentro de una categoría de peso específica, específica, un actuador mecánico (como un brazo o banda transportadora controlada por motores) separa el huevo y lo coloca en el contenedor adecuado. Este ciclo de medición, procesamiento y actuación se repite continuamente para cada huevo que pasa por el sistema.

Este lazo de control puede ser un sistema a lazo abierto si solo ejecuta la acción una vez que ha

clasificado el huevo, sin medir de nuevo después de la actuación. Sin embargo, puede volverse a lazo cerrado si hay retroalimentación del sistema, es decir, si después de actuar, el sistema verifica nuevamente la posición o el peso del huevo para asegurarse de que se haya realizado la clasificación correctamente.

F) ¿Cómo se utiliza la información de la galga para tomar decisiones (separar los huevos)?

La información que proporciona la galga resistiva (cambios en la resistencia convertidos en señales eléctricas) es esencial para que el sistema de control tome decisiones automatizadas. A continuación, se detalla cómo se utiliza esta información en el proceso de selección de huevos:

El peso del huevo provoca una deformación en la plataforma, lo que a su vez cambia la resistencia de la galga. Este cambio de resistencia se convierte en un voltaje mediante el puente de Wheatstone.

El voltaje generado pasa a través de un circuito de acondicionamiento de señal que amplifica la señal y, si es necesario, la filtra para eliminar cualquier ruido.

El controlador recibe esta señal y la compara con los umbrales preestablecidos. Por ejemplo, se pueden definir diferentes rangos de voltaje para clasificar los huevos en categorías como "pequeños", "medianos" y "grandes".

Una vez que el controlador ha determinado en qué categoría de peso se encuentra el huevo, envía una señal a un actuador para que ejecute la acción correspondiente. Por ejemplo, si el huevo pertenece a la categoría "grande", el controlador puede activar un motor que mueve una cinta transportadora o un brazo mecánico para dirigir el huevo al compartimento correspondiente.

Este proceso es rápido y preciso, lo que permite al sistema tomar decisiones en tiempo real basadas en la información que proporciona la

galga resistiva.

XXI. CONCLUSIONES

Este proyecto es muy esencial en el ámbito de la industria avícola, debido a que puede ser una herramienta muy práctica para aumentar la productividad y eficiencia para el conteo de grandes cantidades de huevos. El objetivo principal de este proyecto es diseñar una solución que permita lograr la implementación de esta idea por medio de los esquemas tanto físicos como electrónicos apropiados para lograr este fin que se ha mencionado anteriormente. El Proyecto a desarrollar proyecta un esquema eficiente en la clasificación de huevos. Esto se logra a través de la implementación de sensores adecuados para este fin y un sistema de detección y monitoreo que permite obtener mediciones y visualización de la información del sistema en funcionamiento como lo es una interfaz gráfica.

La clasificación de huevos por distintos esquemas de peso ya establecidos es fundamental para una adecuada organización para su respectiva venta y consumo. La capacidad de elaborar este sistema es clave porque permite extenderse a diversas ramas como la industria avícola donde por situaciones de productividad y eficiencia se requiere de sistemas de clasificación para su respectivo mercado y también esto se puede extrapolar a otros ámbitos en los que son esenciales estos sistemas, además, el circuito a desarrollar ofrece oportunidades significativas para la extensión y reconocimiento de la importancia de la implementación de estos sistemas por ende esto puede contribuir al avance de nuevas formas de implementar sistemas similares más eficientes y comunes.

En resumen, este proyecto representa un paso importante en el campo de la ingeniería eléctrica y electrónica y avícola, al proporcionar una solución efectiva y novedosa a estos sistemas de clasificación que no solo se centran en el conteo si no en la calidad del producto al contar con una

detección de grietas y suciedad que ofrece seguridad al consumidor . Su potencial impacto en la ingeniería eléctrica y electrónica abre la puerta a futuras investigaciones y aplicaciones que podrían beneficiar a la sociedad en general. Como tal, este proyecto destaca la importancia de la implementación de sistemas ,además de las materias correspondientes a la carrera como Taller Tecnológico III, Circuitos Integrados, Fundamentos De, Automatización, Controladores programables, Instrumentación Industrial y demás, aportando en la solución de este tipo de retos.

XXII. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Egg sorter #2 - wokwi ESP32, STM32, Arduino simulator. (22/9/2024). Wokwi.com. Recuperado el 22 de septiembre de 2024, de <https://wokwi.com/projects/377743640818014209>
- [2] Sistema de clasificación de huevos. (22/9/2024). Pasreform.com. Recuperado el 22 de septiembre de 2024, de <https://www.pasreform.com/es/solutions/1/manipulacion-de-huevos/90/sistema-de-clasificacion-de-huevos>
- <https://unicrom.com/rectificador-de-media>
- [3] Because Learning [@Ardusat]. (s/f). Build your own sensor egg. Youtube. Recuperado el 22 de septiembre de 2024, de <https://www.youtube.com/watch?v=FvzOcUfiGRw>
- [4] Pyresearch [@Pyresearch]. (22/9/2024). Egg counting | Detection using Python and OpenCV. Youtube. Recuperado el 22 de septiembre de 2024, de <https://www.youtube.com/watch?v=xkcIp3318z4>
- [5] Engitek (Pty) Ltd [@Engitek]. (22/9/2024). Egg grader - EGM750. Youtube. Recuperado el 22 de septiembre de 2024, de <https://www.youtube.com/watch?v=SelkXz8JF-E>
- [6] Información estadística. (2018, marzo 26). FENAVI - Federación Nacional de Avicultores de Colombia. <https://fenavi.org/informacion-estadistica/>
- [7] Ventura, C. (22/9/2024). ¿Cómo se realiza el proceso de clasificación de huevos de mesa en Colombia? Avinstrumentos.com; Avinstrumentos. Recuperado el 22 de septiembre de 2024, de <https://avinstrumentos.com/blog/avicultura/118-como-se-realiza-el-proceso-de-clasificacion-de-huevos-de-mesa-en-colombia>
- [8] Inicio. (22/9/2024). Gov.co. Recuperado el 22 de septiembre de 2024, de <https://www.invima.gov.co/>
- [9] Sistemas de recolección de huevos. (2024, febrero 19). Big Dutchman. <https://www.bigdutchman.com/es/productos/manejo-de-gallinas-ponedoras/jaulas-de-gallinas/sistemas-de-recoleccion-de-huevos/>
- [9] Sistemas de recolección de huevos. (2024, febrero 19). Big Dutchman. <https://www.bigdutchman.com/es/productos/manejo-de-gallinas-ponedoras/jaulas-de-gallinas/sistemas-de-recoleccion-de-huevos/>
- [10] Clasificadora de Huevos. (22/9/2024). Agrofert SAS ®. Recuperado el 22 de septiembre de 2024, de <https://agrofert.co/clasificadoras-y-selectoras-clasificadora-de-huevos/aulas-de-gallinas/sistemas-de-recoleccion-de-huevos/>
- [11] (22/9/2024). Edu.ec. Recuperado el 22 de septiembre de 2024, de <https://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/13160>
- [12] (22/9/2024). Veterinariadigital.com. Recuperado el 22 de septiembre de 2024, de <https://www.veterinariadigital.com/noticias/clasificadora-de-huevos-de-facil-manejo-para-granjas-productoras-de-huevo/>
- [13] Ventura, C. (22/9/2024). Clasificadora de Huevos.

Avinstrumentos.com; Avinstrumentos. Recuperado el 22 de septiembre de 2024, de
<https://avinstrumentos.com/productos/clasificadora-de-huevos/67-clasificadora-de-huevos>

avicultura; agriNews.

<https://avinews.com/avicultores-colombianos-logran-crecimiento-del-35-superando-escenario-adverso/>

[14] Heliconia Digital Ing. DCB [@HeliconiaDigitalIngDCB]. (22/9/2024). Maqueta banda transportadora con PWM y Puente H. Youtube. Recuperado el 22 de septiembre de 2024, de
<https://www.youtube.com/watch?v=is9-WymK284>

[15] ? CONTANDO OBJETOS (Aplicando Umbralización/Thersholding) en Python - OpenCV » omes-va.com. (2019, diciembre 5). OMES.
<https://omes-va.com/contando-objetos-aplicando-umbralizacion-thersholding/>

[16] Ideas, E. [@ebotechideas4730]. (22/9/2024). Egg grader - 3D printed parts with arduino controller. Youtube. Recuperado el 22 de septiembre de 2024, de
<https://www.youtube.com/watch?v=HliztfEXHkQ&t=8s>

[17] De Hacer, M. F. [@Muuyf%C3%A1cildeH]. (22/9/2024). Proyectos | Cinta Transportadora Casera (muy fácil de hacer). Youtube. Recuperado el 22 de septiembre de 2024, de
<https://www.youtube.com/watch?v=7UsmJgHU6wk>

[18] ¿Qué son las galgas extensiométricas? ¿Cómo se usan? (10/7/2021).

<https://es.omega.com/prodinfo/galgasextensioetricas.html#:~:ext=Las%20galgas%20extensiom%C3%A9tricas%20so%20sensores,el%20cual%20puede%20ser%20medido.>

[19] (4/11/2021). Org.co. Recuperado el 30 de octubre de 2024, de
<https://bibliotecadigital.ccb.org.co/server/api/core/bitstreams/b272cb37-2841-4216-a48d-41bd01fcf225/content>

[20] de los Angeles Gutiérrez, M. (2021, diciembre 9). Avicultores colombianos logran crecimiento del 3,5%. Superando un escenario adverso este 2021. aviNews, la revista global de