



Desarrollo de un prototipo de máquina de bajo costo para la clasificación de huevos en pequeñas granjas avícolas colombianas.

Leonardo Fuentes Bohórquez

Informe de práctica para optar al título de Ingeniero Electrónico

Asesor

Fernando Eliecer Avila Berrio

Universidad de Antioquia
Facultad de Ingeniería

Ingeniería Electrónica

Medellín, Antioquia, Colombia

2023

Cita	(Fuentes Bohórquez, 2023)
Referencia	Fuentes Bohórquez, L. (2023). <i>Desarrollo de un prototipo de máquina de bajo costo para la clasificación de huevos en pequeñas granjas avícolas colombianas</i> . [Trabajo de grado profesional]. Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.
Estilo APA 7 (2020)	



Centro de Documentación Ingeniería (CENDOI)

Repositorio Institucional: <http://bibliotecadigital.udea.edu.co>

Universidad de Antioquia - www.udea.edu.co

Rector: John Jairo Arboleda Céspedes.

Decano: Julio César Saldarriaga.

Jefe departamento: Eduard Emiro Rodríguez Ramírez.

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Antioquia ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos.

Contenido

1. Introducción.....	10
2. Objetivos.....	11
2.1 Objetivo General	11
2.2 Objetivos específicos.....	11
3. Marco Teórico.....	12
3.1 Producción avícola en Colombia.....	12
3.2 Caracterización de Productores avícolas en la Producción de Huevos 15	
3.2.1 Proceso de Producción de Huevos.....	15
3.3 Costos de Producción de Huevos.....	16
3.4 Normativa de clasificación de huevos en Colombia.....	17
3.5 Necesidad de herramientas de apoyo para la Clasificación de Huevos	17
3.6 Métodos de clasificación de huevos por peso	19
3.6.1 Método manual.....	19
3.6.2 Método de contrapeso	20
3.6.3 Método de visión artificial	20
3.6.4 Método electrónico	21
3.7 Clasificadoras de huevos existentes en el mercado	22
3.7.1 Yemita.....	22
3.7.2 Clasificadora de huevos Mobanette3	23
3.7.3 Avinstrumentos CLAV-1800.....	24
4. Metodología	26
4.1 Comparación y elección del método de clasificación de huevos....	26
4.2 Elementos para la fabricación de una máquina clasificadora de huevos de tipo electrónica.	27
4.2.1 Fuente conmutada de voltaje	27
4.2.2 Arduino	27
4.2.3 Celda de carga.....	29
4.2.4 Sensor de efecto hall	32

4.2.5	Motor Nema 17	33
4.2.6	Sensor infrarrojo.....	34
4.2.7	Pantalla LCD	36
4.2.8	Teclado matricial.....	36
4.2.9	Módulo SD	37
4.2.10	Módulo de expansión I2C	37
4.2.11	RTC	38
4.2.12	Regulador de voltaje LM7805	39
4.2.13	Eagle.....	40
4.3	Implementación de la máquina electrónica clasificadora de huevos 41	
4.3.1	Parte mecánica.....	41
4.3.2	Parte electrónica.....	45
4.3.3	Parte eléctrica	53
5.	Resultados y análisis	55
6.	Conclusiones y trabajo futuro	57

Tabla de figuras

Figura 1. Producción avícola en Colombia en los últimos años. Creación propia con datos de (Fenavi, 2023)	13
Figura 2. Consumo per cápita de huevos en Colombia en los últimos 10 años (creación propia con datos de (FENAVI, 2023))	13
Figura 3. Diagrama de bloques del proceso de clasificación de huevos de SACHA (Creación propia).....	41
Figura 4. Diseño del soporte. (Creación propia)	42
Figura 5. diseño del canal de alimentación. (Creación propia)	42
Figura 6. Diseño de la pieza de dosificación. (Creación propia)	43
Figura 7. diseño de pieza de pesado. (Creación propia)	43
Figura 8. Diseño de pieza de extracción. (Creación propia)	44
Figura 9. diseño de pieza de distribución. (Creación propia).....	44
Figura 10. diseño de las bandejas de salida. (Creación propia).....	44
Figura 11. Diagrama representativo de interconexión de los componentes electrónicos. (Creación propia)	45
Figura 12. Diagrama de flujo de la programación del microcontrolador (Creación propia)	50

Tabla de Imágenes

Imagen 1. Clasificación de Huevos por peso en Colombia (ICONTEC, 2012)	17
Imagen 2. Pesa digital. (D y M tools, 2023)	18
Imagen 3. Balanza mecánica (Ferre Capital, 2023)	18
Imagen 4. pesado manual de los huevos. (Universidad de Costa Rica, 2019)	19
Imagen 5. Clasificación mecánica de huevos. (Yemita, 2023)	20
Imagen 6. Cálculo del peso de un huevo por visión artificial. (MORALES, 2022)	21
Imagen 7. Clasificación de huevos electrónica (Velazco, 2012)	22
Imagen 8. Clasificadora de Huevos Yemita 4 categorías (Yemita, 2023)	23
Imagen 9. Clasificadora de Huevos MOBANETTE3 de 4 categorías (MOBA, 2023)	24
Imagen 10. Clasificadora de Huevos CLAV-1800 de categorías (AVINSTRUMENTOS, 2020)	25
Imagen 11. Diagrama eléctrico de fuente conmutada de voltaje (Fidestec, 2023)	27
Imagen 12. Placa Arduino (Arduino, 2023)	28
Imagen 13. ATmega328P (Arduino, 2023)	29
Imagen 14. Anatomía de la celda de carga (Flintec, 2023)	30
Imagen 15. Deformación de una galga extensiométrica. (Flintec, 2023)	31
Imagen 16. diagrama eléctrico del HX711. (González, 2016)	31
Imagen 17. Efecto hall. (Iván auriol Muñoz, 2009)	32
Imagen 18. diagrama de bloques funcional del 3144. (Allegro, 2002)	33
Imagen 19. Motor Nema 17. (stepperonline, 2023)	33
Imagen 20. Driver A4988. (Pololu, 2023)	34
Imagen 21. Sensor infrarrojo detecto de obstáculos. (protexam, 2023)	35
Imagen 22. Sensor detector de presencia de obstáculos. (suconel, 2023).	35
Imagen 23. pantalla Lcd. (Arduino, 2023)	36
Imagen 24. teclado matricial 4x4. (MADE, 2018)	36
Imagen 25. Módulo SD. (mecatronics, 2023)	37

Imagen 26. módulo expensor IO PCF8574. (mcatronics, 2023)	38
Imagen 27. Módulo RTC Arduino (Llamas, 2023).	39
Imagen 28. Diagrama de conexión de regulador de voltaje de salida fija (Texas instruments, 2000).	40
Imagen 29. Vista posterior del PCB diseñado. (Creación propia)	48
Imagen 30. Vista frontal del PCB diseñado. (Creación propia).....	48
Imagen 31. Cámara de protección de los componentes electrónicos.....	49
Imagen 32. Vista del prototipo funcional en ambiente de trabajo. (Creación propia).....	56

Tabla de tablas

Tabla 1. Estudio del consumo eléctrico del prototipo. (Creación propia) 53

Resumen

Este proyecto se centra en la creación de un prototipo asequible llamado SACHA (Sistema Avanzado de Clasificación de Huevos Automático). El propósito fundamental de SACHA es agilizar el proceso de clasificación de huevos por peso, reducir el margen de error y disminuir los tiempos. Este proyecto se enfoca en la necesidad específica de los pequeños productores avícolas, donde la precisa clasificación de huevos es esencial tanto para el control de producción como para la satisfacción del cliente.

Para lograr esta meta, se llevaron a cabo diversas etapas de desarrollo. En primer lugar, se diseñó y construyó un prototipo electrónico que emplea celdas de carga para medir el peso de los huevos con precisión. Esta información es recibida por un microcontrolador, que procesa los datos y posibilita la clasificación en diferentes rangos de peso mediante variados mecanismos controlados por motores.

Por otro lado, se elaboró un panel de control que interactúa con el prototipo, permitiendo ajustar los criterios de clasificación y obtener información en tiempo real sobre la producción de huevos. Este panel de control ofrece una interfaz sencilla y amigable para que los operadores de la granja avícola gestionen y supervisen el proceso de clasificación.

Además, se diseñó y fabricó una tarjeta de acondicionamiento para garantizar una interconexión fiable y segura de todos los componentes necesarios para el funcionamiento del prototipo. Este componente es crucial para la operación adecuada del sistema y brinda una mayor facilidad para ensamblar los componentes electrónicos del mismo.

A lo largo del informe, se detallan las fases de diseño, construcción y programación del prototipo SACHA. También se presentan los resultados obtenidos en términos de precisión y eficiencia, junto con posibles áreas de mejora. El informe concluye con un análisis de las implicaciones y beneficios del sistema automatizado de clasificación de huevos en la industria avícola.

1. Introducción

El Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) ha registrado un incremento notable en la adopción de sistemas productivos avícolas de pequeña y mediana escala en diversos municipios del departamento de Santander (ICA, 2023). Conforme estas iniciativas avanzan hacia la etapa de producción, se ha identificado una necesidad crítica: la clasificación precisa de los huevos según su peso para fines de comercialización. Sin embargo, este proceso manual conlleva ineficiencias y las alternativas disponibles en el mercado resultan excesivamente costosas para los microempresarios del sector.

Con el propósito de optimizar las operaciones en los galpones avícolas de Villanueva, Santander, se llevó a cabo el desarrollo de un prototipo innovador denominado "SACHA" (Sistema Avanzado de Clasificación de Huevos automático). Este proyecto, se centró en la implementación de un sistema automatizado y de bajo costo, que mejora significativamente la eficiencia en la clasificación de huevos en las pequeñas granjas avícolas de la región.

La propuesta de "SACHA" no solo aborda la demanda concreta de los microempresarios avícolas, sino que también responde a los desafíos inherentes al proceso de clasificación de huevos. A través de una combinación de tecnologías y enfoques ingenieriles, el proyecto logró optimizar el proceso de clasificación, reducir errores y brindar a los productores una herramienta práctica, eficaz y más económica que las ofertas que hay en el mercado.

En esta presentación del informe, se detallarán los aspectos clave del proceso de desarrollo e implementación de "SACHA", incluyendo el diseño del prototipo, las tecnologías utilizadas y los resultados alcanzados en términos de eficiencia y precisión. Además, se discutirán las posibles áreas de mejora y se analizará el impacto potencial del sistema automatizado de clasificación de huevos en un contexto más amplio de la industria avícola.

2. Objetivos

2.1 Objetivo General

Desarrollar en etapa de prototipo una máquina electrónica clasificadora de huevos utilizando elementos de bajo costo para mejorar la eficiencia en pequeñas granjas avícolas colombianas.

2.2 Objetivos específicos

- Identificar las diferentes estrategias utilizadas para la clasificación de huevos en la industria y seleccionar la más adecuada para el contexto colombiano.
- Realizar monitoreo tecnológico de los componentes que cumplan con las exigencias de la estrategia seleccionada y elegir los que tengan orientación hacia el bajo costo.
- Diseñar un prototipo electrónico de máquina clasificadora de huevos a partir de la estrategia y componentes seleccionados.
- Desarrollo de software para el control lógico del prototipo seleccionado.
- Realizar pruebas y aplicar los ajustes necesarios al prototipo electrónico para optimizar su funcionamiento.

3. Marco Teórico

3.1 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, 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).

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.

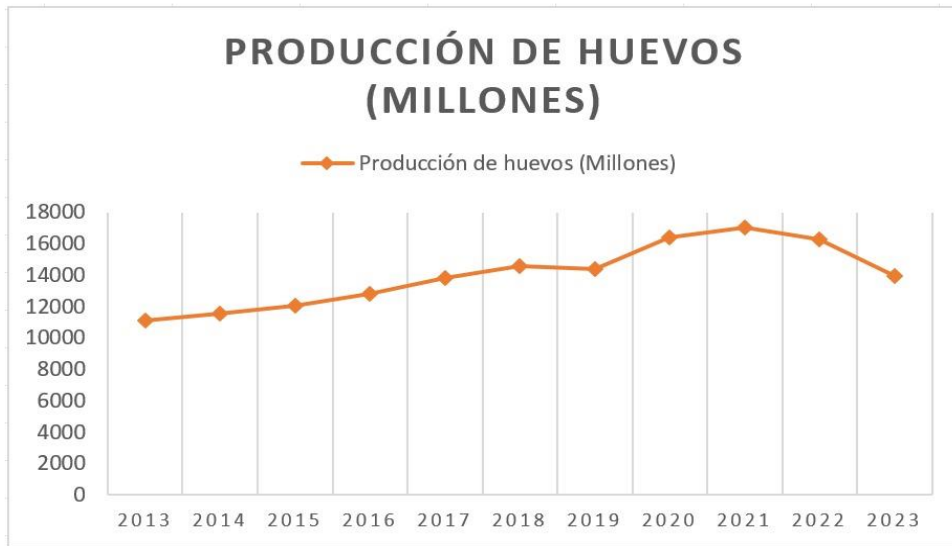


Figura 1. Producción avícola en Colombia en los últimos años. Creación propia con datos de (Fenavi, 2023)

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)

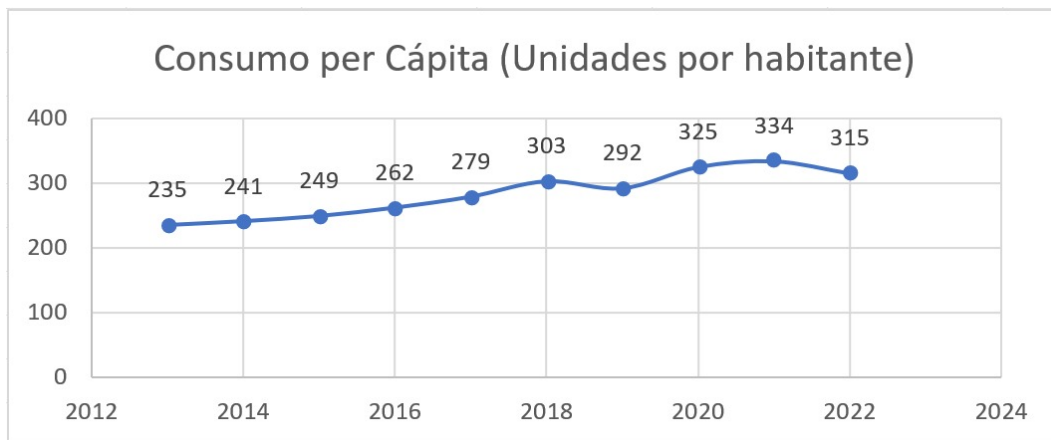


Figura 2. Consumo per cápita de huevos en Colombia en los últimos 10 años (creación propia con datos de (FENAVI, 2023))

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).

3.2 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.

3.2.1 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.

3.3 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.

Para determinar el costo de producción, se realizó el estudio de caso a la granja avícola LAS VEGAS productora de huevo, ubicada en la zona rural del municipio de Villanueva Santander, donde su propietario afirma que, en el año 2023, durante la etapa productiva de su granja, teniendo en cuenta costos como la alimentación, servicios públicos, cuidados, se tiene en promedio un costo aproximado de 320 COP en la producción de un huevo. Adicionalmente bajo su experiencia, expresa que se obtiene un promedio de 400 Huevos por ave alojada, lo que indica cuantos huevos produce una gallina a lo largo de toda su etapa productiva.

3.4 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 resume los estándares y categorías definidos por esta normativa, proporcionando una guía esencial para productores, distribuidores y consumidores de huevos en Colombia

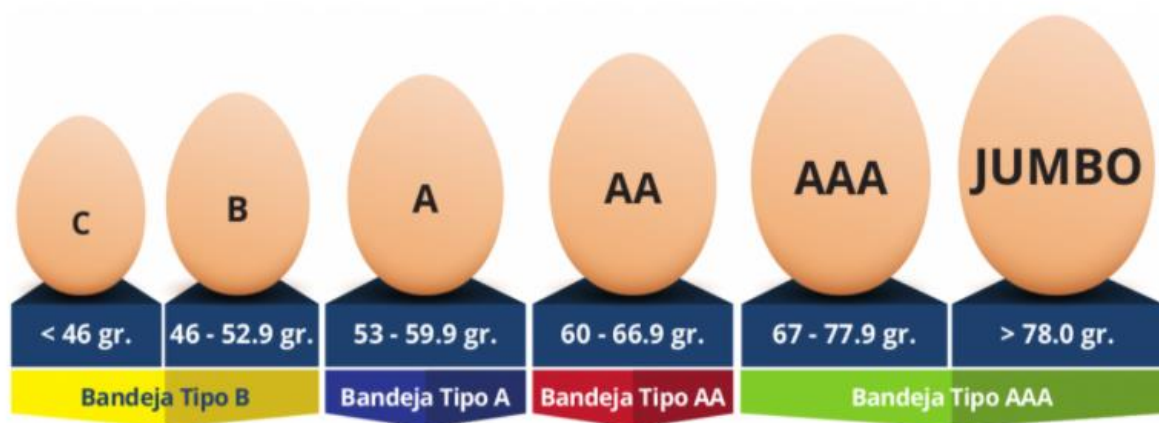


Imagen 1. Clasificación de Huevos por peso en Colombia (ICONTEC, 2012)

3.5 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.



Imagen 2. Pesa digital. (D y M tools, 2023)



Imagen 3. Balanza mecánica (Ferre Capital, 2023)

3.6 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.

3.6.1 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.



Imagen 4. pesado manual de los huevos. (Universidad de Costa Rica, 2019)

3.6.2 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.



Imagen 5. Clasificación mecánica de huevos. (Yemita, 2023)

3.6.3 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. (MORALES, 2022).

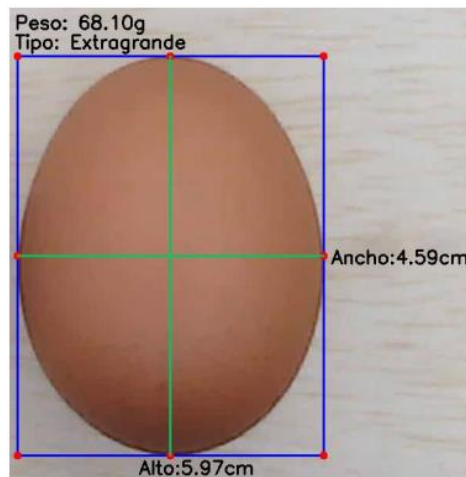


Imagen 6. Cálculo del peso de un huevo por visión artificial. (MORALES, 2022)

3.6.4 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. (Velazco, 2012)

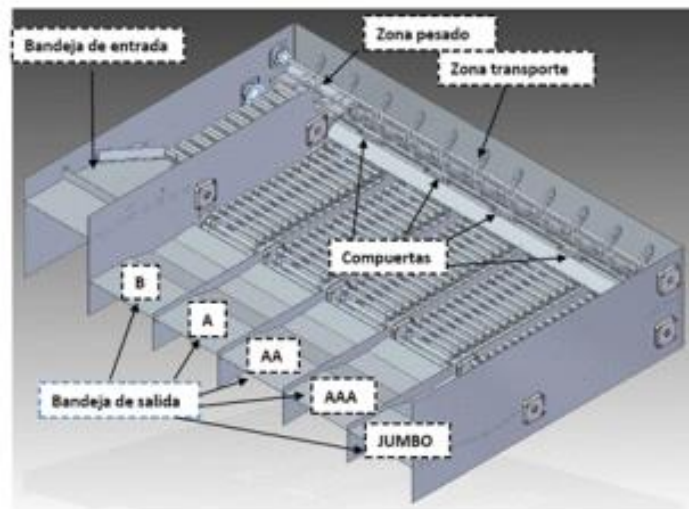


Imagen 7. Clasificación de huevos electrónica (Velazco, 2012)

3.7 Clasificadoras de huevos existentes en el mercado

3.7.1 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 (Yemita, 2023).

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 al 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.
- Precio de 3380 USD

La Imagen 8 muestra un ejemplar en funcionamiento.



Imagen 8. Clasificadora de Huevos Yemita 4 categorías (Yemita, 2023)

3.7.2 Clasificadora de huevos Mobanette3

La Mobanette3, 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 (MOBA, 2023).

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



Imagen 9. Clasificadora de Huevos MOBANETTE3 de 4 categorías (MOBA, 2023)

3.7.3 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 (AVINSTRUMENTOS, 2020).

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
- Precio \$ 9.420.000 más 5% de IVA



Imagen 10. Clasificadora de Huevos CLAV-1800 de categorías (AVINSTRUMENTOS, 2020)

4. Metodología

4.1 Comparación y elección del método de clasificación de huevos.

A pesar de sus limitaciones, el método de clasificación manual sigue siendo una opción viable en situaciones donde la producción es de menor escala o donde se busca un mayor control humano en el proceso de clasificación. No obstante, para operaciones de mayor envergadura y eficiencia, se suelen preferir métodos más automatizados, como la clasificación electrónica, el uso de contrapesos o la visión artificial.

Entre los métodos de visión artificial actuales revisados en este trabajo, se destaca su alta velocidad de procesamiento en comparación con otros métodos; sin embargo, es importante tener en cuenta que este enfoque conlleva un mayor costo computacional y una mayor complejidad de desarrollo, lo que a su vez implica un aumento en los costos monetarios.

Si bien el método mecánico es ampliamente utilizado en la industria avícola debido a su velocidad de procesamiento, es relevante señalar que su costo de adquisición suele ser elevado. Además, el desgaste mecánico requiere un mantenimiento regular, lo que implica costos adicionales para los usuarios.

Por otro lado, la implementación del enfoque electrónico para el prototipo SACHA, ilustra ventajas notables que ofrece el método electrónico en la construcción de este tipo de dispositivos. Estas ventajas incluyen una mayor precisión, flexibilidad y automatización, lo que se traduce en mediciones más precisas, la capacidad de adaptarse a diferentes tareas y una reducción de los costos laborales. Además, la recopilación de datos, la conectividad y el mantenimiento son más eficientes. Esto, junto con la versatilidad, hace que la opción electrónica sea altamente beneficiosa. Finalmente, no debemos pasar por alto el hecho de que el costo de adquirir este prototipo suele ser más conveniente en comparación con los equipos comerciales existentes en el mercado.

4.2 Elementos para la fabricación de una máquina clasificadora de huevos de tipo electrónica.

4.2.1 Fuente conmutada de voltaje

Una fuente de alimentación de modo conmutado (también conocida como fuente de alimentación conmutada, SMPS, conmutador) es un dispositivo de suministro que convierte la energía eléctrica de un voltaje a otro de manera eficiente.

Normalmente, SMPS se utiliza para transferir energía desde una fuente de CC / CA a una carga de CC (es decir, una computadora, teléfono móvil, etc.). La mayoría de las fuentes de alimentación de modo conmutado convierten un voltaje más alto (110 V o 220 V CA) en un voltaje CC mucho más bajo, como 24 V, 12 V o 5 V.

Podemos encontrar este tipo de fuentes de alimentación en casi todos los electrodomésticos, especialmente aquellos que son compactos. Por ejemplo, se pueden tomar adaptadores de carga de teléfonos móviles, computadoras, adaptadores de carga de computadoras portátiles (OMCH, 2021). En la figura x se muestra el diagrama eléctrico de este tipo de fuente.

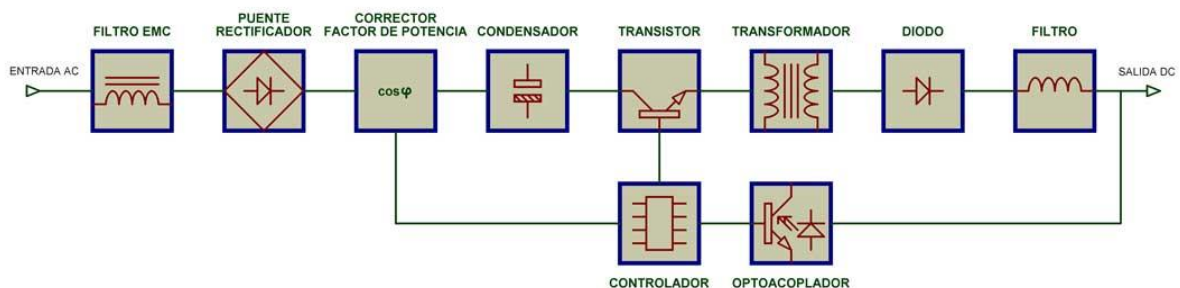


Imagen 11. Diagrama eléctrico de fuente conmutada de voltaje (Fidestec, 2023)

4.2.2 Arduino

Arduino es una plataforma de desarrollo que se fundamenta en una placa electrónica de hardware de código abierto. En esta placa, se integra un microcontrolador que puede ser reprogramado, junto con una serie de conectores hembra. Estos conectores facilitan la conexión entre el

microcontrolador y diversos sensores y actuadores de forma simple, principalmente utilizando cables Dupont. (Arduino, 2023)

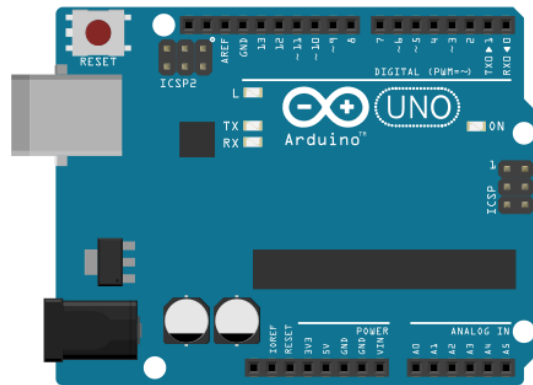


Imagen 12. Placa Arduino (Arduino, 2023)

4.2.2.1 Microcontrolador ATmega328P

Un microcontrolador es un equipo con las mismas características de una computadora, solo que su tamaño es más pequeño. Tiene un CPU (Central Processing Unit) por sus siglas en inglés, una memoria RAM y una memoria ROM. Es el cerebro de un sistema informático y el motor que activa el funcionamiento de un equipo.

Su utilidad está presente en muchas áreas de la vida cotidiana, en la industria cumple una tarea fundamental, ya que es utilizado como complemento en la automatización de diversas operaciones. Con un microcontrolador tenemos la posibilidad de realizar múltiples tareas, tales como la administración de entrada y salida en un proceso informático determinado.

La placa Arduino utiliza el microcontrolador ATmega328P de Atmel, que incluye la tecnología "PicoPower" para un menor consumo de energía en comparación con el modelo equivalente sin "PicoPower", el ATmega328. Ambos modelos, ATmega328P y ATmega328, son funcionalmente idénticos y pueden ser intercambiables. El ATmega328P forma parte de la arquitectura AVR desarrollada por Atmel y se encuentra en la subfamilia "megaAVR". Otras subfamilias de la arquitectura AVR incluyen la "tinyAVR" (representada por los microcontroladores ATtiny, más limitados) y la "XMEGA" (con microcontroladores más avanzados identificados como ATxmega). (Arduino, 2023)

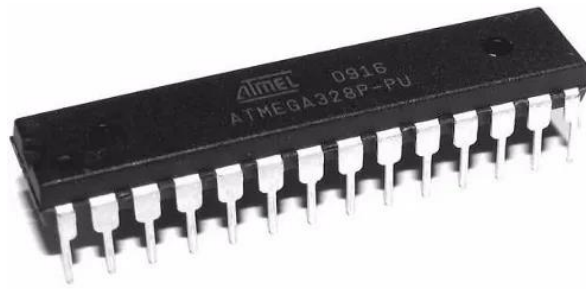


Imagen 13. ATmega328P (Arduino, 2023)

4.2.2.2 IDE Arduino

La amplia popularidad de Arduino se debe en gran medida a su comunidad activa y a la abundancia de placas y programas (sketchs) disponibles, desarrollados por numerosos colaboradores. A pesar de la variedad de opciones disponibles, el entorno de programación oficial de Arduino (IDE) es altamente recomendado para el desarrollo de proyectos, ya que ofrece a sus usuarios un ambiente completo donde estos pueden importar las librerías necesarias y compilar sus programas de forma rápida y eficiente. (Arduino, 2023)

4.2.2.3 Lenguaje de programación C

El lenguaje de programación C es un lenguaje de programación de medio nivel que se caracteriza por su versatilidad y eficiencia. Fue desarrollado originalmente en la década de 1970 y ha sido ampliamente utilizado en el mundo de la informática y la programación. C se destaca por su capacidad para trabajar directamente con la estructura del hardware de una computadora, lo que lo hace adecuado para el desarrollo de sistemas operativos y aplicaciones de bajo nivel. Además, su sintaxis clara y concisa lo convierte en una herramienta poderosa para el desarrollo de una amplia gama de aplicaciones, desde aplicaciones de escritorio hasta aplicaciones web y sistemas embebidos. C también ha influido en el desarrollo de otros lenguajes de programación populares, como C++ y C# (Esteban).

4.2.3 Celda de carga

Una celda de carga es un sensor electromecánico utilizado para medir fuerza o peso, basado en la relación entre la fuerza aplicada, la deformación del

material y la corriente eléctrica. Estos dispositivos versátiles ofrecen mediciones precisas en diversas aplicaciones, desde la automatización de la fabricación hasta el pesaje en cajas de supermercado. Además, las celdas de carga tienen un papel crucial en avances tecnológicos como la robótica, la háptica y las prótesis médicas, impulsando la constante evolución de diseños para adaptarse a las necesidades cambiantes del mercado. (Flintec, 2023). En la Imagen 14 se puede apreciar su forma.

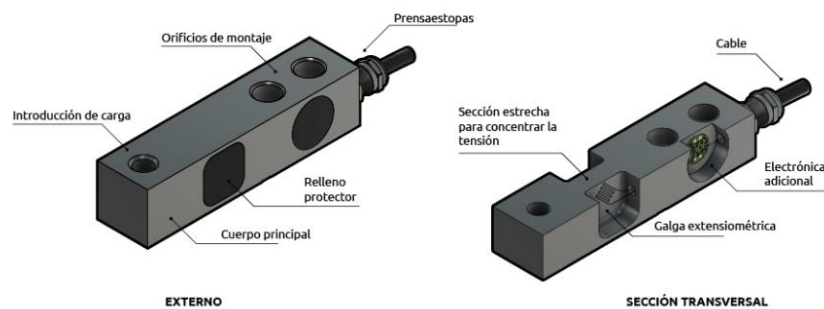


Imagen 14. Anatomía de la celda de carga (Flintec, 2023)

Una celda de carga típica consta de dos partes: el cuerpo principal y un circuito eléctrico conectado. El cuerpo principal soporta el peso o la fuerza y representa la mayor parte de la célula de carga. Por lo general, se fabrica con acero o aluminio de alta calidad, lo que garantiza la fiabilidad mecánica y una distribución de tensiones predecible y uniforme.

El circuito eléctrico se encuentra dentro de la célula de carga, firmemente unido al cuerpo principal. El circuito incluye galgas extensiométricas que son componentes especiales del circuito, diseñados para detectar las deformaciones.

4.2.3.1 Galga extensiométrica

Las galgas extensométricas se componen de un conductor eléctrico, ya sea en forma de alambre o lámina delgada, dispuesto en un patrón en forma de zigzag. (Figura X) Este diseño las hace altamente sensibles a la tensión y la compresión a lo largo de su longitud, pero insensibles en su ancho. Esto permite su posicionamiento preciso para detectar fuerzas en direcciones específicas. Por ejemplo, las células de carga tipo Viga tienen sus medidores de tensión

dispuestos en un ángulo de 45 grados con respecto al eje de carga para maximizar la detección de la tensión de corte a través de la célula de carga.

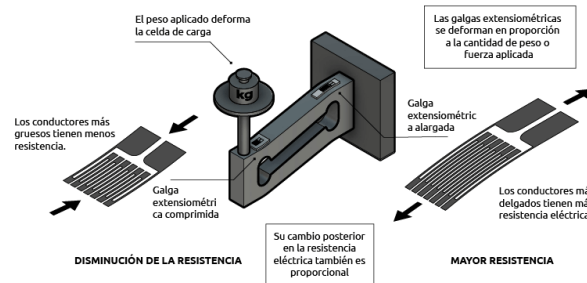


Imagen 15. Deformación de una galga extensiométrica. (Flintec, 2023)

4.2.3.2 Driver hx711

Para procesar la señal proveniente del sensor, empleamos el módulo conversor Analógico/Digital HX711/CAD/ADC de 24 bits. Este dispositivo actúa como un amplificador y convertidor analógico a digital con una precisión de 24 bits, diseñado específicamente para aplicaciones en pequeña escala y control industrial. Su funcionamiento es sencillo y ofrece un rendimiento sobresaliente, una alta sensibilidad y una velocidad de medición muy eficaz. El módulo se comunica con una computadora u ordenador mediante una interfaz de comunicación serie síncrona. (González, 2016).

La Imagen 16 muestra el diagrama de bloques del circuito integrado.

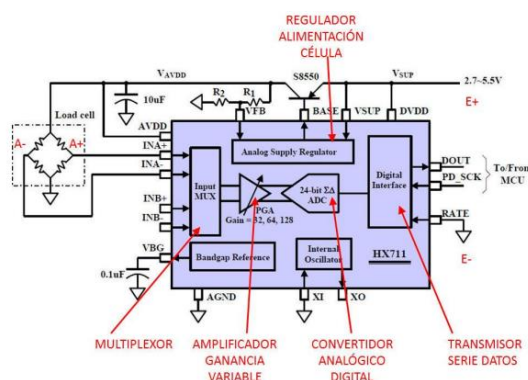


Imagen 16. diagrama eléctrico del HX711. (González, 2016)

4.2.4 Sensor de efecto hall

El sensor de efecto Hall es un dispositivo que detecta campos magnéticos y se basa en el "Efecto Hall", un fenómeno físico en el que se genera una diferencia de voltaje (tensión) en un conductor cuando se encuentra en un campo magnético perpendicular a la corriente eléctrica que fluye a través de él. Estos sensores son ampliamente utilizados en aplicaciones que involucran la medición de campos magnéticos, la detección de posición y la generación de señales analógicas o digitales. (Iván auriol muñoz, 2009)

En la Imagen 17 se representa el efecto hall.

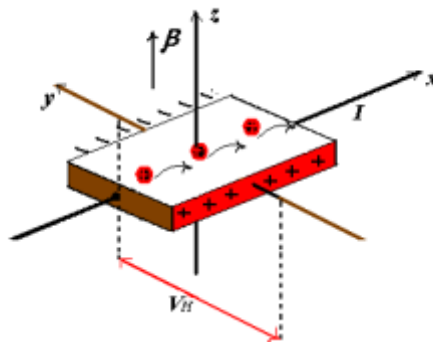


Imagen 17. Efecto hall. (Iván auriol muñoz, 2009)

Actualmente en la industria existen circuitos electrónicos como el 3144 o también llamado interruptor de efecto Hall que detecta campos magnéticos y cambia su estado de salida en respuesta a esta detección. Tiene una salida digital y se utiliza en diversas aplicaciones, como sistemas de seguridad y control de motores. Es compacto, duradero y requiere una fuente de alimentación eléctrica. Es un dispositivo versátil y ampliamente utilizado en la electrónica. (Allegro, 2002). En la Imagen 18 se puede apreciar el diagrama de bloques funcional de este dispositivo.

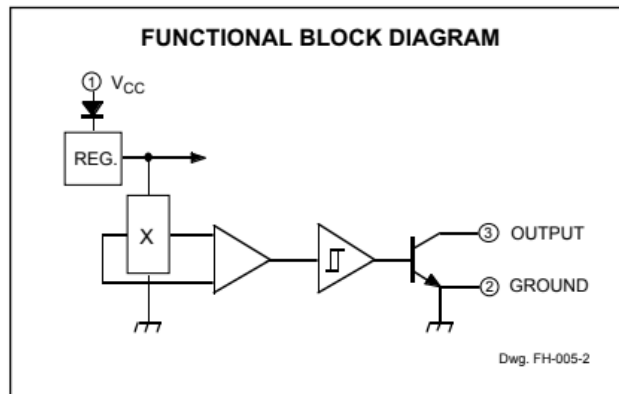


Imagen 18. diagrama de bloques funcional del 3144. (Allegro, 2002)

4.2.5 Motor Nema 17

El motor NEMA 17 es un tipo de motor paso a paso ampliamente utilizado en aplicaciones de control de movimiento. Su nombre proviene de las normas NEMA (National Electrical Manufacturers Association) que definen las dimensiones estándar para motores eléctricos. Este motor se caracteriza por tener un ángulo de paso de 1.8 grados por paso, lo que significa que se mueve 1.8 grados cada vez que se le envía una señal de paso. Es conocido por su precisión y capacidad para girar en incrementos discretos, lo que lo hace ideal para aplicaciones como impresoras 3D, máquinas CNC y robótica. Se controla mediante un driver que proporciona las señales de paso y dirección necesarias para su funcionamiento. (stepperonline, 2023). En la Imagen 19 se muestra un ejemplar de estos motores.

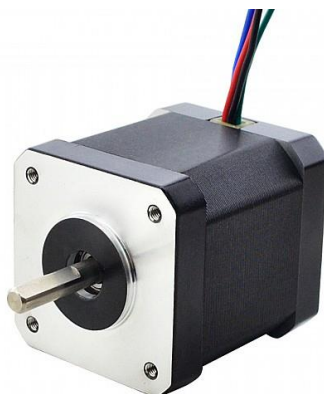


Imagen 19. Motor Nema 17. (stepperonline, 2023)

4.2.5.1 Driver A4988

El driver A4988 es un controlador de motores paso a paso que se utiliza para controlar motores como el NEMA 17. Este driver es compatible con una amplia gama de microcontroladores y placas de desarrollo, lo que lo hace versátil en muchas aplicaciones. Permite controlar la velocidad y la dirección del motor paso a paso mediante señales de pulso y dirección. El A4988 es conocido por su capacidad para proporcionar una corriente constante a los motores y su capacidad para microstepping, lo que permite un movimiento suave y preciso. Es ampliamente utilizado en impresoras 3D, máquinas CNC, robots y otros sistemas de control de movimiento. En la Imagen 20 se puede visualizar este componente. (Pololu, 2023)

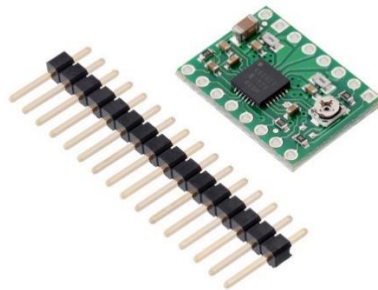


Imagen 20. Driver A4988. (Pololu, 2023)

4.2.6 Sensor infrarrojo

Los sensores infrarrojos, conocidos como sensores IR, son dispositivos electrónicos diseñados para detectar radiación infrarroja en el espectro electromagnético. Esta radiación es invisible al ojo humano y se utiliza en diversas aplicaciones, como la comunicación remota, la detección de movimiento, la seguridad y la automatización industrial. Estos sensores funcionan al recibir radiación infrarroja emitida por una fuente, como un control remoto o el calor emitido por un objeto. Cuando el sensor capta esta radiación, genera una señal eléctrica que puede ser interpretada por un microcontrolador u otro circuito de control. Según su diseño, los sensores IR pueden detectar cambios en la intensidad de la radiación, lo que los hace útiles en aplicaciones como la detección de obstáculos en robots o sistemas de seguridad. (GSL, 2021). En la Imagen 21 se representa una de las aplicaciones de este tipo de sensores.

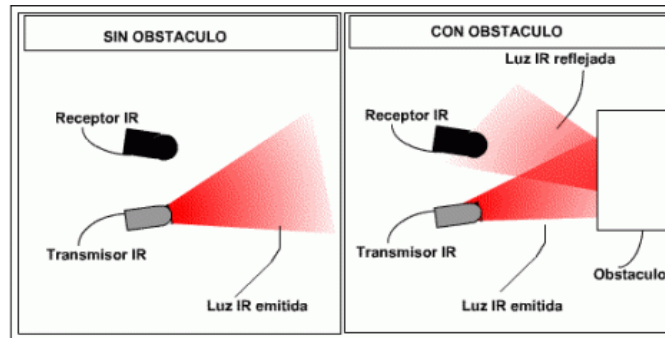


Imagen 21. Sensor infrarrojo detecto de obstáculos. (protexam, 2023)

4.2.6.1 Sensor de Presencia de Obstáculos Infrarrojo IR Arduino.

El sensor de presencia de obstáculos infrarrojo IR para Arduino es un componente electrónico que utiliza tecnología infrarroja para detectar objetos u obstáculos en su campo de visión. Este sensor consta de un emisor de infrarrojos y un receptor de infrarrojos. El emisor emite una señal infrarroja, que rebota en un objeto cercano y es captada por el receptor. Cuando un objeto se interpone entre el emisor y el receptor, la señal infrarroja se ve bloqueada, lo que indica la presencia de un obstáculo.

Este tipo de sensor es ampliamente utilizado en proyectos de robótica y automatización, ya que permite a los dispositivos evitar colisiones o detectar objetos cercanos. Por ejemplo, un robot móvil equipado con este sensor puede detenerse automáticamente o cambiar de dirección cuando se detecta un obstáculo en su camino. También se usa en sistemas de seguridad para la detección de movimiento, como en sistemas de iluminación automática o alarmas. La Imagen 22 muestra este tipo de sensor. (suconel, 2023)

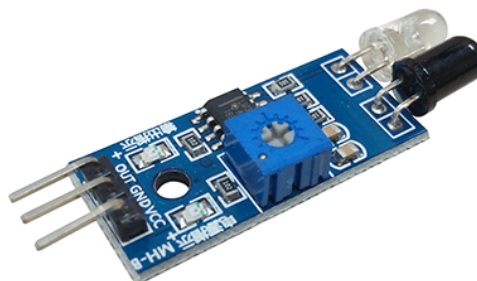


Imagen 22. Sensor detector de presencia de obstáculos. (suconel, 2023).

4.2.7 Pantalla LCD

La pantalla LCD, siglas de "Liquid Crystal Display" o "Pantalla de Cristal Líquido", es un dispositivo de visualización que utiliza tecnología de cristales líquidos para mostrar información de texto o gráficos. Estas pantallas son ampliamente utilizadas en dispositivos electrónicos, desde relojes digitales hasta teléfonos móviles y equipos de medición. (orient display, 2022). En la Imagen 23 se puede apreciar un ejemplar de este tipo de pantallas.



Imagen 23. pantalla Lcd. (Arduino, 2023)

4.2.8 Teclado matricial

Un teclado matricial es un dispositivo de entrada que se utiliza para capturar datos, generalmente en forma de pulsaciones de teclas. Está compuesto por una serie de teclas dispuestas en una matriz o cuadrícula. Cada tecla está ubicada en una intersección de filas y columnas, lo que permite identificar cuál de ellas ha sido presionada. Los teclados matriciales son comunes en una variedad de dispositivos, desde teléfonos móviles y calculadoras hasta sistemas de control industrial. Se utilizan en situaciones donde se necesita un teclado compacto y económico. En la Imagen 24 se muestra un teclado matricial de 4x4. (MADE, 2018)



Imagen 24. teclado matricial 4x4. (MADE, 2018)

4.2.9 Módulo SD

Un módulo SD, también conocido como módulo lector de tarjetas SD, es un componente que permite a un dispositivo interactuar con tarjetas de memoria SD (Secure Digital). Las tarjetas SD son un tipo de almacenamiento de memoria flash ampliamente utilizadas en dispositivos electrónicos, como cámaras digitales, teléfonos móviles, reproductores de música y sistemas embebidos como Arduino.

El módulo SD facilita la lectura y escritura de datos en una tarjeta SD a través de un microcontrolador o un sistema como Arduino. Este módulo suele incluir un lector de tarjetas SD y una interfaz de comunicación, como SPI (Serial Peripheral Interface) o I2C (Inter-Integrated Circuit), que permite la transferencia de datos entre el dispositivo y la tarjeta SD.

Algunas de las funciones típicas de un módulo SD incluyen la lectura de archivos almacenados en una tarjeta SD, la escritura de datos en la tarjeta y la gestión de archivos y directorios. Esto lo hace útil en aplicaciones que requieren almacenamiento adicional, como guardar registros de datos, configuraciones de usuario o contenido multimedia. (mecatronics, 2023) En la Imagen 25 se visualiza este módulo.

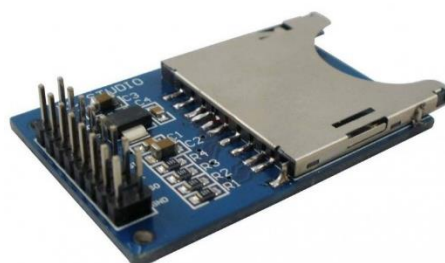


Imagen 25. Módulo SD. (mecatronics, 2023)

4.2.10 Módulo de expansión I2C

Un módulo de expansión I2C es un dispositivo que amplía la cantidad de puertos de entrada/salida en un microcontrolador o sistema embebido mediante la interfaz I2C. Estos módulos se conectan al sistema principal y proporcionan puertos adicionales para conectar sensores, actuadores y otros dispositivos. Son útiles cuando se necesitan más puertos de E/S que los disponibles en el microcontrolador principal. Los módulos de expansión I2C

pueden incluir puertos GPIO, analógicos, pantallas, sensores y más. La información sobre cómo utilizar un módulo específico se encuentra en tutoriales en línea y la documentación del fabricante (mecatronics, 2023). En la Imagen 26 se muestra el módulo que cumple dicha tarea.

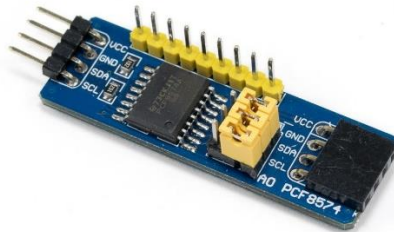


Imagen 26. módulo expansor IO PCF8574. (mecatronics, 2023)

4.2.11 RTC

El módulo RTC, que significa "Real-Time Clock" o "Reloj en Tiempo Real", es un componente electrónico (Imagen 27) que se utiliza para llevar un seguimiento preciso del tiempo en aplicaciones electrónicas. Este módulo se basa en un circuito integrado especializado que puede mantener la hora y la fecha de manera continua, incluso cuando se interrumpe la energía eléctrica. Los módulos RTC son esenciales en sistemas donde es crucial registrar la hora y la fecha con precisión, como sistemas de registro de datos, sistemas de automatización, controladores de acceso y muchos otros dispositivos electrónicos. (Llamas, 2023)

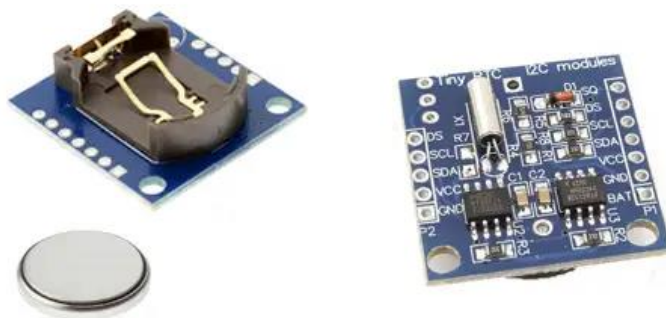


Imagen 27. Módulo RTC Arduino (Llamas, 2023).

4.2.12 Regulador de voltaje LM7805

El regulador de voltaje LM7805 es un componente electrónico que desempeña un papel fundamental en la estabilización y regulación de la tensión eléctrica en circuitos electrónicos. Este dispositivo, parte de la familia de reguladores de tensión de la serie 78XX, es especialmente conocido por su capacidad para proporcionar una salida de voltaje constante de +5 voltios (V) a partir de una entrada de voltaje variable. El LM7805 es ampliamente utilizado en una variedad de aplicaciones electrónicas, desde fuentes de alimentación para tarjetas de desarrollo hasta cargadores de baterías y dispositivos portátiles. Su función principal es garantizar que los componentes electrónicos del circuito reciban la tensión adecuada para funcionar de manera estable y segura (Texas Instruments, 2000). La Imagen 28 representa la configuración en la cual se debe conectar este tipo de reguladores para su correcto funcionamiento.

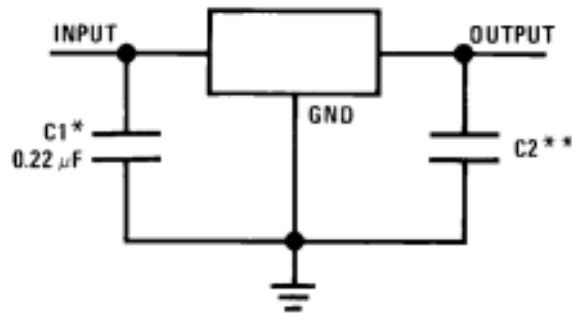


Imagen 28. Diagrama de conexión de regulador de voltaje de salida fija (Texas instruments, 2000).

4.2.13 Eagle.

Eagle, desarrollado por Autodesk, es un popular software de diseño de PCB que se destaca por su versatilidad y facilidad de uso. Con Eagle, los ingenieros y diseñadores electrónicos pueden llevar a cabo todo el proceso de diseño de circuitos impresos, desde la esquemática inicial hasta la creación de archivos de producción para fabricar las PCB.

Este software ofrece una amplia biblioteca de componentes electrónicos, lo que facilita la incorporación de componentes comunes en tus diseños. Además, Eagle admite la creación de componentes personalizados, lo que es útil cuando necesitas integrar partes específicas en tu proyecto. También es una herramienta efectiva para la disposición de componentes en la PCB, permitiéndote colocar y enrutar las pistas de conexión de manera eficiente.

Una característica destacada de Eagle es su capacidad de verificar el diseño en busca de errores, como conexiones incorrectas o pistas superpuestas, lo que ayuda a prevenir problemas antes de enviar los archivos para la fabricación. Además, Eagle ofrece una amplia gama de formatos de salida estándar, lo que facilita la colaboración con proveedores de PCB y fabricantes. (Autodesk, 2023)

4.3 Implementación de la máquina electrónica clasificadora de huevos

Para la implementación de un prototipo electrónico capaz de realizar la clasificación de huevos, se desglosa su construcción en 3 tópicos fundamentales: una parte eléctrica, una parte electrónica y una parte mecánica. Por consiguiente, se va a profundizar en estos tópicos que contribuyeron a la realización de esta máquina clasificadora. Adicionalmente, se considera el siguiente diagrama de bloques del proceso de clasificación de huevos, el cual es una guía clara y concisa para la implementación del prototipo.

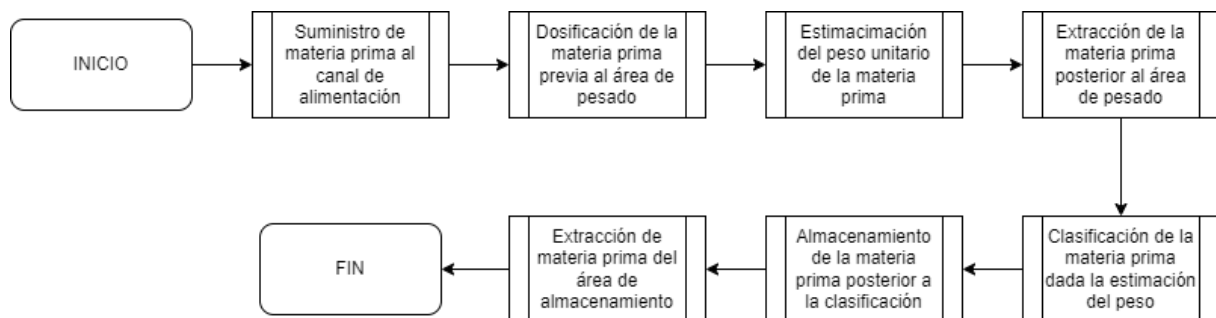


Figura 3. Diagrama de bloques del proceso de clasificación de huevos de SACHA (Creación propia).

4.3.1 Parte mecánica

En la parte mecánica del prototipo se tienen los siguientes componentes: base o soporte, canal de alimentación, bandejas de salida, y mecanismos de acción. A continuación, se describe cada uno de los anteriores componentes.

- **Soporte principal o base:** Es necesario que el proceso de clasificación se haga a una altura adecuada, esto para que el productor avícola pueda alimentar la máquina y recolectar los huevos ya clasificados de manera cómoda, por esto, se construyó un soporte en hierro (Figura X), robusto capaz de soportar los demás componentes de la máquina que brinda una base sólida y de altura graduable para la operación.



Figura 4. Diseño del soporte. (Creación propia)

- **Canal de alimentación:** se fabricó un canal (Ver diseño en la Figura X) de acero galvanizado cubierto con una lona acolchada que suaviza la superficie de este, para tener un ingreso ordenado y delicado de los huevos al módulo de clasificación con una capacidad máxima de 18 unidades. Los huevos se desplazan por el canal gracias al ángulo de inclinación variable del mismo, lo que les permite rodar por efecto de gravedad de una forma segura, simple y eficaz.



Figura 5. diseño del canal de alimentación. (Creación propia)

- **Módulo de clasificación:** este módulo está constituido por 4 partes, dosificación, pesado, extracción y distribución, las cuales en conjunto logran clasificar secuencialmente los huevos de la siguiente forma.
 - **Dosificación:** Aspa bípeda de acero galvanizado recubierta con lona, provista de un eje central acoplado a un motor, con la cual es posible desplazar el huevo que se encuentra al final del canal hacia el área de pesado. La figura X muestra el diseño de la pieza.

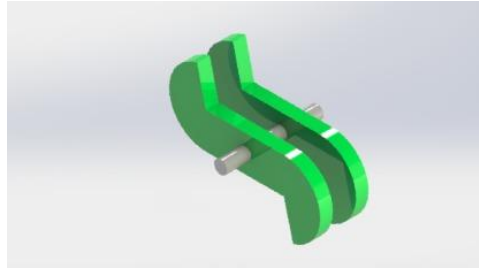


Figura 6. Diseño de la pieza de dosificación. (Creación propia)

- **Pesado:** Lámina bípeda de forma convexa en la parte superior, en la que se deposita el huevo suministrado por el aspa de dosificación, cuya base está conectada físicamente a una celda de carga que determina el peso del objeto. En la Figura 7 se muestra el diseño de dicha pieza.

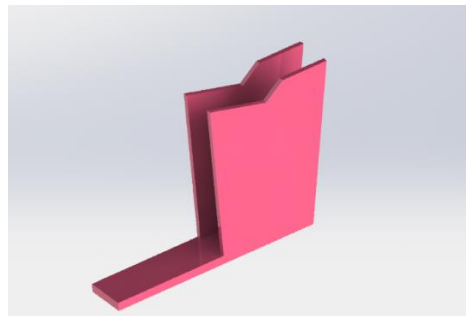


Figura 7. diseño de pieza de pesado. (Creación propia)

- **extracción:** Aspa bípeda de acero galvanizado recubierta con lona, provista de un eje central acoplado a un motor, con la cual es posible desplazar el huevo que se encuentra en el área de pesado hacia el área de distribución. En la Figura 8 se presenta el diseño de la pieza mencionada.

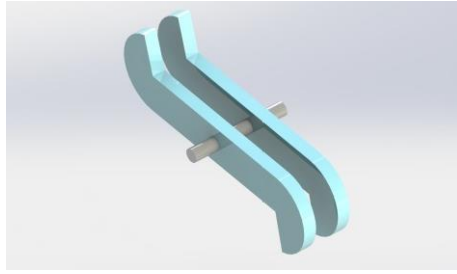


Figura 8. Diseño de pieza de extracción. (Creación propia)

- **Distribución:** pieza mecánica con una configuración geométrica que se asemeja a un canal formado por un trapecio doblado, el cual se encuentra acoplado en su parte inferior a un motor, con la cual se logra modificar la trayectoria final del huevo hacia la bandeja de salida correspondiente. Figura 9 representa el diseño de esta pieza.

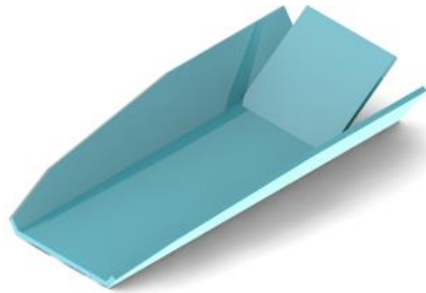


Figura 9. diseño de pieza de distribución. (Creación propia)

- **Bandejas de salida:** Área semicircular constituida de acero galvanizado recubierto con lona, provista de 5 divisiones cuyo rol es mantener los huevos separados posterior a su clasificación hasta ser extraídos manualmente del sistema. Figura 10 representa el diseño de la pieza.

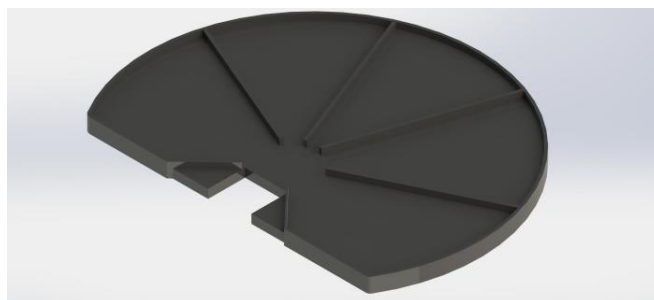


Figura 10. diseño de las bandejas de salida. (Creación propia)

4.3.2 Parte electrónica

La parte electrónica del prototipo se deriva en dos ejes principales: la selección e interconexión de los diferentes componentes que participan en el diseño del prototipo (Hardware) y la programación o control de los diferentes componentes para desarrollar adecuadamente las tareas involucradas en el proceso (Software).

4.3.2.1 Desarrollo de Hardware

Con respecto a la parte de hardware, se diseñó el siguiente diagrama de interconexión, que es la base de comunicación de todos los componentes electrónicos (microcontrolador, sensores y actuadores), y a partir de este se profundizará en el funcionamiento para lograr la respectiva clasificación durante el proceso.

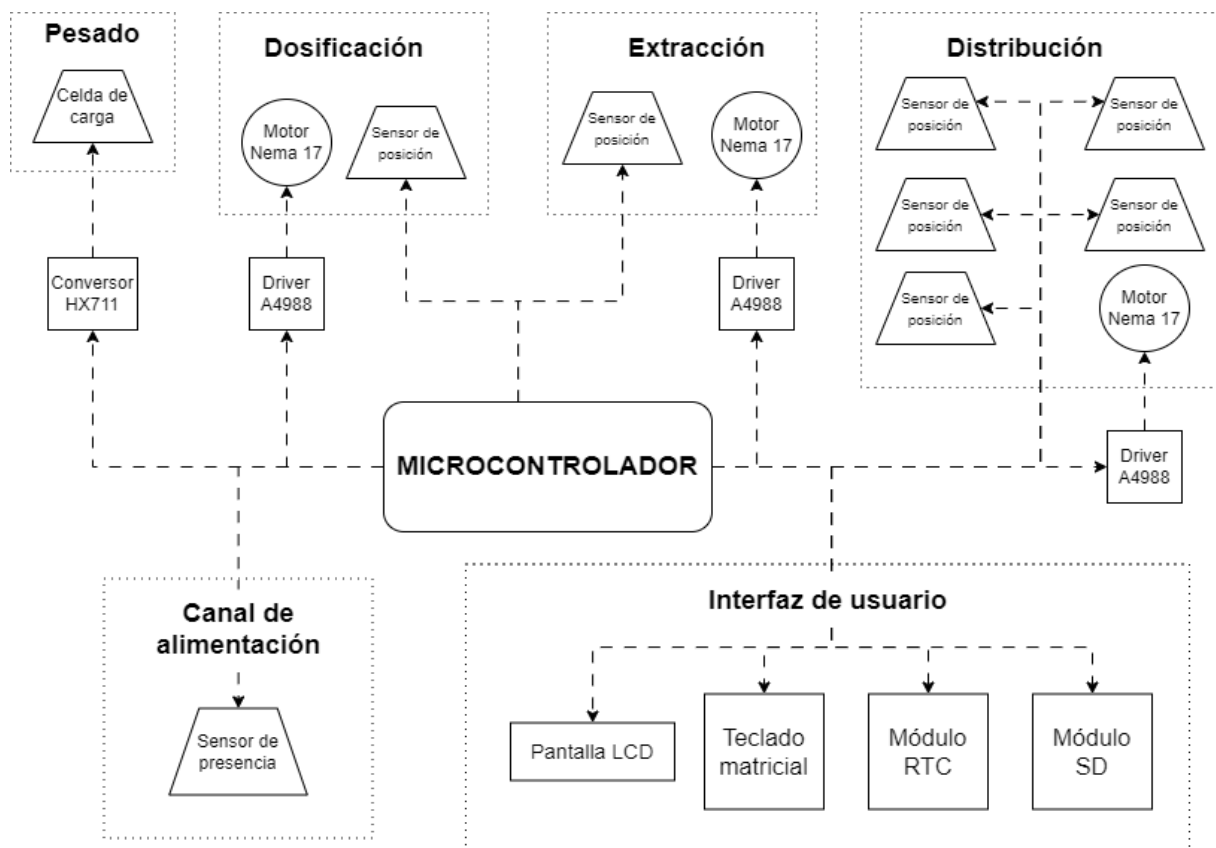


Figura 11. Diagrama representativo de interconexión de los componentes electrónicos. (Creación propia)

El diseño electrónico que se muestra en la Figura 11, se puede dividir en las siguientes categorías:

4.3.2.1.1 Control

Dentro de los elementos de control se pueden apreciar tanto sensores, como actuadores y el microcontrolador. A continuación, se describe un listado de dichos componentes:

- **Microcontrolador:** Dispositivo encargado de orquestar toda la funcionalidad de la máquina, esto es: lectura de las variables de censado (peso, posición y presencia de obstáculos), comunicación con la interfaz de usuario, y manipulación de actuadores (Motores).
- **Sensores de posición:** Para tener un control adecuado de la posición de las piezas móviles del prototipo se hizo uso de 7 sensores de efecto hall 3144, donde dos de estos están enfocados en identificar la posición de reposo de las piezas encargadas de la dosificación y extracción de cada huevo y los otros 5 sirven para identificar en que posición se encuentra la pieza de distribución para clasificar el huevo en la bandeja de salida correspondiente.
- **Sensor de peso:** se acopló a la base de la pieza de pesado una celda de carga con rango dinámico de 0 a 1kg para conocer el peso de cada huevo. Para esto, es necesario el uso del driver HX711 cuyo propósito es convertir la señal de voltaje entregada por la celda de carga a un valor digital interpretable por el microcontrolador, el cual por medio de librerías puede relacionar el valor de dicha señal a un peso en gramos.
- **Sensor de presencia de obstáculos:** Para evitar que la máquina continúe realizando su trabajo cuando no existe materia prima a clasificar, se adecuó un sensor Infrarrojo cuyo objetivo es detectar la presencia o ausencia de huevos en el canal de alimentación. Si no hay presencia de huevos, se envía una señal al Arduino, para que este de la orden de parar el proceso y se reanude al recibir la señal que indique que hay materia prima disponible para procesar.
- **Motor Nema 17:** Para el funcionamiento del módulo de clasificación mencionado en este informe, específicamente en las partes de

dosificación, extracción y distribución de los huevos, es necesario mover las piezas giratorias de una manera segura y controlada (velocidad y dirección), razón por la cual se usaron 3 motores Nema 17 con un par de 2.8 Kg/cm, el cual es suficiente para poder transportar un huevo a la vez de un módulo a otro, sin representar un esfuerzo significativo. Para el control de cada uno de estos motores, es necesario el uso del driver A4988 el cual se encarga de regular la corriente y el paso de dichos motores dependiendo de la orden del microcontrolador, permitiendo un control preciso y robusto de la velocidad y la dirección del movimiento de las piezas giratorias.

4.3.2.1.2 Interfaz de usuario

Para la visualización y manipulación de variables del proceso se implementó un panel de control compuesto de los siguientes componentes electrónicos:

- **Pantalla LCD:** Se usó un dispositivo electrónico de visualización de 4 filas por 20 columnas, donde se pueden observar la siguiente información:
 - Conteo en tiempo real de la cantidad de Huevos clasificados durante el día.
 - Peso y clasificación de los últimos 3 huevos procesados.
 - Hora del día.
 - Notificación de estado (Inicio, calibración, error).
 - Menú de configuración para calibración con referencia.

- **Teclado Matricial:** Con el objetivo de que el usuario pueda llevar un control, se agregó a la máquina un teclado de membrana de 4x4, que permite llevar a cabo los siguientes procesos:
 - Pausar y reanudar el proceso de clasificación
 - Calibración manual de la referencia de peso de la máquina.
 - Navegar por el menú de configuración de la máquina.

- **Módulo SD:** Con el fin de llevar un análisis de la producción, se implementó en la máquina un Módulo SD, por medio del cual se almacena el histórico del peso de cada huevo procesado día a día en documentos de texto.

- **Módulo RTC:** Se utilizó un ejemplar de este componente electrónico para tener presente la marca de tiempo actual durante el trabajo del prototipo, esto para el reseteo de las variables relacionadas con la producción diaria de la máquina (conteo, histórico de peso).

Para lograr la interconexión de los distintos componentes electrónicos de una forma segura y confiable, se optó por diseñar y fabricar un circuito impreso. Dicho diseño se realizó con el software Eagle, y posteriormente se realizó una orden de impresión del diseño en un PCB dando como resultado la tarjeta que se muestra en la Imagen 29 y la Imagen 30.

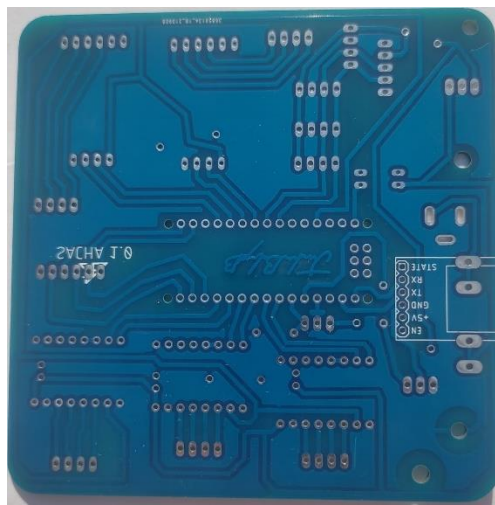


Imagen 29. Vista posterior del PCB diseñado. (Creación propia)

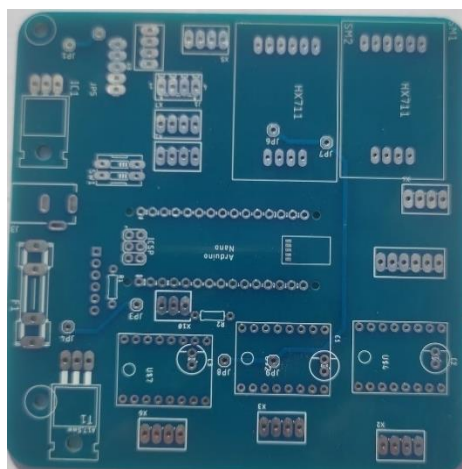


Imagen 30. Vista frontal del PCB diseñado. (Creación propia)

Todos los componentes electrónicos mencionados a lo largo de este listado (a excepción de los motores y los sensores) se ensamblaron dentro de una cámara plástica para brindarles una protección contra agentes externos como polvo, plumas y roedores etc, los cuales son muy comunes en el espacio en el que se opera el prototipo.

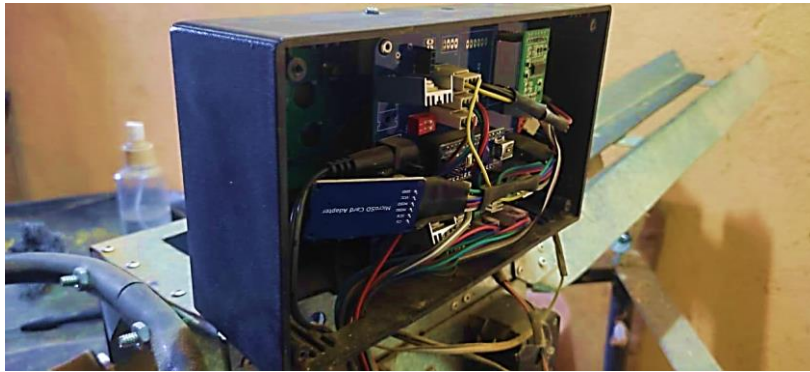


Imagen 31. Cámara de protección de los componentes electrónicos.

4.3.2.2 Desarrollo de software

En cuanto al desarrollo del software que controla el proceso de clasificación, se hizo uso del IDE de Arduino para programar cada uno de los módulos o componentes electrónicos mencionados en el apartado anterior, con el apoyo de librerías de código abierto de terceros, que tienen todas las funcionalidades dentro del lenguaje C para la programación de los diferentes elementos electrónicos que se usaron para la implementación del prototipo.

Para comprender mejor el proceso, es necesario apoyarse en el diagrama de flujo (Figura 12) que sintetiza la programación realizada para el funcionamiento del sistema con su respectiva explicación.

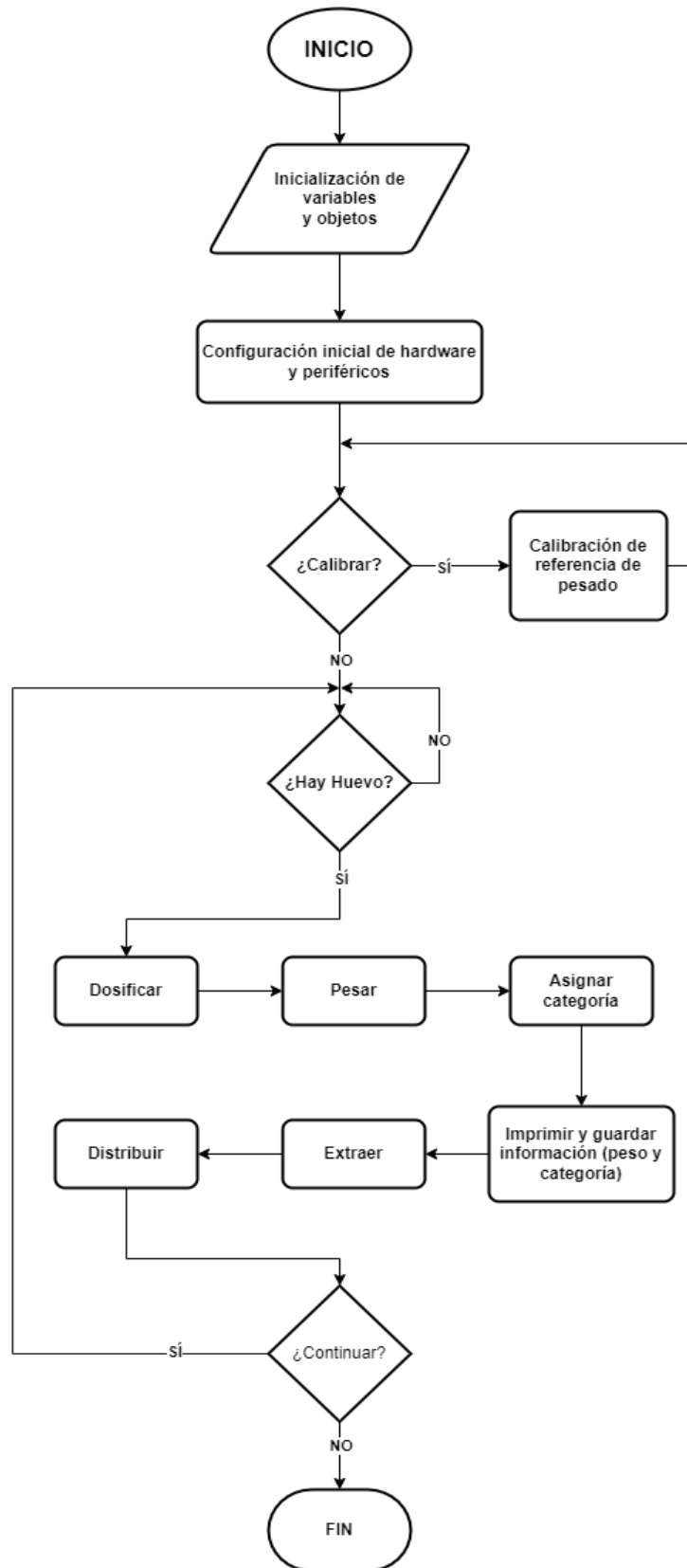


Figura1212. Diagrama de flujo de la programación del microcontrolador (Creación propia)

Dentro del diagrama representado en la Figura X existen diferentes procesos, de los cuales se realiza una breve descripción de su funcionamiento a continuación:

- **Configuración inicial de hardware y periféricos:** en este proceso se configuran los pines del microcontrolador, es decir, se decide cuáles de estos serán entradas (sensores), y cuáles serán salidas (actuadores). Adicionalmente se realizan procesos de configuración que no se repiten durante la ejecución del programa, como la inicialización de periféricos (pantalla LCD, teclado matricial, módulo SD, RTC, celda de carga), y por último se despliega en la pantalla LCD el mensaje 'Listo para pesar' confirmando que finalizó la configuración inicial para dar paso al ciclo de trabajo principal del prototipo.
- **Calibración de referencia de pesado:** dentro del ciclo de trabajo del prototipo existe esta funcionalidad, donde el usuario al presionar la tecla '*' del teclado matricial por unos segundos entra al apartado de calibración, donde debe ingresar un huevo con peso conocido al sistema, digitar el peso en gramos del huevo por medio del teclado matricial y dar la orden de calibrar, donde el prototipo procesa el huevo, y a partir de la medición obtenida y el peso de referencia ingresado realiza los cálculos necesarios para modificar la referencia que se tiene en la librería de la celda de carga. Por último, el prototipo permite regresar al ciclo original por medio del teclado matricial.
- **Verificación de presencia de huevos en la bandeja de entrada:** a partir de la señal que entrega el sensor infrarrojo es posible detectar la ausencia de huevos en el canal de entrada, caso en el cual el programa pasa a un estado de verificación del cual no saldrá a menos que el sensor envíe la señal que represente la presencia de una nueva unidad a clasificar, y es ahí donde se retorna al ciclo principal de ejecución.
- **Dosificar:** Este proceso consiste en girar el motor acoplado al módulo de dosificación en una dirección y velocidad controladas hasta que se active el sensor de posición asociado a este proceso. Este sensor

ubicado en un lugar estratégico se activa gracias a dos imanes ubicados en los extremos de la pieza giratoria. Gracias a este proceso controlado, es posible que el Huevo ubicado al final del canal de alimentación pase hacia la pieza de pesado de una forma segura.

- **Pesar:** en este apartado se realiza una breve espera para asegurarnos que se estabilice el huevo en el artefacto de pesado, luego se procede a realizar la lectura de los datos entregados por la celda de carga por medio del HX711, y con ayuda de la librería HX711.h se procesan los datos y se calcula el peso del huevo en gramos.
- **Asignar categoría:** ya conocido el peso del huevo, se procede a comparar este valor con los rangos definidos en la Imagen 1 a través de condicionales, para así identificar la categoría a la cual corresponde la última unidad pesada.
- **Imprimir y guardar Información:** En este paso se procede a desplegar la información obtenida del paso anterior (peso y clasificación del huevo procesado) en la pantalla LCD con ayuda de la librería LiquidCrystal_I2C.h. Posteriormente se procede a guardar el peso registrado en un documento de texto almacenado una tarjeta SD haciendo uso de la librería SD.h.
- **Extraer:** Este procedimiento implica la rotación controlada del motor conectado al módulo de extracción a una velocidad y dirección específicas hasta que se active el sensor de posición correspondiente. Este sensor se coloca estratégicamente y se activa mediante la interacción con dos imanes situados en los extremos de la pieza giratoria. Gracias a esta operación controlada, se permite que el huevo, que se encuentra en la zona de pesado, se desplace de manera segura hacia la sección de distribución.
- **Distribución:** En esta fase del proceso, el motor conectado a la unidad de distribución gira con una velocidad y dirección precisamente controladas. Este movimiento se detiene al activarse el sensor situado en la bandeja de salida específica que corresponde a la categoría predefinida para el huevo en cuestión. Cada bandeja de salida está equipada con un sensor de efecto Hall que detecta la presencia de un

imán en el extremo del dispositivo dosificador al pasar cerca de este sensor.

Finalmente, el usuario cuenta con la posibilidad de detener el ciclo del proceso a través del panel de control, lo que marca el final del procedimiento. De lo contrario, si decide no intervenir, el programa continuará su ciclo, listo para recibir una nueva unidad en el sistema.

4.3.3 Parte eléctrica

Para que el prototipo pueda realizar su tarea exitosamente, es necesario que los componentes electrónicos (Microcontrolador, sensores y actuadores) cuenten con una alimentación adecuada, es decir: que se tenga un voltaje de entrada, tipo de corriente y una potencia adecuados para su operación.

Para la selección de la alimentación adecuada para el prototipo se realizó un estudio de las necesidades en cuanto a demanda de potencia, voltaje y corriente de las diferentes cargas que interactúan en el proceso. La síntesis de los resultados obtenidos a partir del estudio se adjunta en la tabla X:

Tabla 1. Estudio del consumo eléctrico del prototipo. (Creación propia)

Carga eléctrica	Voltaje de alimentación	Consumo de corriente por unidad	Cantidad	Consumo de corriente final
Motor Nema 17	12 V	0.4 A	3	1.2 A
Arduino nano	12 V	20 mA	1	20 mA
Sensor 3144	5 V	5mA	7	35 mA
Driver A4988	5 V	50 mA	3	150 mA
Celda de carga + HX711	5 V	10 mA	1	10 mA
Sensor infrarrojo	5 V	20 mA	1	20 mA

Pantalla LCD	5 V	5 mA	1	5 mA
SD	5V	<< μ A	1	<< μ A
RTC	5V	<< μ A	1	<< μ A
consumo de corriente aproximado				1.48 A

Ya conociendo las necesidades de consumo eléctrico de los componentes electrónicos que constituyen el prototipo, se hizo uso de una fuente conmutada de voltaje de 12V y 5A, de la cual se derivó un Voltaje de 5V y 1A por medio de un regulador de voltaje LM7805, elementos con los cuales, se tiene una alimentación óptima para el sistema.

5. Resultados y análisis

El enfoque del prototipo se basó en la medición de métricas clave de eficiencia, tales como la velocidad de procesamiento y los ahorros potenciales en costos alusivos a la producción y mano de obra. La implementación de SACHA se llevó a cabo en la granja LAS VEGAS ubicada en el área rural del municipio de Villanueva Santander, la cual cuenta con una capacidad de 2000 aves, lo que proporcionó un escenario realista para evaluar su rendimiento.

Conforme se llevó a cabo el diseño e implementación del prototipo dentro de un escenario controlado en donde se pudiera constatar la eficiencia del sistema se obtuvo un prototipo funcional con las siguientes características:

- La máquina se encuentra fabricada con piezas de hierro y acero galvanizado recubierto de lona.
- Altura de la base regulable
- Capacidad de clasificación: 1800 huevos/hora
- Canal de alimentación con capacidad de 18 unidades con inclinación graduable.
- Cuenta con 5 categorías basadas en el peso.
- Calibración electrónica reprogramable.
- Pausa automática ante la ausencia de huevos a clasificar.
- Pantalla de monitoreo del peso, clasificación y conteo diario.
- Peso total de la máquina 30 kg
- Funcionamiento electrónico a 110V AC
- Almacenamiento externo del historial de huevos procesados con su respectiva información de peso

En la Imagen 32 se puede apreciar el prototipo final completamente ensamblado y listo para cumplir su función en el ambiente productivo (Granja LAS VEGAS, Villanueva Santander), donde ha estado operando desde hace 3 meses con una periodicidad de 3 turnos al día. (tandas de recolección de huevos por parte del productor avícola) que suman en promedio un tiempo de trabajo de 1 hora y 6 minutos aproximadamente.



Imagen 32. Vista del prototipo funcional en ambiente de trabajo. (Creación propia)

Durante el tiempo de funcionamiento del prototipo se tiene que en promedio diariamente se procesan alrededor de 2000 huevos, cuyo tiempo de procesamiento manual era de 2.5 Horas en comparación con 1.11 Horas que tarda el prototipo en procesar la misma carga. Esto representa un ahorro de tiempo para el proveedor de un 45% aproximadamente, el cual puede ahora aprovechar en otro tipo de actividades.

Adicionalmente, durante la operación del prototipo no se ha presentado ningún evento en el que se haya comprometido la integridad de los huevos procesados, lo que ratifica que este prototipo cumple con el cuidado requerido para tratar este tipo de materia prima, caracterizada por ser frágil.

Una fortaleza que resaltar del prototipo es que, gracias a la recopilación y almacenamiento de la información procesada día a día por la máquina, se posibilita la construcción de un inventario que dé cuenta de la producción total de la granja de una forma detallada, permitiendo así al productor tener un mayor conocimiento de su negocio.

Por otro lado, el bajo consumo de energía (1.4A hora) de este prototipo permite que no haya un aumento significativo en los costos de energía eléctrica de la granja.

Finalmente, el costo de producción del prototipo está alrededor de 1.300.000 COP por unidad, con un tiempo de ensamblado de 3 días, lo que en comparación a los ejemplares mencionados se ofrece una opción favorable

para los productores avícolas con una capacidad productiva similar a la de la granja LAS VEGAS.

6. Conclusiones y trabajo futuro

- Este prototipo cumple exitosamente con su objetivo, ya que realiza exitosamente su trabajo, superando notablemente en velocidad de procesamiento al método manual; sin embargo, en comparación a algunas de las máquinas disponibles en el mercado, posee una velocidad de procesamiento inferior, no obstante, es una mejor opción para las granjas avícolas con una capacidad similar a la de la granja LAS VEGAS dado su precio competitivo.
- En conjunto, la facilidad de uso y mantenimiento del prototipo SACHA representa una ventaja significativa para el operador de la granja avícola LAS VEGAS. Esta característica se suma a las razones por las que este prototipo se ha convertido en una opción atractiva en comparación con otras soluciones de clasificación de huevos, lo que demuestra su capacidad para mejorar la eficiencia operativa en el entorno de la granja avícola.
- En este tipo de desarrollos, es de suma importancia llevar a cabo un estudio minucioso de las condiciones de trabajo a las que estarán sometidos los componentes y materiales involucrados en el sistema, con el fin de realizar una elección adecuada. Esto garantizará que dichos componentes funcionen correctamente y, al mismo tiempo, se cuidará la vida útil de la máquina.
- Con el fin de aprovechar la información que guarda la máquina, se tiene cómo línea futura el acondicionamiento de un módulo extra de comunicación, el cual permita extraer esta información y almacenarla

en otros medios para poder acceder libremente a esta información en tiempo real, abriendo la posibilidad de que SACHA sea un sistema IOT.

- La opinión y retroalimentación del cliente final son fundamentales para evaluar el éxito del prototipo SACHA. Su experiencia y perspectiva han sido valiosas, ya que han expresado sus inquietudes, necesidades y sugerencias para el desarrollo de las características del prototipo. Después de hacer uso del prototipo durante los últimos 3 meses, han encontrado que SACHA es fácil de operar y mantener, lo que ha contribuido a una transición sin problemas en su entorno de trabajo. La retroalimentación positiva respalda la utilidad y eficiencia del prototipo en la granja avícola LAS VEGAS, y se espera que esta satisfacción continúe en el futuro.

Referencias Bibliográficas

- Allegro. (2002). *SENSITIVE HALL-EFFECT SWITCHES*. Obtenido de <https://drive.google.com/file/d/0BzaKjvCRihgbcFI2aHNROHFGdnc/view?resourcekey=0-U9A9gxrRz6eOuhnxbvAuQ>
- Arduino. (2023). *¿Que es Arduino?* Obtenido de *¿Que es Arduino?*
- Arduino. (2023). *IDE Arduino*. Obtenido de IDE Arduino: <https://arduino.cl/descargas/>
- Autodesk. (2023). *Eagle*. Obtenido de <https://www.autodesk.com/>
- AVINSTRUMENTOS. (2020). *Clasificadora CLAV-1800* . Obtenido de Clasificadora CLAV-1800 .
- D y M tools. (2023). *Pesa Digital*. Obtenido de Pesa digital: https://www.dymtoolscolombia.com/MCO-592120672-balanza-gramera-bascula-pesa-digital-capacidad-7000g-pilas-_JM#position=8&search_layout=stack&type=item&tracking_id=ab5eb1cd-f05a-42c4-94e3-5e73324fd683
- El sitio avícola. (2021). *El sitio avícola*. Obtenido de El sitio avícola: <https://www.elsitioavicola.com/poultrynews/32904/certificacion-de-bioseguridad-aviar-requisito-para-movilidad-en-el-paas/>
- Esteban, E. V. (s.f.). *El lenguaje de programación C*. Obtenido de El lenguaje de programación C.
- FENAVI. (6 de 09 de 2023). *FENAVI*. Obtenido de FENAVI: <https://fenavi.org/>
- Fenavi. (2023). *Producción nacional de huevo*. Obtenido de Producción nacional de huevo: <https://fenavi.org/estadisticas/produccion-huevos-p/>
- Ferre Capital. (2023). *Balanza* . Obtenido de Balanza.
- Fidestec. (2023). *Fuentes de alimentación*. Obtenido de Fuentes de alimentación.
- Flintec. (2023). *¿Cómo funciona una celda de carga?* Obtenido de <https://www.flintec.com/co/sensores-de-peso/celdas-de-carga/what-is-a-load-cell-and-how-does-it-work#:~:text=805010->

,%C2%BFC%C3%B3mo%20funciona%20una%20celda%20de%20carga%203F,y%20el%20flujo%20de%20electricidad.

González, J. A. (2016). *Diseño y construcción de un sistema medidor de fuerzas y su aplicación en el diseño de montajes didácticos*. Obtenido de <https://core.ac.uk/download/pdf/289987785.pdf>

GSL. (2021). *sensor infrarrojo*. Obtenido de <https://industriagsl.com/blogs/automatizacion/sensor-infrarrojo>

ICONTEC. (2012). *NTC 1240*. Obtenido de NTC 1240: <https://tienda.icontec.org/gp-industria-alimentaria-huevos-de-gallina-frescos-para-consumo-ntc1240-2011.html>

Industrias GSL. (2021). *QUÉ ES UN MICROCONTROLADOR*. Obtenido de QUÉ ES UN MICROCONTROLADOR.

Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). (2015). *Resolución 155*. Obtenido de Resolución 155 .

Iván auriol muñoz, J. Z. (2009). *sistema de adquisición de datos para la visualización de señales eléctricas de motores AC y DC*. Obtenido de https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/602/digital_18246.pdf?sequenc

Llamas, L. (2023). *Reloj y calendario en Arduino con los RTC DS1307 y DS3231*. Obtenido de <https://www.luisllamas.es/reloj-y-calendario-en-arduino-con-los-rtc-ds1307-y-ds3231/>

MADE. (2018). *Teclado Matricial 4x4*. Obtenido de <https://electronicamade.com/teclado-matricial-4x4/>

mecatronics, N. (2023). *ARDUINO Y MEMORIA SD Y MICRO SD*. Obtenido de https://naylampmechatronics.com/blog/38_tutorial-arduino-y-memoria-sd-y-micro-sd.html

MOBA. (2023). *MOBANETTE3*. Obtenido de MOBANETTE3: <https://www.moba.net/page/es/Products/Detail/mobanette3/967>

MORALES, S. S. (2022). *SISTEMA DE CLASIFICACIÓN DE HUEVOS MEDIANTE*. Obtenido de SISTEMA DE CLASIFICACIÓN DE HUEVOS MEDIANTE: <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/13160/2/04%20MEC%20451%20TRABAJO%20DE%20GRADO.pdf>

- news, A. (18 de 05 de 2022). *avi news*. Obtenido de *avi news*:
<https://avinews.com/colombia-destaca-por-produccion-consumo-huevo-en-latinoamerica/>
- OMCH. (2021). *¿Qué Es La Fuente De Alimentación Conmutada?* Obtenido de *¿Qué Es La Fuente De Alimentación Conmutada?*:
<https://www.omch.co/es/what-is-switch-mode-power-supply/>
- orient display. (2022). *Introducción a la tecnología LCD*. Obtenido de
<https://www.orientdisplay.com/es/knowledge-base/lcd-basics/what-is-lcd-liquid-crystal-display/>
- Pololu. (2023). *A4988 Stepper Motor Driver Carrier*. Obtenido de
<https://www.pololu.com/product/1182>
- protexam. (2023). *sensores infrarrojos*. Obtenido de
<https://protexam.wordpress.com/sensores-infrarrojos/>
- stepperonline. (2023). *Nema 17* . Obtenido de <https://www.omc-stepperonline.com/es/stepper-motor/nema-17-stepper-motor/>
- suconel. (2023). *Módulo Sensor Infrarrojo Evasor de Obstáculos MODIARD*. Obtenido de <https://suconel.com/product/modulo-sensor-infrarrojo-evasor-de-obstaculos-modiard/>
- Texas Instruments. (2000). *LM340, LM340A and LM7805 Family Wide VIN 1.5-A Fixed Voltage Regulators*. Obtenido de
<https://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm340.pdf>
- Universidad de Costa Rica. (2019). *Huevos de pastoreo*.
- Velazco, D. (2012). *CARACTERIZACIÓN DEL HUEVO DE GALLINA PARA EL DISEÑO DE UN SISTEMA*. Obtenido de *CARACTERIZACIÓN DEL HUEVO DE GALLINA PARA EL DISEÑO DE UN SISTEMA*:
[file:///C:/Users/leo/Desktop/desprendible/Dialnet-CharacterizacionDelHuevoDeGallinaParaElDisenoDeUnSi-6763062%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/leo/Desktop/desprendible/Dialnet-CharacterizacionDelHuevoDeGallinaParaElDisenoDeUnSi-6763062%20(1).pdf)
- Yemita. (15 de 09 de 2023). *Clasificadora Yemita*. Obtenido de *Clasificadora Yemita*: <https://www.clasificadorayemita.com/>