Diseño de prototipo a escala de un sistema de recolección, conteo, clasificación y almacenamiento de datos de los huevos producidos en una granja avícola.
(Mayo de 2022)

E. A. López y S. C. Cárdenas

Resumen - En este documento se encuentra el acondicionamiento electrónico de bandas transportadoras realizado como prototipo a escala haciendo uso de sensores y actuadores controlados con el lenguaje C++. En esta implementación se aborda temas como el control del encendido automático de motores AC, control de giro de servomotores dependiendo del estado del sensor (ultrasonidos y celda de carga), como también el empleo de elementos de visualización LCD y almacenamiento de datos micro SD. Este diseño electrónico está orientado a automatizar algunos procesos de una granja avícola, como: la recolección (transporte), clasificación y conteo del producto a comercializar (huevos) dejando como resultado el producto separado dependiendo del peso (A, AA y tipo AAA) en diferentes bandejas y la información de la producción del galpón almacenada a partir de un sistema de almacenamiento automático y la información actual impresa en la LCD. Este tipo de industrias avícolas manejan más de 1000 gallinas, es decir una tasa de producción de más de 1000 huevos diarios que se deben clasificar para sacar a la venta. Algo a tener muy en cuenta en este proyecto es que está orientado a ayudar al pequeño y mediano productor, por lo cual en caso de buscar un sistema de bajo costo se aconseja una recolección semiautomática junto con un medio de clasificación, conteo y almacenamiento de información automático.

Índice de Términos – Automatización, banda transportadora, clasificación electrónica, giro de servomotores, conteo electrónico, almacenamiento automático de datos.

[1]

I. INTRODUCCIÓN

En una granja avícola el producto que se comercializa son los *huevos de gallina* ponedora "(Producto natural proveniente de la oviposición de la gallina, completo en todos los nutrientes y su procesamiento debe de llevar un buen manejo sanitario). [1]" En este tipo de industrias lo que se busca es la mejor producción, clasificación y registro del producto. Una buena recolección garantiza un buen estado del producto, la clasificación a partir del peso del huevo definirá el precio para el consumidor, una buena clasificación evita pérdidas en las ventas y en cuanto al registro de la producción de este producto de alta comercialización, el conocer la cantidad de producto de cada día del mes permite actuar en caso de bajar la producción garantizando así satisfacer la demanda mensual. La actividad de recolección del producto derivado de las gallinas es una labor que se debe de realizar varias veces al día para que el producto no se fisure o contamine, ya que a veces las gallinas picotean los huevos actividad que tienden a copiar las demás gallinas y en cuanto a un mejor manejo sanitario del producto alimenticio ya que muchas veces las gallinas suelen defecar los huevos, este trabajo de recolección de huevos al estar los nidos en un lugar muy bajo suele ser un tanto agotador y con el tiempo trae dolores musculares relacionados con la espalda del operario. La parte de clasificación y conteo, es algo tediosa al tratarse de gran cantidad de producto diario que debe de ser clasificado y contado para ser empacado y distribuido. Es decir que en un galpón de gallinas ponedoras se recolecta, clasifica y registra gran cantidad de huevos a diario. En este tipo de industria no se puede detener la producción por lo cual se debe de tener personal capacitado para cumplir las diferentes funciones diarias.

En la región existe poca automatización de este tipo, a diario en las granjas avícolas se hace el trabajo de forma manual. El proyecto expuesto en la Corporación Universitaria Autónoma de Nariño (AUNAR), está orientado al acondicionamiento de un galpón de piso garantizando la salud de las aves junto a una buena producción. A partir de este prototipo a escala se busca comprobar que a partir de la automatización se puede mejorar las actividades de recolección, clasificación, conteo y

[1] Documento recibido el 20 de mayo de 2022. Este artículo fue apoyado del trabajo de grado titulado Diseño de prototipo a escala de un sistema de recolección, conteo, clasificación y almacenamiento de datos de los huevos producidos en una granja avícola

E. A. Lopez, Facultad de ingeniería programa de electrónica, AUNAR, Pasto – Colombia (correspondiente al autor - Cel: 3128140390; e-mail: edishon9605@hotmail.com).

S. C. Cardenas, Facultad de ingeniería programa de electrónica, AUNAR, Pasto – Colombia, (correspondiente al autor - Cel: 3184363639 ; e-mail: sebastian301zx@gmail,com).

almacenamiento de información relacionada con la producción. El tener estos tipos de procesos automatizados facilita el trabajo del empleado, busca llevar una buena producción, como también un buen manejo y registro del producto.

El acondicionamiento del nido busca cuidar el producto de que no sea fisurado o contaminado, como también reducir el número de veces que se realiza la actividad de recolección, el diseño de una recolección automática resulta un proceso costoso ya que se es necesario una banda que se encontraría ubicada en el espacio de almacenamiento. La gran dimensión de esta banda trasportadora al pasar por varios nidos eleva el costo del diseño del prototipo, además para este caso se trata de un solo piso al tratarse de varios pisos de nidos se es necesitaría una banda por piso junto con un sistema que recolecta el producto de todos los pisos como el sistema noria. Teniendo en cuenta que este prototipo busca ser diseñado con un bajo presupuesto, dando así más accesibilidad del diseño a pequeños y medianos comerciantes. Se plantean los nidos automáticos con un espacio de almacenamiento del producto que después será recolectado de forma manual y puesto en la banda de transporte pequeña encargada de llevar el producto a las etapas de clasificación, conteo y almacenamiento de información. Centrando así el prototipo en los temas de transporte, clasificación, conteo y almacenamiento de datos sin dejar por aparte el tan importante tema del cuidado del producto. En la planta de pollo al día de la ciudad de pasto existe una máquina similar a la que se encuentra en la universidad nacional de Colombia (UNAL). Este equipo electrónico de la UNAL básicamente realiza lo siguiente: “El funcionamiento se basa en contrapesos se encarga de la clasificación por peso de huevos comerciales es decir de tipo AAA, AA, A, B y C. Este sistema tiene una sola entrada manual y 5 bandejas de salida donde un operario procede a limpiarlo, ordenarlo y marcarlo con la fecha de recolección y clasificación, como también el tipo al que pertenece. [1],[2]” y por último en la Universidad Politécnica Salesiana de Quito, también existen equipos similares al propuesto con las mismas características del equipo Colombiano ya diseñado con un tipo de clasificación mecánica a partir de peso algo similar. Las máquinas de las referencias encontradas se encargan únicamente de clasificar huevos comerciales, inicialmente un operario de forma manual coloca los huevos en la máquina y este equipo totalmente mecánico, clasifica el producto por peso y devuelve el producto ya clasificado en diferentes bandejas, para finalmente ser almacenado por un operario. A diferencia de estos equipos ya diseñados en el prototipo a escala propuesto para la clasificación del huevo comercial se pesa el producto de forma electrónica y tan solo se clasifica tres tipos de huevos, el prototipo cuenta con cuatro bandejas para huevos tipo A, tipo AA, tipo AAA y otro rango de peso diferente al que se tuvo en cuenta en la clasificación, además a este diseño se le agrega el conteo electrónico, el almacenamiento automático de la información de interés para el productor en forma de un archivo .txt y visualización de la información relacionada con la producción actual en la LCD, como también brinda ayuda en el cuidado y aumento de la producción con la implementación de los nidos automáticos. Este tipo de implementación busca ayudar al empleado en sus labores diarias y dar el mejor manejo a la producción.

II. Procedimiento del desarrollo del trabajo

Este prototipo busca un mejor manejo del producto procedente de una granja avícola y está pensado para implementarse en un galpón de piso de más de mil gallinas es decir con una tasa de producción de más de mil huevos diarios. Las investigaciones aseguran que una de las mejores formas de crianza de gallinas ponedoras es a partir de un galpón de piso, ya que existe una mejor producción, las aves llevan una mejor calidad de vida y además de que este tipo de crianza lleva una menor inversión. El tener el lote avícola en jaulas permite una mejor automatización, pero lleva a enfermedades en las aves a causa del poco ejercicio, por lo cual existe estrés en las gallinas y con ello una mala producción. Además de la pérdida de la carne que normalmente es comercializada, es por esta razón esta implementación a baja escala es orientada para realizarse en un galpón de piso, en las actividades diarias realizadas (almacenamiento del producto en el momento de la puesta con un sistema de recolección manual, transporte, clasificación, conteo y almacenamiento de información).

“El tema de la recolección del producto natural es aconsejable mínimo hacerlo 5 veces al día y su clasificación por peso la rige la norma ICONTEC 1240 que se tratará más adelante. El producto debe de tener un buen manejo, los huevos deben de limpiarse y la bodega es únicamente para el producto. En cuanto al almacenamiento del huevo, se deben evitar los climas calientes una temperatura ideal se encuentra entre los 10°C y 13°C. [3]” Para tener una buena producción se deben de tener en cuenta muchos factores como la alimentación, salud de las gallinas (estrés y otras enfermedades), descanso, además del cuidado del producto entre otras situaciones. Si no se controla las diferentes variables y procesos no se puede tomar la decisión correcta que permita mejoras en la producción de la industria.

A. Proceso a realizar

Nido automático.

En cuanto a los nidos cabe aclarar que: “Normalmente se deja un espacio cada 4 aves y se instalan en el centro del galpón antes de llegar las gallinas. Las dimensiones 30 cms ancho x 30 cms alto x 45 cms profundidad con una altura de 50 cm del piso. Se añade 20 cm de viruta o paja y su limpieza se realiza semanalmente. [3]” Mas sin embargo en este caso como se trata de un prototipo a escala se realiza un solo nido con medidas diferentes a las recomendadas.

Todo el proceso a realizar con el equipo diseñado busca un bajo costo en su implementación se inicia desde el acondicionamiento de los nidos del galpón, con el fin de almacenar el producto en el momento de la puesta para que la gallina no dañe el producto, o se maneje lo menos contaminado posible, consiguiendo así huevos de mejor estado y menos contaminados. El momento de la puesta del producto

para el caso del prototipo a escala es simulado en esta etapa, se coloca el huevo en el nido automático de forma manual, en la fig. 1, se puede apreciar cómo funciona el mecanismo a diseñar. El acondicionado del nido consiste en un pequeño desnivel en la parte inferior, lo cual automáticamente en el momento de la puesta ubica el producto directamente en el espacio de almacenamiento, o en caso de tener el presupuesto la banda de transporte que se encargaría de la recolección automática. El proyecto a escala está planteado con la recolección de los huevos de forma manual, desde el espacio de almacenamiento del nido automático y se pasarían directamente a la banda transportadora encargada de llevar el producto para ser clasificado, contado, e ingresar en una micro SD la base de datos de la producción además de la visualización de la producción actual en la LCD.

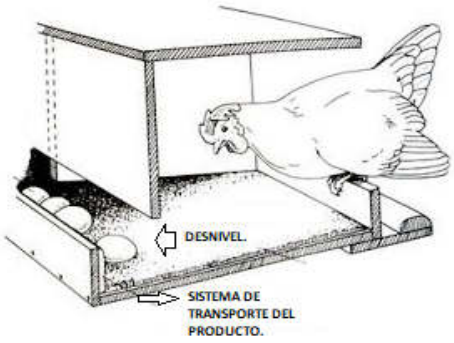

Fig. 1. Nido de recolección automático. [4]

Los planos del nido a escala realizado es el que se encuentra presente en la fig. 2. Su medida se maneja en cm.

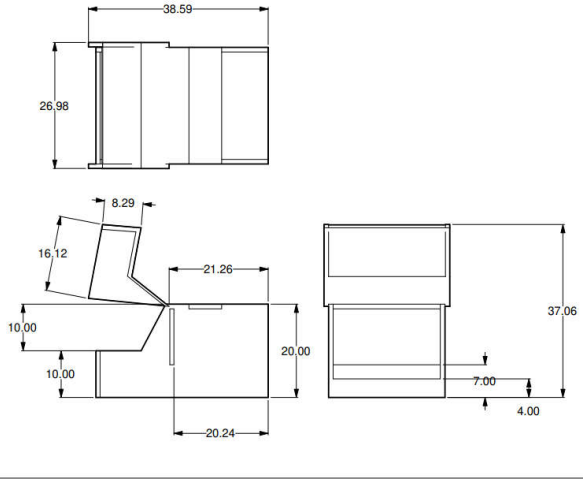

Fig. 2. Planos del nido a realizar en sus diferentes vistas.

En la fig. 3. se puede observar el equipo ya terminado, para este caso realizado en cartón y su base en madeflex todo con el fin de que al caer el huevo no se arquee o hunda el piso y existan problemas con el almacenamiento del producto. Un huevo se dejó caer de una altura de 18 cm varias veces que es la altura promedio a la que cae en el momento de la puesta, esto se realizó con varios huevos llegando a la conclusión de que el producto no se va a fisurar a causa de la caída y va a ser almacenado en buen estado.

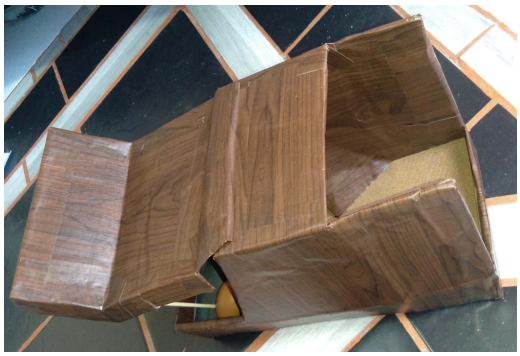

Fig. 3. Nido automático diseñado.

Banda transportadora.

Este prototipo integra un transportador de varillas similar al del documento Big Dutchman, fig. 3. Este equipo es el encargado del transporte del producto, llevando cada huevo a la etapa de clasificación, conteo y almacenamiento de datos. Este diseño trabaja con un motor AC, y cuenta con un sistema de encendido automático en un tiempo estipulado (24 horas). Para lograr esto, es de ayuda un módulo de tiempo real (RTC) que básicamente es el reloj y el calendario del Arduino, este módulo permite el disparo del relé que enciende el motor cada cierto tiempo.

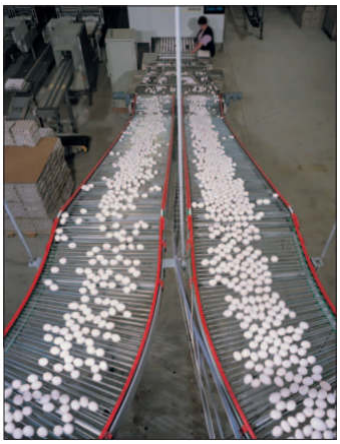

Fig. 3. Banda transportadora de huevos Big dutchman. [6]

La banda transportadora implementada se encuentra en la fig. 4 y 5, un diseño en 2d de sus vistas con sus medidas en cm y en la fig. 6. el diseño realizado.

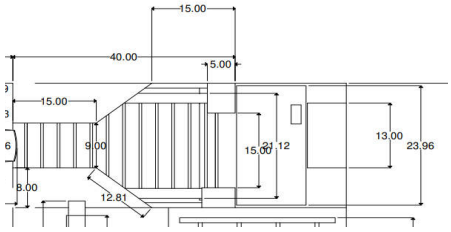

Fig. 4. Diseño 2d de la banda transportadora (vista superior).

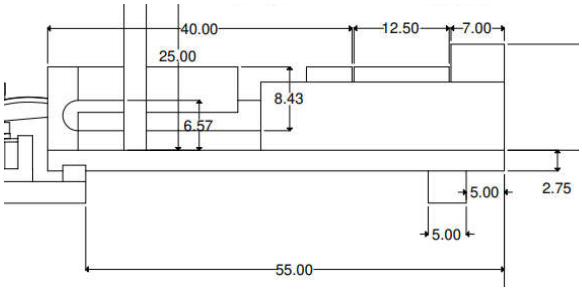

Fig. 5. Diseño 2d de la banda transportadora (vista lateral)

Fig. 6. Banda transportadora diseñada.

Cálculo de potencias

Para la construcción de la banda de transporte, es necesario como se mencionó un motor que permita transportar todo el diseño elaborado. Para ello, como inicio se toma el peso de los huevos a transportar tomando como una unidad, la mínima, cuatro la máxima, y el peso más grande del producto, cuyo valor se tomó de 74,8 gr o 0,0748 kg. "Esto con el fin de poder tener una capacidad del sistema motriz adecuado al calcular la potencia requerida, la cual se obtiene a partir de la tensión efectiva (tensión que se necesita para mover la cinta transportadora con la carga). [7]" Para conocer la capacidad de carga de la cinta transportadora se emplea y desarrolla la ecuación (1) [8]

$$Qt = mq * Número\ de\ huevos \quad (1)$$

Donde Qt es la capacidad de transporte y mq la masa de la carga unitaria. Se pasó a Lb los 74,8gr que es una unidad y es la máxima, arrojando 0,165lb y un límite de 4 huevos. Aplicando la ecuación 1 se obtiene un valor de Qt de 0,66 Lb/min

"Para el cálculo de la velocidad lineal de la banda completamente cargada se aplica la ecuación (2) y se necesita el valor del tiempo que recorre la masa(huevo) a una distancia determinada(banda) [8]"

$$Vt = \frac{L}{t} \quad (2)$$

Donde Vt es la velocidad lineal de la banda transportadora, L la distancia recorrida, y t el tiempo que tarda la masa en recorrer la distancia L. Se tomó el tiempo en el que un huevo tarda en recorrer la banda de L= 1,083 pies, arrojando un T=0,1 min. Aplicando la ecuación 2, se obtiene un valor de Vt de 10,83 pies/min

"Una vez obtenidos los valores realizados, se requiere de igual forma calcular una tensión efectiva (Te) la cual es la capacidad de tensión que debe tener el mecanismo motriz o el motor para lograr el giro de la cinta transportadora junto a los elementos que la componen y transportan. Para su respectivo cálculo se consideran tres tensiones fundamentales, tensión en vacío(Tx), a plena carga(Ty), y levantamiento de carga(Tz). [7], [8]"

A continuación, y aplicando la ecuación (3), "se obtiene la tensión que se necesita para mover la banda sin tener carga en ella, junto a las partes que la componen. [8]"

$$Tx = \mu * Lc * G \quad (3)$$

Donde Tx es la tensión para mover la cinta transportadora vacía, μ Es el coeficiente entre la banda y rodillo, Lc la distancia entre los centros de los rodillos y G el peso de todos los elementos de la banda (peso de banda, rodillos, poleas, engranajes, etc. Expresados en lb/pie) Para el μ se tomó un valor de 0,5 aplicado este en [9] una Lc=1,083 pies y un G= 0,105kg en 0,33m como un valor expresado en Lb/pie = 0,213, Aplicando la ecuación 3, se obtiene un valor Tx de 0,115Lb

"Obtenida la tensión para mover la banda sin carga, se procede a calcular la tensión necesaria para mover la banda con carga, empleando la ecuación (4) [8]"

$$Ty = \mu * Lc * Q \quad (4)$$

"Donde Ty es la tensión para mover la cinta transportadora con carga, μ el coeficiente entre la banda y el rodillo, Lc la distancia entre los centros de los rodillos, y Q capacidad de transporte en carga expresada en peso por unidad de longitud. empleando la ecuación (5) se calcula la capacidad de transporte en carga [8]"

$$Q = \frac{33{,}3*Qt}{Vt} \quad (5)$$

Donde Q es la capacidad de transporte en carga, Qt es la capacidad de transportación calculada con la ecuación (1), y Vt velocidad lineal de transportación de la banda. La capacidad de transportación ya calculada de Qt=0,66 Lb/min y una Vt=10,83 pies/min. Reemplazando en la ecuación (4) el valor obtenido, y calculando se obtiene una tensión Ty de 1,099 Lb

"La banda trabaja horizontalmente por lo cual la tensión Tz(tensión para levantar objetos) es igual a 0. Una vez calculadas las tensiones mencionadas se calcula la tensión efectiva Te mediante la ecuación (6) [8]"

$$Te = Tx + Ty + Tz \quad (6)$$

Teniendo en cuenta que Tx=0,115Lb, Ty=1,099Lb y Tz=0 Aplicando la ecuación 6, se obtiene una tensión efectiva Te de 1,214Lb

"Una vez obtenidos los resultados anteriores se saca el valor de potencia que necesita el motor. Las siguientes ecuaciones modelan este parámetro. [7], [8]"

$$Pm = \frac{Te*Vt}{33000} \quad (7)$$

Donde Pm es la potencia en la polea motriz, Te es la tensión efectiva que el motor debe producir, Vt Es la velocidad lineal de transportación de la banda. Ubicando los valores obtenidos de Te=1,214Lb, Vt=10,83 pies/min, y sabiendo que un caballo de fuerza es el trabajo a razón de 33000 lb- pie/min. Aplicando la ecuación 7, se obtiene una Pm de 0,000398 Hp

"Una vez obtenido los caballos de fuerza que se requieren, se saca otra potencia incluyendo las pérdidas que existen para evaluar en definitiva el motor que se necesita para el diseño. [8]"

$$Pe = \frac{Ps}{nc*nr} \quad (8)$$

"Donde Pe es una corrección de potencia, Ps potencia de salida, nc rendimiento de la transmisión de cadena y nr rendimiento del reductor. Reemplazando los datos obtenidos de Ps=0,000398 HP, nc=0,98, y nr=0,74. Los datos de nc y nr para este caso, y sabiendo que el valor de Pe es un valor de potencia con pérdidas, es decir datos que aumentan la potencia para tener un rango amplio, se toman los de la referencia [8]" en la ecuación (8) se obtiene una Pe de 0,000549 Hp, valor necesario para elegir un motor adecuado.

Para este caso se usó un motor evaporador de nevera IS-23210GEVC(162D232B) de 115v, 10W y 3000 RPM (Datos obtenidos de la etiqueta de información del motor) el cual aplicando la ecuación 9, obtenida de [10]

$$M(Nm) = \frac{Potencia(w)}{Velocidad\ (rad/seg)} \quad (9)$$

Donde M es el torque del motor, P es la potencia del motor, y N las revoluciones por minuto (RPM) del motor. Ubicando los datos del fabricante del motor, P=10w, N=3000 RPM y Reemplazando en la ecuación 9, se obtiene un torque de 0,032Nm. Sabiendo además que, 1 watts equivale a 0,00134 Hp, 10W=0,0134 HP, cuyo valor es 0,012451 mayor al HP requerido. Por lo tanto, nuestro motor cumple con los requerimientos pedidos.

Los elementos electrónicos que interactúan en la banda transportadora por tanto, se encuentran en la fig. 7. Básicamente se trata la conexión del motor AC junto con un relé de doble canal accionado a partir de programación en Arduino.

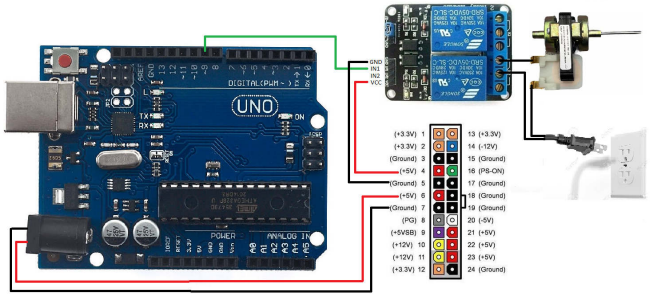

Fig. 7. Conexión del módulo relé, el Arduino UNO y la fuente de alimentación.

Cálculo de motorreductor de velocidad

"Una vez elegido el motor, se reduce su velocidad con un motorreductor. En este proyecto este tipo de motorreductor permite acondicionar el giro del motor encargado del movimiento de la banda transportadora. En este mecanismo el elemento principal es la polea doble que se encuentra en la Fig. 8, que básicamente se trata de dos poleas de diámetro diferente unidas entre sí. [11], [12]"

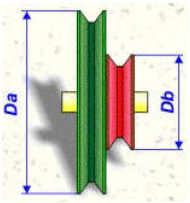

Fig. 8. Polea doble [11]

"La implementación del sistema reductor de velocidad por poleas se encuentra en la Fig. 9. Está relacionada con la instalación de varias poleas dobles con sus respectivos ejes y sus correas tensionadas. Para este caso se usó un tren de 3 poleas y dos piñones y para saber los RPM obtenidos se emplea la ecuación 10 y 11 [12]"

$$d1 * n1 = n2 * d2 \quad (10)$$

Donde D1, D2, D3, D4, D5, D6 es el diámetro de las poleas conductoras. n1 n6, RPM a la entrada y salida. Para este caso se usó unas poleas con los siguientes diámetros, D1=15mm D2=35mm D3=20mm D4=35mm D5=20 mm y D6=40 mm, Obteniendo a la salida nuevos RPM, como los siguientes. N1 =3000 RPM, N2=1285,71 RPM, N4= 734,693 RPM, N6=367,347 RPM

Aplicando la ecuación 10 de transmisión compuesta y resolviendo el sistema, se obtiene una RPM de 367,347RPM, pasado posteriormente a dos engranajes de 11(piñón) y 45(rueda) dientes. "Este último sistema de engranajes es como las poleas y su uso es para evitar el deslizamiento entre las ruedas e invertir el giro de la banda. Al engranaje de mayor

tamaño se le denomina rueda y al de menor piñón. [12]" Empleando la ecuación 11 se calcula el RPM de estos últimos.

$$Z1 * n1 = Z2 * n2 \quad (11)$$

Donde Z2 es el número de dientes de la rueda, Z1 número de dientes del piñón, n1 velocidad de giro del eje conductor en RPM y n2 velocidad de giro del eje conducido en RPM. Usando piñones de z1= 11 y Z2=45 dientes y sabiendo que N1 de 367,347 RPM. Aplicando la ecuación 11, se obtiene un n2 de 90 revoluciones por minuto (RPM) aproximadamente, usados en el sistema de la banda transportadora.

El motorreductor implementado en la fig. 9 lleva consigo en su salida la fuerza y la velocidad necesaria acondicionada para el buen funcionamiento de la banda. Y con el encendido del sistema de transporte, iniciar el ciclo, hasta culminar cada objetivo detallado en el código de programación.

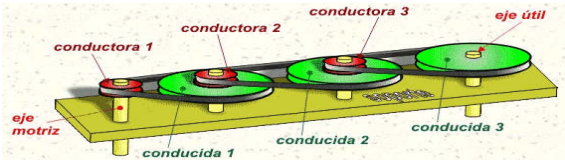

Fig. 9. Multiplicador de velocidad por poleas [11]

En la fig. 10 se encuentra la vista superior y en la fig. 11 la vista lateral del diseño en 2d del motorreductor diseñado.

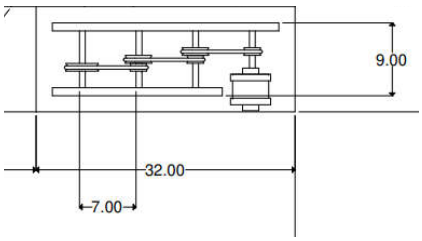

fig. 10. Motorreductor vista superior

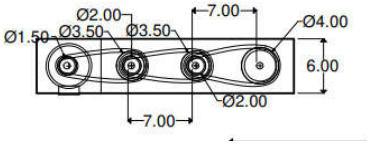

fig. 11. Motorreductor vista lateral.

En la fig. 12 se observa el motorreductor implementado.

fig. 12. Reductor de velocidad de 3 poleas

El módulo RTC Ds3231 permite hacer los procesos de recolección(transporte), cuenta y almacenamiento de los huevos producidos de forma automática todos los días y a una hora específica programada con anticipación. Para esto se hace uso de un Módulo RTC Ds3231, permite al Arduino la capacidad de ubicarse en el tiempo (años, meses, días, horas, minutos y segundos). En la fig. 13 se puede apreciar la conexión entre un RTC y el Arduino.

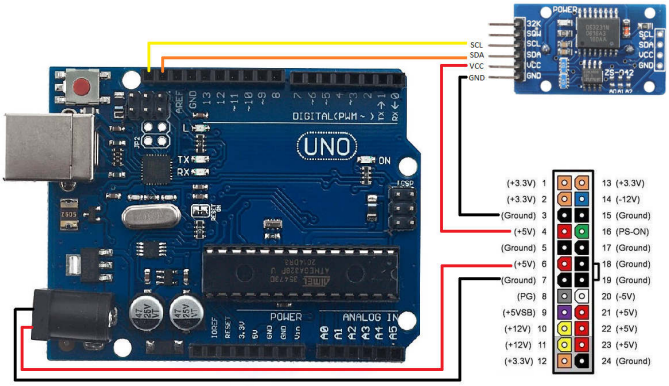

Fig. 13. Conexión del módulo RTC al Arduino UNO.

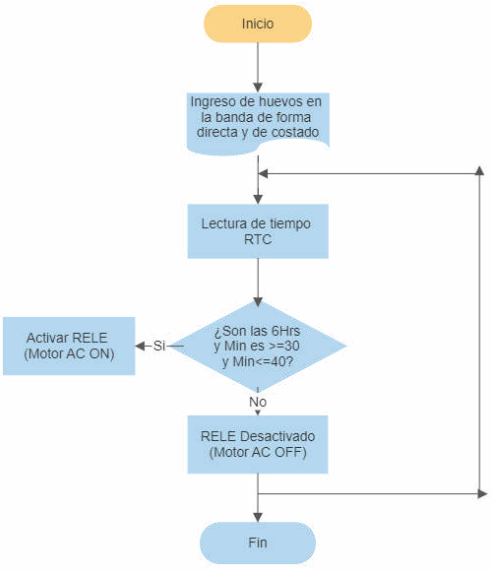

Fig. 14 Pseudocódigo RTC, relé y motor AC.

En la figura 14 se encuentra el pseudocódigo que nos brinda un ejemplo de una descripción compacta e informal del principio operativo de la programación del RTC junto a la banda transportadora. integrando así los módulos: RTC, relé y motor ac.

Clasificación de huevos mediante una Celda de Carga.

En cuanto al apartado de clasificación del producto, es necesario conocer el peso de cada huevo, el cual definirá el precio, y tipo al cual pertenece. "La Norma Técnica Colombiana NTC 1240, clasifica los huevos según su peso y puede ser de tipo: C, B, A, AA, AAA, JUMBO. [1],[3],[5]"

"A partir de la banda de transporte, el producto pasa por el sistema de clasificación el cual está basado mediante el peso del producto con el uso de una celda de carga cantiléver de 1K, de utilidad para realizar la medición del peso de cada huevo, este instrumento mide los esfuerzos y deformaciones con el uso de un sensor de peso conocido como galga extensiométrica, basada en el principio piezoresistivo que constituye que la resistencia eléctrica de un material semiconductor tendrá una variación al ser deformado mediante una fuerza externa. Es decir, se genera una transducción de la fuerza aplicada, a un cambio de resistencia eléctrica, el cual se verá revelado en la variación de un voltaje [13]"
La plataforma de pesado se ubica en el extremo de la celda de carga, véase fig. 15, debido a que es el lugar donde hay más flexión. [13]

Fig. 15. Ejemplo instalación celda de carga. [14]

Cabe destacar que, para el correcto funcionamiento de la celda de carga, sus galgas extensiométricas están en configuración de puente de wheatstone resistivo. Puesto que el cambio en la resistencia de las galgas debido a la deformación es bastante pequeño. Una vez se registra esos valores de resistencia se mide los valores de voltaje del puente, los cuales están alrededor de 0,003v, y para amplificar esos pequeños valores de Vout, y poder leerlos y realizar todo lo dicho, se usa un módulo HX711 que amplifica y sirve de interfaz entre la celda de carga y el microcontrolador. Una vez listo el montaje, para calibrar la balanza es necesario un peso conocido, en este caso para conocerlo, se utilizó una gramera SF-400, y mediante las librerías de arduino públicas de HX711 calibrar, las cuales y en funcionamiento en conjunto (celda y HX711) arrojaron un valor de lectura. Teniendo estos valores, se usa la ecuación 12 y se realiza la respectiva calibración.

$$Calibración = \frac{Valor\ de\ lectura}{peso\ real} \quad (12)$$

Durante la calibración se usó valores en kilogramos, de esta manera, nuestro factor de calibración se hizo mucho más grande, en torno a los 900000. Una vez calibrado, se realizaron pruebas de pesado y servomotores con la finalidad de saber si los valores y movimientos son correctos. En la fig. 16 se encuentra la conexión de la celda de carga y Arduino. y en la fig.17 se observa el diseño enfatizando una inclinación para la caída de los huevos mediante gravedad.

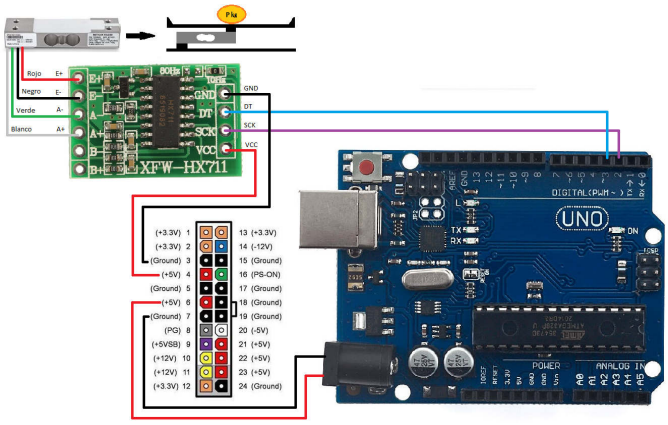

Fig. 16. conexión entre la celda de carga y el Arduino.

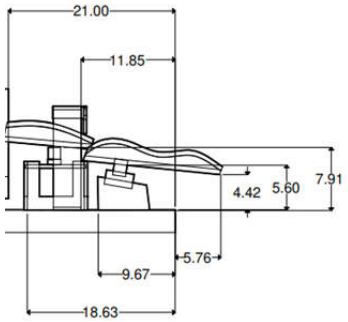

Fig. 17. Diseño 2D del sistema de clasificación, vista lateral

Los actuadores usados para la Clasificación son los servomotores SG90 y MG995. Un servomotor detendrá al huevo y dependiendo de los valores de la balanza, el otro servomotor se posicionará en la dirección de clasificación indicada. En la fig. 18 se puede observar la configuración utilizada para hacer el control de cada servomotor a partir del Arduino UNO.

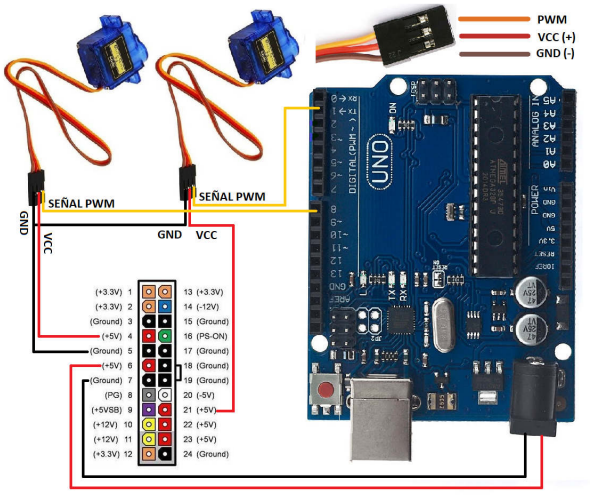

Fig. 18. Esquema de conexión entre el Arduino UNO, la fuente y los servomotores

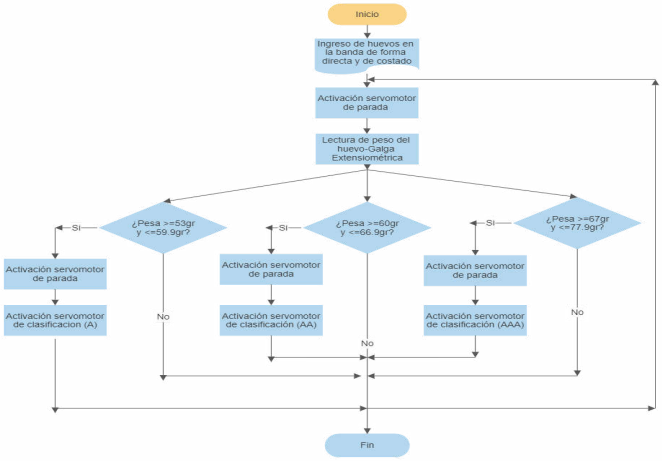

Fig. 19. Esquema de conexión entre el Arduino UNO, la fuente y los servomotores

En la figura 19 se encuentra el pseudocódigo que ejemplifica de una manera compacta y clara el funcionamiento del clasificador de huevos, en el que intervienen tanto la celda de carga (galga extensiométrica), y servomotores.

Conteo de la producción.

Para el apartado de conteo del producto, como también para la parada de la banda ante un huevo en la zona de clasificación, se hace uso de sensores infrarrojos IR FC-51, los cuales deben de ser calibrados manualmente, y no necesitan librerías para su funcionamiento “son capaces de detectar con luz ambiente o completa oscuridad [15]”. En la siguiente fig. 20. se pueden apreciar las conexiones de los diferentes infrarrojos utilizados a los respectivos pines del microcontrolador

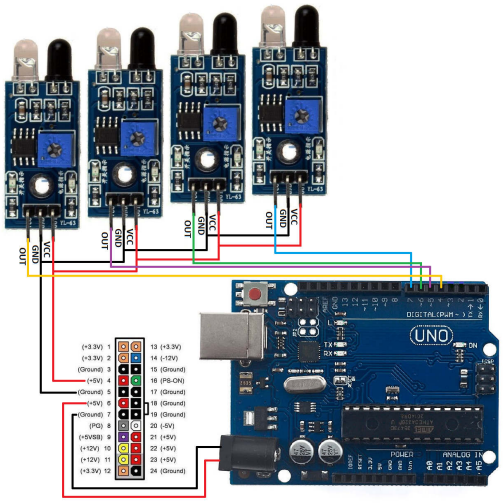

Fig. 20 Esquema de conexión módulos IR FC-51

Uno de estos módulos IR FC-51 permite la detección del producto. La banda estará encendida al no registrar ningún huevo en la zona de pesaje(clasificación) y se apaga mientras pesa el huevo. Todo esto para que no haya colisión de los huevos en el momento de pesarlos y clasificarlos dependiendo de su peso. Una vez hecha la clasificación y con el uso de más infrarrojos ubicados en las partes laterales ubicados en las bandejas de clasificación, véase las figuras 21 y 22, se realiza el conteo por tipo de los huevos diariamente producidos. Terminado este paso, el producto está listo para ser desinfectados y posteriormente ser organizados, empacados y almacenados

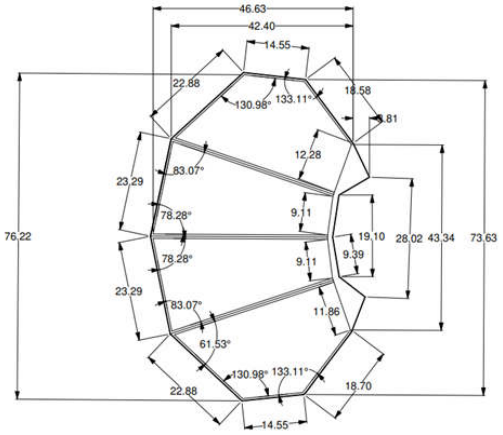

Fig. 21 Diseño 2D del sistema de clasificación, vista lateral

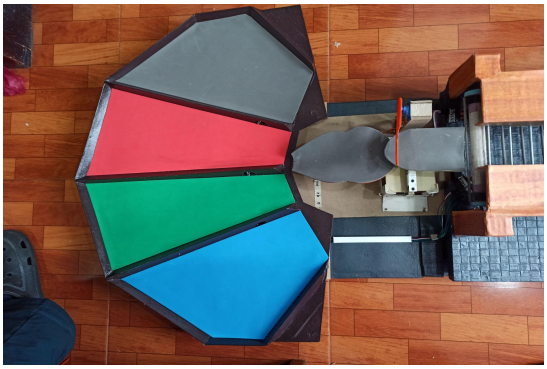

Fig. 22 Bandeja para caída y sensores de conteo de huevos clasificados

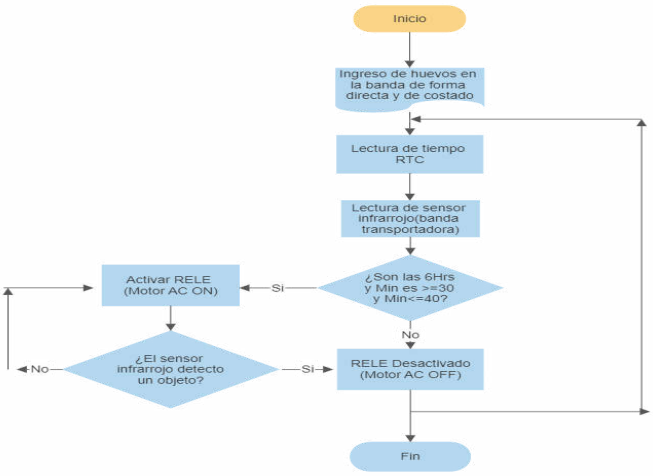

Fig. 23 Bandeja para caída y sensores de conteo de huevos clasificados

En la figura 23 se encuentra el pseudocódigo perteneciente al paro de la banda transportadora al detectar el sensor infrarrojo un objeto(huevo) en la zona de clasificación

Visualización de Conteo

El módulo LCD con bus I2C permite la reducción a 4 conexiones y se usa con fin de reducir material y construcción. En este dispositivo, se podrá apreciar de manera clara la información relacionada con la producción diaria de la granja (conteo de huevos de tipo A, AA, AAA junto a su total)
En la figura 24 se puede observar el esquema de conexiones a utilizar para controlar con el Arduino la pantalla LCD.

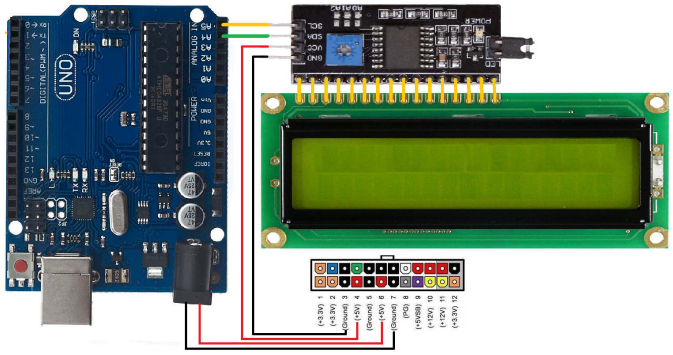

Fig. 24 Conexión entre el Arduino UNO, módulo LCD y el módulo I2C.

Almacenamiento de datos.

Finalmente para el apartado de almacenamiento de los datos, se usa un módulo Micro Sd arduino, véase la figura 25, el cual guarda la información en una memoria micro SD. Esto, con fin de tener una base de datos que proporcione la información relacionada con la producción diaria del lote avícola, la cual permitirá actuar y solucionar con tiempo problemas de producción, como lo es una producción baja.

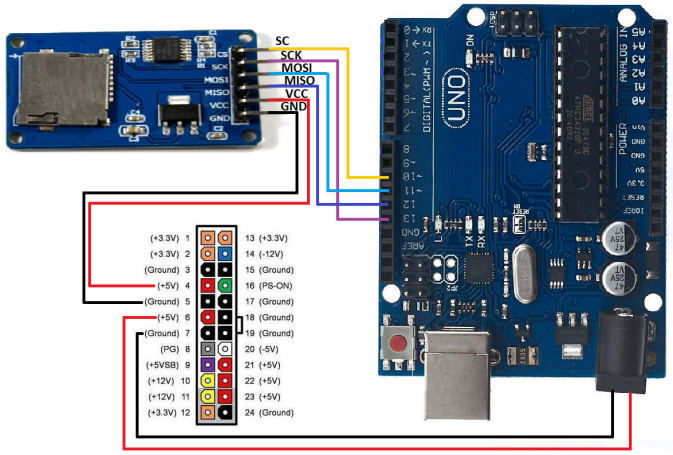

Fig. 25 Esquema de conexiones módulo micro SD

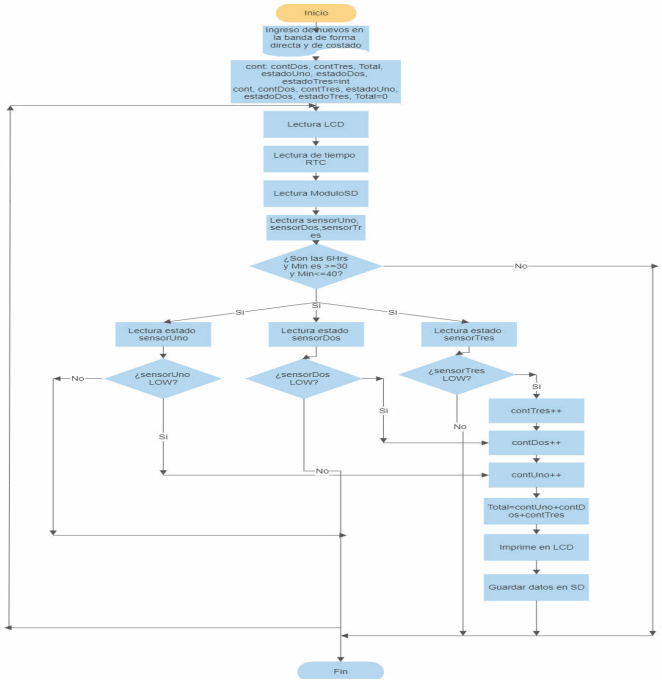

Fig. 26 Conexión entre el Arduino UNO, módulo LCD y el módulo I2C.

En la figura 26, por último, se observa el pseudocódigo implementado de los apartados de LCD, sensores de conteo, RTC y micro SD, esto con el fin de ejemplificar de manera precisa y compacta lo que se realizó en la integración de estos elementos.

Una vez armado, conectado, pintado y probado los componentes y materiales se hacen las pruebas finales, se hacen análisis y se concluye. En la figura 27 se muestra el diseño 3D del prototipo en su totalidad

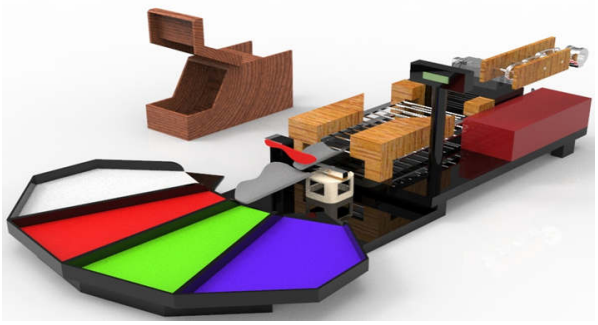

Fig. 27 Diseño 3D del prototipo realizado

III. RESULTADOS

Tiempos de encendido

Para el apartado de encendido del sistema como se mencionó, se hace uso de un RTC. Y para saber cual es el más indicado recalcando los tiempos de encendido, se hizo uso de los dos más comerciales. Como primera instancia, usando el Ds1307, se programó un tiempo específico y se tomaron tiempos de encendido y apagado, dándonos valores de retardo en torno a los 35-45 segundos. Posteriormente, se hace uso del Ds3231, del cual se obtienen valores de retardo imperceptibles, valores menores en milisegundos. Por lo cual se utilizó el RTC Ds3231. Sabiendo que el apartado de inicio de los procesos es fundamental para la producción, por ello, utilizar uno que garantice un tiempo de encendido exacto es primordial.

Clasificador de huevos

En cuanto al diseño del clasificador de huevos, se tuvo que pasar por 2 prototipos fundamentales. Uno que levantaba la plataforma de pesado, y otro que la mantiene estática, y usa la gravedad para pasar cada huevo. El primero cumplía con lo pedido, no obstante se requería el uso de un tercer servomotor, ocasionando un aumento de costos, por lo cual fue descartado. Por el contrario, el segundo prototipo hace uso de menos servomotores, y además cumple con lo pedido. Por lo tanto, una vez pasadas las pruebas realizadas, se decidió usar el segundo por su bajo costo, teniendo en cuenta que está pensado para pequeñas y medianas granjas avícolas. La clasificación da mejores resultados en cuanto a tiempo y resolución. Ya que en 1 hora aproximadamente se clasifican entre 1100 y 1200 huevos, en 1 minuto aproximadamente se alcanzan a clasificar 20 huevos, y si se hace uso de una pesa y de forma manual en un minuto se puede clasificar aproximadamente tan solo 8 huevos. Sin embargo y para este último caso, la mayoría de trabajadores que clasifican los huevos de forma manual lo hacen por experiencia, por tamaño, sin tener en cuenta una balanza o pesa, su clasificación en ocasiones de un huevo pequeño resulta más pesado, siendo AA, pero este es vendido como A, resultando por tanto en pérdidas.

El análisis para saber el rendimiento del sistema de clasificación y conteo se realizó de la siguiente manera. Se hizo la compra de 60 huevos de los cuales se usaron 30, y se dividieron en 3 partes. 10 huevos clase A, 10 huevos de clase AA y 10 huevos AAA, cada uno pesado previamente. Los resultados se muestran en las tablas 1, 2, 3, 4 y 5.

# huevos	Peso(gr) Gramera Digital	Peso(gr) Galga	Tipo
1	55	55,2	A
2	59	58,8	A
3	53	53,4	A

4	55	55,7	A
5	54	54,3	A
6	56	56,1	A
7	53	53,7	A
8	57	57,5	A
9	54	54	A
10	56	56	A

Tabla 1 . Datos de peso de huevos tipo A

# huevos	Peso(gr) Gramera Digital	Peso(gr) Galga	Tipo
1	60	60,9	AA
2	61	61,1	AA
3	66	65,4	AA
4	64	64,1	AA
5	63	63,6	AA
6	65	64,9	AA
7	64	64,3	AA
8	62	61	AA
9	60	60,7	AA
10	63	62,5	AA

Tabla 2 . Datos de peso de huevos tipo AA

# huevos	Peso(gr) Gramera Digital	Peso(gr) Galga	Tipo
1	69	68,2	AAA
2	75	75,1	AAA
3	67	67,1	AAA
4	72	71,7	AAA
5	68	68,6	AAA
6	75	74,9	AAA
7	73	73,3	AAA
8	76	76,4	AAA
9	69	69,5	AAA
10	71	71,7	AAA

Tabla 3 . Datos de peso de huevos tipo AAA

Tipo	Clasificación	# Error	% Eficiencia	% Error
A	10	0	100	-
AA	8	2	80	-
AAA	9	1	90	-
Total	27	3	90	10

Tabla 4 . Resultados de la clasificación del sistema de los tres tipos de huevos

Tipo	Conteo	#Error	%Eficiencia
A	10	0	-
AA	10	0	-
AAA	10	0	-
Total	30	0	100

Tabla 5 . Resultados del conteo del sistema de los tres tipos de huevos

Según las pruebas realizadas, es posible apreciar que la eficiencia que tiene el sistema de conteo es del 100%, y el de clasificación es de un 90% con un porcentaje de error del 10%. Los valores de coeficiente de variación de peso

generados por el sistema de los huevos tipo A, AA y AAA además, están entre los 0.02 y 0.04gr, siendo los huevos de tipo AAA el de mayor valor. Es posible igualmente verificar que los datos obtenidos de peso para el tipo A tiene una desviación estándar de 1.7gr, 1.8gr para los AA, y 3,05 gr para los AAA aproximadamente, este último valor debido a que el rango de clasificación del huevo es muy grande, comprobando la eficiencia del sistema.

Almacenamiento de datos

# De archivos creados	Nombre	Formato
1	LUN	TXT
2	MART	TXT
3	MIER	TXT
4	JUEV	TXT
5	VIER	TXT
6	SAB	TXT
7	DOM	TXT

Tabla 6 . Cantidad de archivos creados en la tarjeta SD

Día por cada semana	Tipo A	Tipo AA	Tipo AAA	Total
Lunes	0	2	0	2
Lunes	0	0	0	0
Lunes	1	2	0	3
Lunes	1	3	0	4

Tabla 7 . Prueba de almacenamiento de datos en archivo Lun de los días lunes

Las pruebas que se le realizaron al apartado de almacenamiento fue la evidencia o la constancia de la creación de archivos y la impresión de las variables guardadas de conteo de cada sensor (A, AA, y AAA). La tabla 6 muestra la cantidad de archivos que se crearon instantáneamente una vez se inicien todos los procesos. En total son 7 archivos nombrados tal cual se le dio la orden mediante programación, y su formato TXT. Por otra parte, en la tabla 7, se muestra las cantidades de cada tipo de huevo en el archivo del día lunes, para este caso, 4 lunes.

IV. CONCLUSIÓN

Después de analizar nuestro diseño y escuchar la opinión de la viabilidad de este proyecto al gerente de la empresa Pollo al Dia, la banda de recolección fue removida del prototipo ya que dispara los costos del diseño haciendo para el pequeño y mediano productor un equipo fuera de alcance. Razón por la cual se diseña un sistema de bajo costo, en donde se acondiciona el nido para que el producto sea almacenado en el momento de la puesta y su recolección sea manual a partir del espacio de almacenamiento cuidando el producto y permitiendo hacer menos veces el trabajo de recolección.

Para comprobar la funcionalidad de un nido automático, a una gallina en etapa de puesta se le a realizado el cambio de un nido normal que estaba utilizando, por un nido automático, al transcurrir una semana no se observan cambios en producción del ave, la gallina a usado el nido automático y sigue con su producción habitual de un huevo cada mañana. Pero esta vez, el huevo queda en un espacio de almacenamiento dando un mejor manejo al producto en el momento de la puesta.

Con este sistema se obtiene una mayor cantidad de huevos mejor clasificados y en menor tiempo, lo que es de ayuda en el momento de clasificar grandes cantidades de producto procedente de una granja avícola.

Para vender el producto correctamente pesado es de gran ayuda hacerlo de manera automática mediante una celda de carga o galga extensiométrica que le permita a un sistema conocer el peso del producto a clasificar. En el momento de implementar este mecanismo fue de vital importancia la posición y calibración del dispositivo, garantizando su buen funcionamiento. Una plataforma mal acondicionada ocasiona valores por encima o debajo del valor real, como resultado una mala clasificación y por ende un precio erróneo.

El uso de un solo microcontrolador Arduino UNO es muy limitado, pues sólo lleva 13 pines digitales, y con el exceso de más de 10 de ellos acarrea problemas de funcionamiento en los servomotores. Y se evidencio al probar por separado los códigos y los dispositivos. Por ello, se hizo uso de un segundo microcontrolador arduino con fin de que se ahorre memoria, se aumenten los pines de conexión del proyecto para conexiones futuras, no haya inestabilidad en el sistema y se eviten sobrecargas del arduino ya que se está trabajando con cargas de potencia AC.

La implementación a gran escala es viable teniendo en cuenta que el proyecto se basa en 2 secciones independientes que son: Recolección, y por aparte la clasificación y conteo

junto a su almacenamiento de datos. Por lo que es posible hacer la implementación de cualquiera de ellas o del conjunto de las mismas, según sea el presupuesto de la inversión. Permitiendo así que pequeños y medianos productores se interesen por la automatización de sus procesos.

El presupuesto de la construcción mecánica y eléctrica de este prototipo fluctúa alrededor de 809.000 pesos colombianos, sin contar mano de obra.

Se identifica que con la ayuda de elementos electrónicos relativamente económicos es posible mejorar diferentes apartados de una granja avícola. Consiguiendo mejores tiempos de recolección al realizarse menos veces, clasificación, conteo y registro del producto. además de reducir el error humano, un mejor manejo sanitario del alimento a comercializar y bajas pérdidas.

Para cerrar el tema, este proyecto se realizó con el fin de pasar los conocimientos teóricos de automatización vistos en las clases del diplomado, a lo práctico y real. Se tuvo en cuenta las respectivas recomendaciones y se mejoró el sistema.

References

[1] S. A. Incubadora Santander, “Ficha técnica huevos frescos de gallina. Santander de Quilichao: Huevos Kike,” 2017 [Online]. Obtenido de: https://www. huevoskikes. com/documentos/GCI-FT-02-huevo-entero-en-cascara. pdf

[2] M. V. Z. Diegosuan, “Maquina para la clasificación de huevos,” 23-Nov-2017. [Online]. Available: https://www.youtube.com/watch?v=VNgQT8HTRPA.

[3] S. A. Solla, Solla.com. [Online]. Available: https://www.solla.com/sites/default/files/productos/secciones/adjuntos/Manual%20De%20Manejo%20Ponedoras%20Para%20Huevo%20Comercial_0.pdf.

[4] S. Mozley, “Chicken coops: Build your perfect chicken COOP on a budget and raise healthy birds: (fresh eggs, raising chickens, backyard chickens). Createspace Independent Publishing Platform,” (2017).

[5] Ecopulpack, “Bandejas 30 huevos,” Ecopulpack. 26-Feb-2022. [Online]. Available: from https://ecopulpack.co/portfolio-item/bandejas-huevos/

[6] Bigdutchman.es. 17-Sep-2021 [Online]. Available: https://cdn.bigdutchman.es/fileadmin/content/egg/products/es/manejode-gallinas-ponedoras-produccion-de-huevos-egg-collection-systems-Big-Dutchman-es.pdf

[7] M. Á. Ladino Franco, “Diseño de un transportador por banda aero soportado con capacidad de 300 toneladas por hora (TPH),” Universidad del Valle, 2018.

[8] W. S. Verdugo Reinoso, “Diseño e implementación de una máquina para el corte de barras energéticas de granola para la Empresa Industrial productos El Chinito S.C.C,” 2015.

[9] Newelleqpt.com. [Online]. Available: https://newelleqpt.com/images/pdf/MAT-HB-826.pdf

[10] C.A. Salinas Masache, "Estudio, análisis e implementación de un motor eléctrico como fuente de potencia para un vehículo tubular,” 2018.

[11] cejarosu, “Tren de poleas,” Mec.es. [Online]. Available: http://concurso.cnice.mec.es/cnice2006/material107/mecanismos/mec_pol_trenpoleas.htm. [Accessed: 19-May-2022].

[12] J. C. Flores García, “Sistemas de transmision mecanica,” 2012.

[13] Edu.ar. [Online]. Available: http://www.eet476.edu.ar/documentos/Aula%20Virtual/ABBONIZIO-6TM%20(2).pdf. [Accessed: 20-May-2022].

[14] Naylamp Mechatronics [Online]. Available: https://naylampmechatronics.com/blog/25_tutorial-trasmisor-de-celda-de-carga-hx711-balanza-digital.html

[15] K. A. Yépez Peñaherrera, “Sistema electrónico de gestión y control del simtel en la ciudad de Latacunga” (Bachelor's thesis, Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial. Carrera de Ingeniería en Electrónica y Comunicaciones). (2018).