

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE MÁQUINA SELLADORA Y CLASIFICADORA DE HUEVOS DE GALLINA POR PESO EN LA EMPRESA PERUANA AVIPORC S.A.C.

RYAN LEÓN, ANDY BOY, LUCIANA PELÁEZ, LUCESITA TACANGA*

Universidad Privada del Norte, Perú

Recibido: 17 de septiembre del 2019 / Aprobado: 28 de enero del 2020

doi: 10.26439/ing.ind2020.n038.4822

RESUMEN: El presente artículo tiene como objetivo diseñar y construir un prototipo de máquina selladora y clasificadora de huevos por peso para la empresa Aviporc S.A.C. Se realizaron diez pruebas de funcionamiento para determinar la clasificación de huevos de gallina mediante el reconocimiento del peso correcto, donde se concluyó que la eficiencia para clasificar huevos clase A es del 100 % y de clase B, 80 %, lo que representa una herramienta útil para la realización de la jerarquización del producto y la reducción de costos y tiempos.

Palabras clave: huevos / clasificación / diseño de máquinas / automatización

DESIGN AND CONSTRUCTION OF A CHICKEN EGG STAMPING AND WEIGHT GRADING MACHINE PROTOTYPE AT THE PERUVIAN COMPANY AGROPECUARIA AVIPORC S.A.C.

ABSTRACT: This article aims to design and build an egg stamping and weight grading machine prototype for the company Agropecuaria Aviporc S.A.C. Ten performance tests were carried out to grade chicken eggs according to the weight classification. It was concluded that the grading efficiency for grade A eggs was 100% and for grade B was 80%. Therefore, the prototype is a useful tool for egg grading and for cost and time reduction.

Keywords: Eggs / grading / machine design / automation

* ryan.leon@upn.edu.pe, andyboy_13@hotmail.com, luciana-pelaez@hotmail.com, lucesito_ts@hotmail.com

1. INTRODUCCIÓN

En el Perú, la industria avícola ha cobrado una participación dentro de la estructura del valor bruto de la producción agropecuaria destacándose como una de las actividades económicas importantes de este país, es así que en la revista global *AviNews Avicultura*, según Gutiérrez (2 de mayo del 2019) señala que la producción de huevos comerciales fue de 40,2 miles de toneladas en febrero del 2019, frente a las 35,1 mil toneladas de la misma fecha del año anterior, es decir, un incremento del 14,7 %. Por otra parte, el consumo per cápita de huevo comercial, a nivel nacional, en febrero del 2019, fue de 20 unidades y para Lima Metropolitana este consumo fue de 26 huevos/hab./mes. Resaltando que el consumo per cápita de huevo comercial llegó a las 224 unidades por persona al año.

El departamento de La Libertad no es ajeno al panorama nacional, si se hace referencia a la producción de huevos comerciales, se encuentra dentro de las regiones con mayor aporte, ocupando el tercer lugar con un 16,6 %, superado por Ica y Lima con un 40,5 % y 27,4 %, respectivamente (Gutiérrez, 2 de mayo del 2019).

Dada a la alta cobertura que demanda el consumo de huevos y la gran participación nacional que tiene el sector avícola, las empresas deben de contar con sistemas tecnológicos que aseguren la productividad en sus procesos y proporcionen un elevado rendimiento en su capacidad de producción; a pesar de ello, de acuerdo al Ministerio de la Producción (2015), el abastecimiento de huevos a nivel minorista ha sido descuidado por la falta de inversión en infraestructura y en tecnología, por ello muchas empresas nacionales como locales tienen necesidad de innovar y elevar su presupuesto para automatizar sus procesos.

Dentro del ámbito local se encuentra Aviporc S.A.C., una pequeña empresa que se dedica a la comercialización directa de productos avícolas, especialmente, huevos de gallina, contando actualmente con el 20 % de participación en el mercado peruano del sector avícola y con una capacidad de producción anual de 239 280 huevos de gallina. El mercado actual exige una mayor demanda, según el Ministerio de Agricultura y Riego (2018), se presenta un crecimiento del 48 % en este producto en los últimos 10 años. Sin embargo, en la actualidad, la empresa al realizar el proceso de forma manual y trabajando con 9 galpones de gallinas, 8 horas diarias y 26 días del mes logra una producción mensual de 2215 unidades por galpón; es decir, obtiene una producción total de tan solo 19 935 unidades al mes, representando una baja participación frente al creciente consumo.

La clasificación de huevos se puede realizar agrupándolos en cinco categorías denominadas clase B, clase A, clase AA, clase AAA y yumbo, según su peso, por lo cual el proceso de clasificación para una empresa productora de huevos resulta crítico (Federación Nacional de Avicultores de Colombia [FENAVI], 2015). En la empresa Aviporc S.A.C. se lleva a cabo este proceso, al igual que el de distribución; sin embargo, particularmente, para el proceso de clasificación se encontró la siguiente problemática.

Se detectan errores durante dicho proceso por la desestabilidad en la balanza para producir un resultado fijo al momento de pesar el huevo y en la lectura subjetiva que hace el operario después de jornadas extensas en esta labor. Actualmente, la empresa presenta una baja eficiencia en el proceso de clasificación manual de huevos, del 79 % en los huevos clase A menores a 50 g y del 83 % en huevos de clase B mayores a 50 g.

Por otro lado, se identifican tiempos excesivos de clasificación, con un tiempo estándar de aproximadamente dos minutos para clasificar los huevos. Todo esto como consecuencia de la escasa accesibilidad a tecnología de equipos de clasificación producidos internacionalmente y malas experiencias previas con equipos mecánicos de origen nacional.

En el mercado existen varias alternativas para la clasificación de huevos, tanto extranjeras como nacionales, sin embargo, en esta última, las clasificadoras son de menor capacidad y aún no se encuentran de tipo automático. A pesar de las diferentes alternativas comerciales en este tipo de equipos, su adquisición no es factible para la empresa Aviporc S.A.C., por su capacidad de producción y porque esta buscaba superar los problemas de experiencias previas con otras máquinas clasificadoras, contemplando además alternativas de automatización.

Para dar solución a la problemática descrita, se propuso el diseño y la construcción de un prototipo de máquina que desarrolle un proceso automatizado en la selección y clasificación de huevos de gallina, tomando en consideración que la empresa desde sus inicios se ha encargado de comercializar dos diferentes tipos: huevos blancos (tipo A) y huevos anaranjados (tipo B), que representan el 40 % y 60 % de su producción total. Con esta implementación, el proceso mencionado brindará resultados más eficaces a un costo no tan elevado y a un menor tiempo, mejorando el nivel de distribución, en comparación con las microempresas que no poseen ningún tipo de tecnología, y llegar a desarrollarse con su producto avícola.

2. METODOLOGÍA

El estudio tuvo carácter experimental y se realizaron 10 pruebas de funcionamiento por cada clasificación de huevos mediante el diseño del circuito en el *software* Proteus v.8, elegido por su ventaja al realizar las fases de prueba que no suponen la construcción de nuevos prototipos. Los huevos de tipo clase A son menores a 50 g y los de clase B son mayores a 50 g, criterio clave en el sistema de clasificación utilizado, lo cual se justifica dado que la empresa se orienta a la comercialización de estos dos tipos de huevo desde su creación, por ello fueron estos tipos de huevos los que se utilizaron con el fin de demostrar el funcionamiento de la máquina en una muestra seleccionada de 45 huevos. Se aplicó la metodología cuantitativa, lo que viene a ser las pruebas de peso de huevos tipo A y tipo B,

para reflejar la eficiencia del prototipo al clasificar los huevos en los diferentes tipos en los que se denominó. Por último, la investigación fue orientada a conclusiones, ya que, al obtener los resultados, se ve cuán eficiente es la máquina en la clasificación de los huevos.

2.1 Diseño del circuito

El circuito de la clasificadora de huevos tiene las características técnicas adecuadas para poder pesar, sellar y clasificar los huevos siendo el fin de este proyecto.

Todo el sistema es controlado por el Arduino mega nano, siendo un controlador muy usado en proyectos de automatización, el circuito consiste en la activación de motores y servomotores, entonces para poder realizar los movimientos de los motores se utilizó como etapa de potencia un puente H, conocido como Driver Puente H I1298, ya que permite darle la corriente necesaria que necesita cada motor para su buen funcionamiento. Por lo tanto, los 5 motores DC tendrán su etapa de potencia, con la excepción de que el tercer puente H controlará un solo motor. A su vez necesitó controlar una pinza, la cual hace el trabajo de sostener el huevo para poder pesarlo y después dejarlo caer sobre la plataforma tipo cuchara. Esta pinza trabaja con el Servomotor Tower Pro SG90, el cual cumple con las consideraciones de diseño para el peso y ángulo para las maniobras de selección por la estructura realizada.

Adicionalmente, la pantalla LCD muestra cómo va el proceso; igualmente, los finales de carrera también estarán conectados al Arduino, los cuales detienen automáticamente el sistema evitando errores mecánicos, por lo tanto, ayuda a un cumplimiento óptimo de la estructura.

Un mayor detalle sobre cómo se realizaron las conexiones o cableado, se presenta en el esquema electrónico del circuito realizado en el *software* Proteus v.8, el cual se eligió por su ventaja al realizar las fases de prueba que no requiere la construcción de nuevos prototipos, ahorrando en costo y tiempo. Así como el diagrama de flujo de la programación para el funcionamiento del sistema.

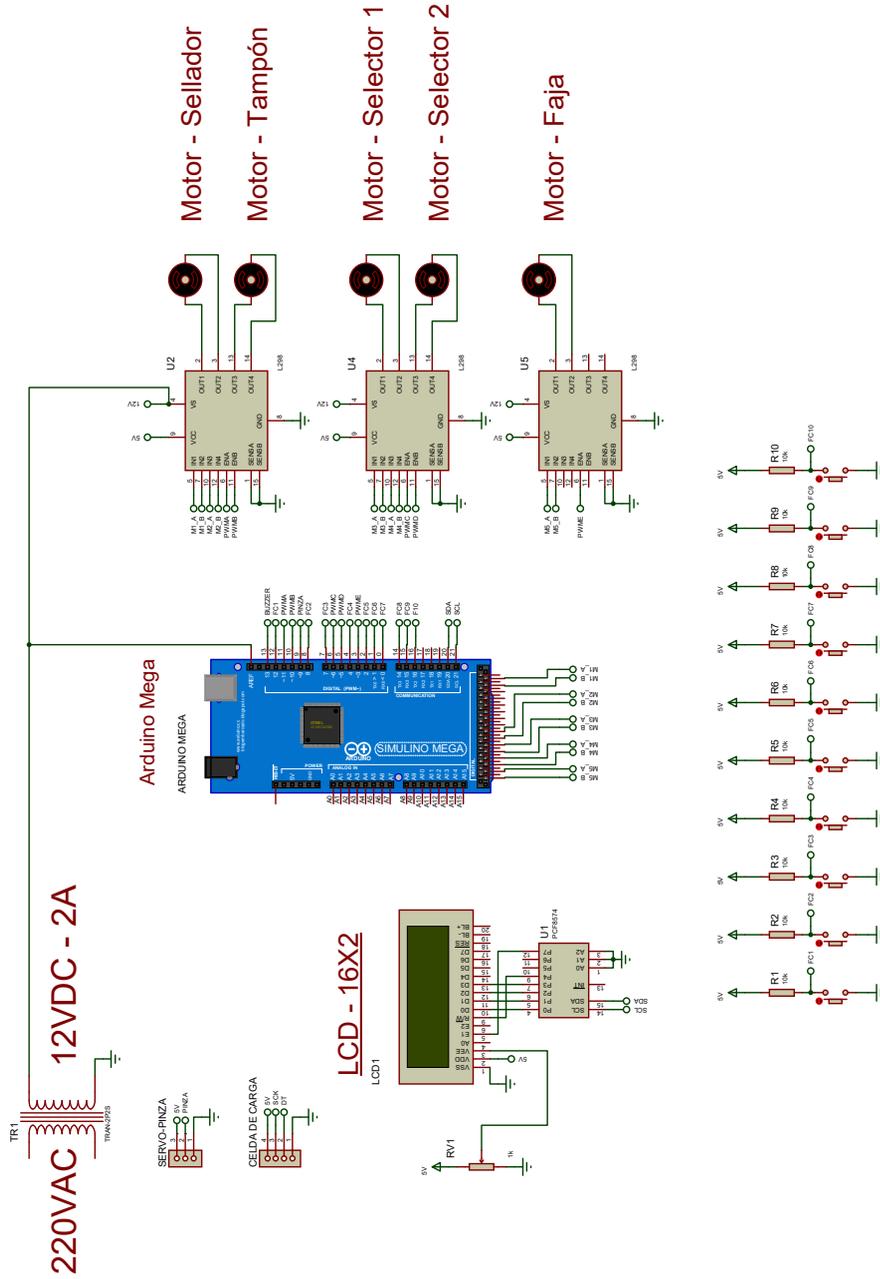


Figura 1. Circuito del clasificador y sellador de huevos

Elaboración propia

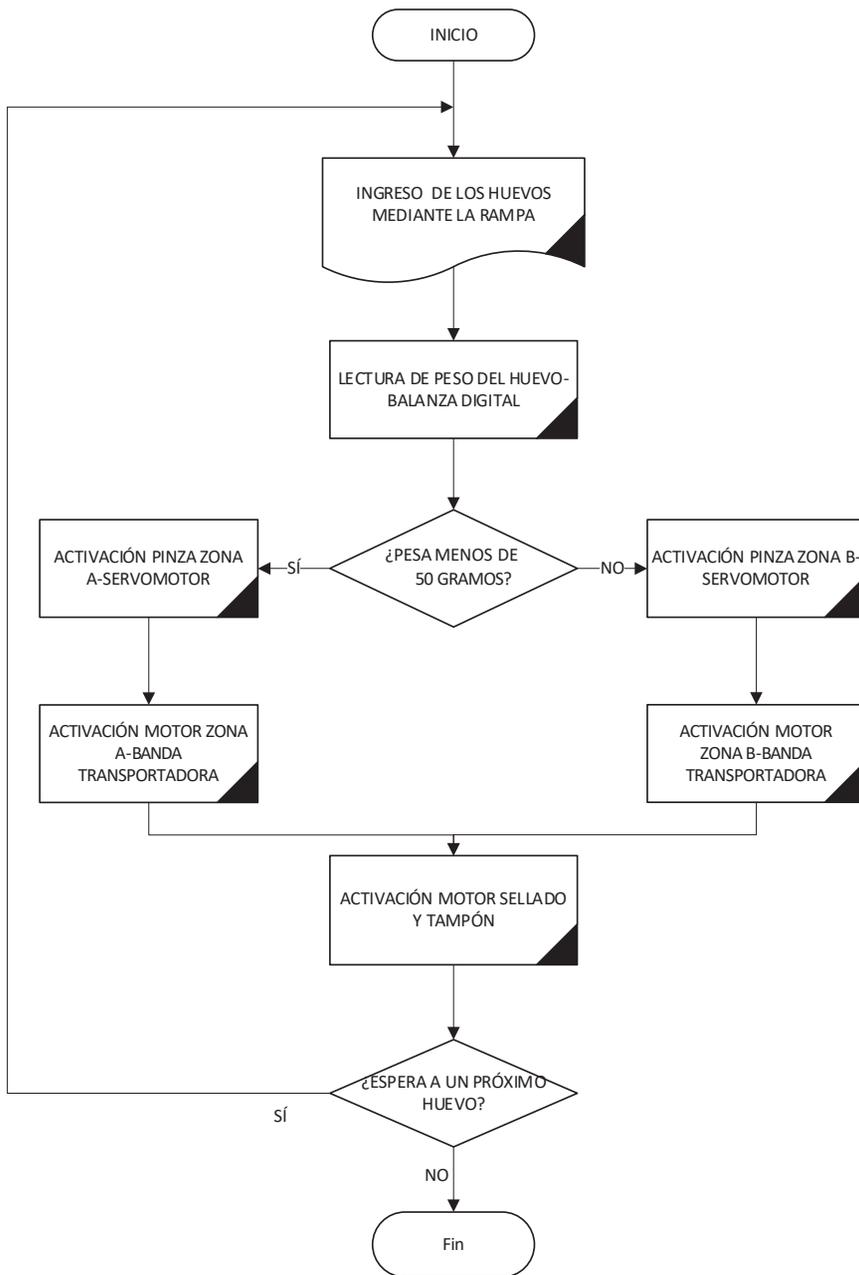


Figura 2. Diagrama de flujo del proceso clasificador y sellador de huevos
Elaboración propia

2.2 Diseño de la estructura

La estructura fue diseñada pensando en las dos clases de huevos que se desea clasificar, es por eso que en el sistema de la máquina automatizada de clasificación de huevos de gallina se utilizará una serie de materiales mecánicos, eléctricos, electrónicos y de madera. En la primera área, los huevos que ingresan en la estructura son separados mediante la activación de dos motores selectores 1 y 2 del circuito visto en la figura 1, los cuales permitirán la retención de los huevos y el paso de uno solo a la siguiente área, respectivamente. Una vez que el huevo comience a deslizarse hacia la siguiente área, sucede la activación de la servopinza, realizado con un Servomotor Tower Pro SG90, el cual es responsable del control utilizando las tenazas que permiten atrapar al huevo para que pueda ser pesado. Para el pesaje, se contará con una balanza digital construida con una celda de carga máxima de 1 kg, siendo más que suficiente para pesar las dos clases de huevos que se van a clasificar. Al momento de obtener el peso, el huevo cae hacia un soporte con forma de cuchara, que se creó con la finalidad de que al momento de su caída quede echado y listo para pasar a la siguiente área del sellado, es en este instante que se activa el motor faja, el cual trasladará al huevo hacia el área de sellado. Durante este proceso se realiza la activación del motor tampón para recargar la esponja con la tinta, una vez que el huevo se encuentre posicionado en el área de sellado, se activa el motor sellador para que realice su trabajo correspondiente estampando el logo en cada huevo (véase figura 1).

Una vez sellado y pesado, se vuelve a realizar la activación del motor faja para trasladar el huevo hacia su almacén correspondiente. Conocido como zona A o B, según su peso registrado. Para garantizar un buen trabajo de la estructura, todos los componentes electrónicos, eléctricos y mecánicos se han distribuido con las dimensiones adecuadas para su trabajo, como también se ha tenido en consideración el manejo del huevo para que este no sea dañado, pudiendo observarse en los planos vistos en la figura 4.

Para evitar que en el transporte el huevo tome velocidades muy altas y se pueda quebrar antes de llegar al área de separación inicial, se tuvo que hallar el ángulo de la rampa de entrada tal como se aprecia en la figura 3, según el cálculo ahí descrito.

Datos

$m = 0,05 \text{ kg}$

$a = 0,83 \text{ m/s}$

Coefficiente de rozamiento = 0

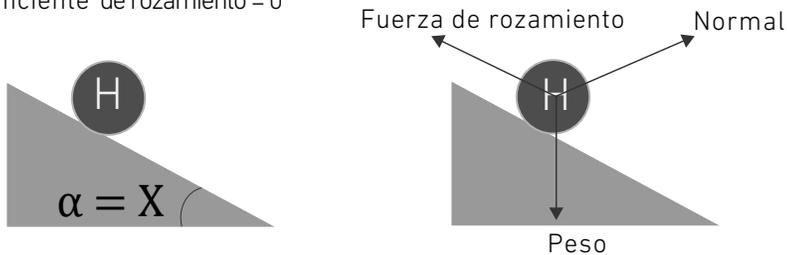


Figura 3. Cálculo del ángulo de la rampa de entrada

Elaboración propia

Luego, se utilizó la ecuación 2.1 para calcular el ángulo de inclinación, donde en primer lugar aplicaremos la fórmula para hallar el peso del huevo que permitirá reemplazar en el cálculo del ángulo de inclinación. A continuación, se muestra dicha ecuación:

$$\text{Peso} = m \times g \quad (2.1)$$

donde:

m : masa

g : gravedad

Donde "m" corresponde a la masa del huevo y "g" la constante gravitatoria que es $9,8 \text{ m/s}^2$. Lo cual permite llegar a conocer el peso del huevo, como lo muestra la ecuación 2.2.

$$\text{Peso} = 0,05 \times 9,8 = 0,49 \text{ N} \quad (2.2)$$

entonces:

$$\text{sen } x = \frac{P_x}{P} \quad (2.3)$$

donde:

P_x : peso del huevo en el eje X

P : peso neto del huevo

Es así como se obtiene el peso del huevo en el eje X multiplicando el seno del ángulo por el peso neto del huevo, como se muestra en la ecuación 2.4.

$$P_x = \text{sen } x \times P = \text{sen } x \times 0,49 \quad (2.4)$$

Al aplicar la fórmula de la fricción que es igual a la diferencia entre el peso del huevo en el eje X y la fuerza de rozamiento, como se muestra en la ecuación 2.5.

Se calcula el eje X, para ello utilizamos la siguiente ecuación:

$$FR_x = P_x - F_{roz} \quad (2.5)$$

donde:

FR_x : fricción

P_x : peso del huevo en el eje X

F_{roz} : fuerza de rozamiento

Para ello es necesario saber que para calcular fuerza de rozamiento es igual a la multiplicación de un coeficiente de fricción por la fuerza normal (N), como se observa en la ecuación 2.6.

Se debe tener en cuenta que:

$$F_{roz} = u \times N \quad (2.6)$$

donde:

F_{roz} : fuerza de rozamiento

u : coeficiente de fricción

N : normal

Se asume el valor de u como 0, debido a que la superficie del huevo y la del material seleccionado presentan un bajo coeficiente de fricción, que puede ser aproximado a 0.

Por lo que el valor de la fuerza de rozamiento es igual a 0.

Es así como llegamos a calcular el ángulo igualando la fórmula de fricción y el peso neto del huevo, como se observa en la ecuación 2.7.

Como consecuencia, la ecuación se reduce a:

$$FR_x = P_x \quad (2.7)$$

$$P_x = \text{sen } x \times 0,49 \quad (2.8)$$

$$m \times a = \text{sen } x \times 0,49 \quad (2.9)$$

$$0,05 \times 0,83 = \text{sen } x \times 0,49 \quad (2.10)$$

$$\text{sen } x = 0,08468 \quad (2.11)$$

$$x = 4,85^\circ$$

$$(2.12)$$

En la figura 4 se puede observar las vistas del diseño de la estructura elaborada para el proyecto, tomando en consideración las dimensiones correspondientes para el sistema de clasificación.

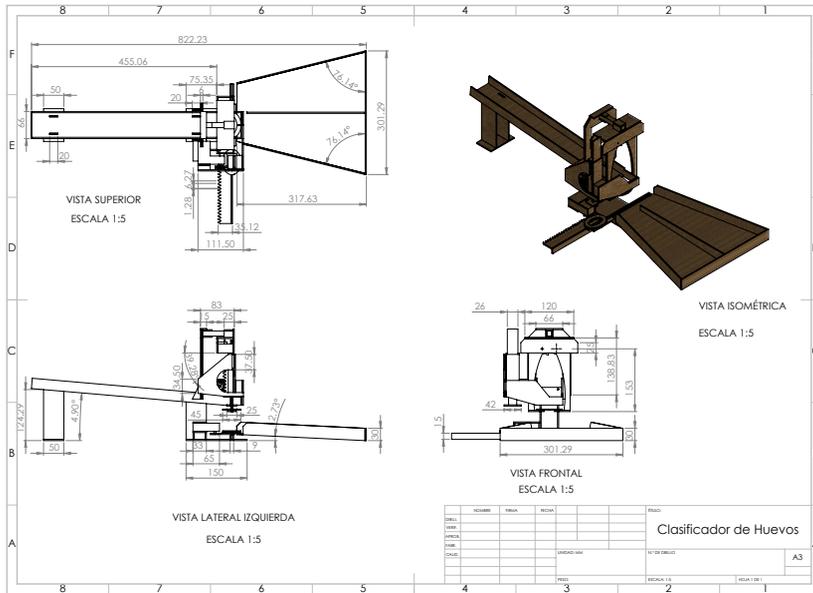


Figura 4. Diseño de la estructura de la máquina selladora y clasificadora de huevos
Elaboración propia

Cálculos

Al momento de accionar los actuadores, estos llegan a un punto pico de consumo de corriente, mayor a la corriente nominal o corriente de trabajo. En la tabla 1, se muestran los valores y se puede denotar que la corriente de la celda de carga y el Arduino se mantienen constantes:

Tabla 1
Amperaje pico en el momento 1

Momento 1	Amperaje pico en miliamperios (mA)
Motor	150
Servomotor SG 90	300
Celda de carga	40
Arduino	98
Total amperaje	588

Elaboración propia

En el momento 1 se realizan los procesos del accionar de la cremallera donde pasan los huevos y la activación de las puertas que hacen pasar al huevo individualmente. En este momento solo se accionará un motor.

Con un voltaje de 5, se calcula la potencia en el momento 1, empleando la fórmula de potencia, multiplicando el valor de voltaje y el amperaje total del momento 1, como se observa en la ecuación 2.13.

$$P_1 = 5 V \times 588 mA \quad (2.13)$$

donde:

P_1 : potencia en momento 1

V : voltaje

$$P_1 = 2940 W \quad (2.14)$$

El momento 2 es cuando se accionará el servomotor (se abrirá la pinza para que caiga el huevo).

Tabla 2
Amperaje pico del momento 2

Momento 2	Amperaje pico en miliamperios (mA)
Servomotor SG 90	830
Celda de carga	40
Arduino	98
Total amperaje	968

Elaboración propia

Con el voltaje de 5, se calcula la potencia en el momento 2, empleando la fórmula de potencia, multiplicando el valor de voltaje y el amperaje total del momento 2, como se observa en la ecuación 2.15.

$$P_2 = 5 V \times 968 mA \quad (2.15)$$

$$P_2 = 4880 W \quad (2.16)$$

Se han realizado los cálculos de las potencias para asegurar que la fuente de alimentación brinda la corriente necesaria y así poder garantizar un buen funcionamiento de todo el sistema.

La calibración de la balanza es necesaria para asegurar una buena clasificación de los huevos, para ello se realiza un procedimiento de calibración que depende de cada

celda de carga, se da inicio asegurándose que el IDE del Arduino tenga instalada la librería HX711_ADC. Una vez realizado el primer paso, se configuran los pines que se utilizarían en la lectura analógica de la celda de carga, como se puede apreciar en la figura 1.

Una vez realizado el paso dos, posteriormente, se coloca una masa conocida, en este caso se colocará una masa de 1 kg encima de la celda de carga acondicionada. Al abrir el monitor serie del IDE se obtienen dos datos: de lectura “val” del sensor de carga y el factor “calFactor”, es en este momento donde se coloca la masa de 1 kg.

Por último, el paso 3 es empezar la calibración como tal, se envía al comando H, el valor de H para ir reduciendo el valor de lectura de 8660,31, recibiendo 340 veces el valor en el monitor serie para poder llegar a un 1 kg, por lo tanto, se obtiene el factor de carga de 120 640,64 el cual se digita en el código del Arduino para que la balanza pueda pesar hasta un máximo de 1 kg.

Con esta forma de calibrar de la balanza digital, se obtiene el peso correcto de cada huevo para que sea clasificado.

3. RESULTADOS

Se realizaron 10 pruebas determinadas por el método estadístico de cálculo de tamaño de muestras, considerando la producción mensual de 19 940 huevos de gallinas de la empresa y un margen de error seleccionado del 5 %, para medir la eficiencia, tanto de la maqueta como del servomotor, y así comprobar si la clasificación de los huevos y el peso registrado son correctos, para lo cual se pesaron previamente con una balanza digital.

Los resultados se hicieron con 10 huevos clase A, huevos con un peso menor a 50 g, y 10 huevos clase B, huevos con un peso mayor a 50 g, cada uno pesado previamente. Los resultados se muestran en las tablas 3 y 4.

Tabla 3
Pruebas de peso con huevos clase B

n.º	Peso en gramos (balanza)	Peso en gramos (servomotor)	Clasificación
1	54	50	A
2	59	59	B
3	59	58	B
4	52	49	A
5	56	55	B
6	58	58	B

(continúa)

(continuación)

7	65	65	B
8	63	63	B
9	60	60	B
10	64	63	B
Clasificación		Conteo	Porcentaje de eficiencia
A		2	20
B		8	80
Total		10	100

Elaboración propia

Tabla 4
Pruebas de peso con huevos clase A

n.º	Peso en gramos (balanza)	Peso en gramos (servomotor)	Clasificación
1	43	43	A
2	39	39	A
3	37	36	A
4	48	47	A
5	40	40	A
6	37	37	A
7	43	43	A
8	39	39	A
9	42	41	A
10	40	40	A
Clasificación		Conteo	Porcentaje de eficiencia
A		10	100
B		0	0
Total		10	100

Elaboración propia

Se puede apreciar, según las pruebas, que la eficiencia para clasificar huevos clase A es del 100 % y para los huevos de clase B es del 80 %.

Además, los datos para la clase A tienen una desviación estándar de 0,43 g; mientras que los B, de 1,41 g.

Al construir el prototipo quedó como lo muestran las figuras 5 y 6.

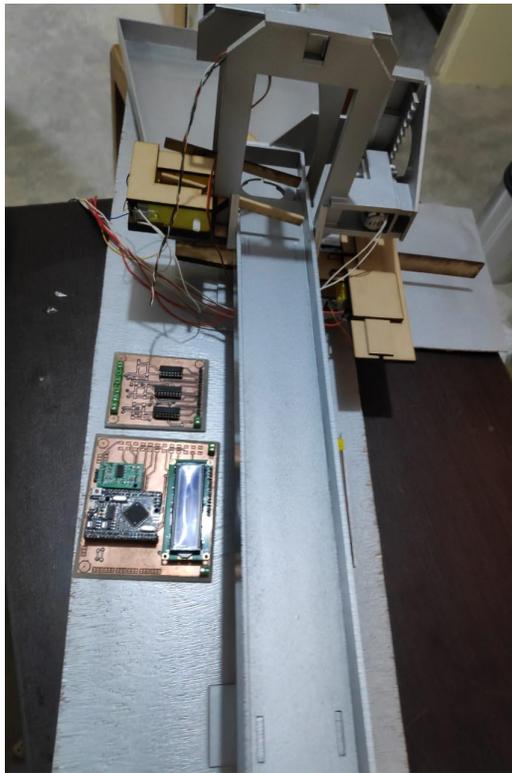


Figura 5. Maqueta final lado posterior
Elaboración propia

La figura 5 muestra la maqueta desde el lado posterior donde se puede visualizar el recorrido que hace el huevo hasta llegar a la zona de clasificación.

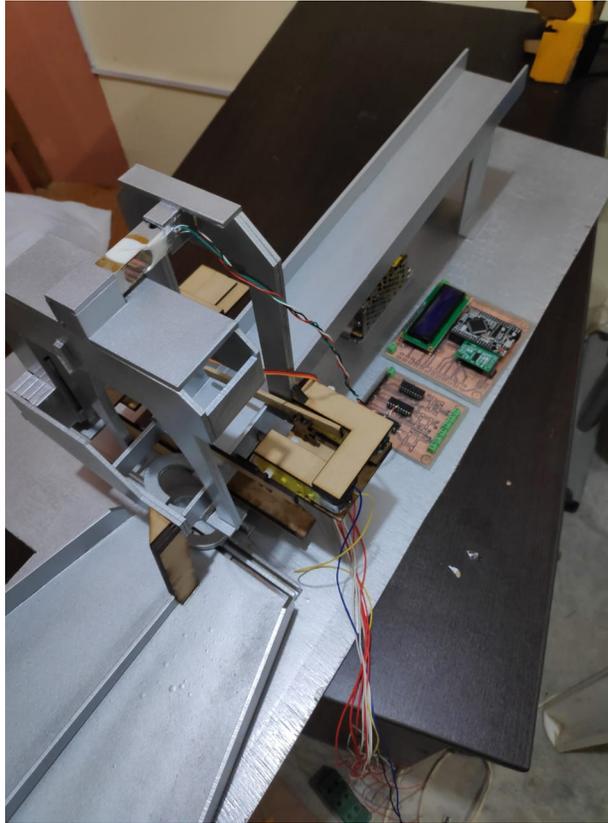


Figura 6. Maqueta final lado inferior
Elaboración propia

La figura 6 muestra la maqueta desde el lado posterior donde se pueden observar las celdas de clasificación según el peso del huevo.

Se realizó la medición de la reducción del tiempo, una vez aplicada la automatización del proceso, mediante 10 observaciones necesarias de tiempo, determinadas a partir del cálculo del número de observaciones, en donde a través de una muestra piloto mayor a 30 observaciones se aseguró que el proceso seguía una distribución normal, donde el resultado de tiempo promedio observado del proceso automatizado fue de 1 minuto, a comparación del tiempo estándar de la operación manual de 2 minutos, aproximadamente, con una reducción del 50 %.

4. DISCUSIÓN

La máquina clasificadora de huevos representa una herramienta útil para la realización de la jerarquización de este producto, que permite a las empresas abocadas a esta producción la estandarización del proceso, garantizando una oportunidad de aplicar estrategias basadas en la calidad, encaminada en alcanzar el nivel de competitividad que el mercado requiere, realizando sus actividades de una mejor manera, con menores costos y en menor tiempo a la clasificación de cantidades significativas de huevos que establecería la relación de tamaño y costo. Según Capquique (2019), en el resultado de la clasificación, el peso es directamente proporcional con el tamaño del huevo, en este caso, su eficiencia fue del 92 %; por lo que a más grande mayor peso tendrá el huevo. Por ello el proyecto fue enfocado para dos tipos de tamaño similares, para que el rango no fuese mayor y funcionara perfectamente. Para la clasificación de huevos, clases A y B, se obtuvo una eficiencia del 80 % y el 100 %, respectivamente.

La propuesta mejorará el nivel de eficiencia de las microempresas, logrando un ahorro, en el tiempo del proceso automatizado de clasificación, a diferencia del trabajo manual, de un minuto, representado una disminución del 50 %.

En esta propuesta, se realizó la aplicación del diseño de una clasificadora de huevos automática que mejora los ingresos económicos de los pequeños y medianos productores y minimiza las demoras en la distribución de huevos.

5. CONCLUSIONES

- Se diseñó y construyó la máquina clasificadora de huevos, la cual tiene un porcentaje del 80 % de funcionalidad de clasificación de los huevos de clase B, al momento de realizar las operaciones que se le programaron.
- La funcionalidad de sus motores y servomotores es óptima, puesto que operan correctamente, en el momento justo y preciso. La celda de carga brinda la masa correcta que contiene cada huevo, esto se demostró y concluyó, pues se pesó en una balanza electrónica y se corroboró lo que mostraba la celda de carga.
- En el caso de los defectuosos, se debe tener cuidado en el tamaño al inicio del proceso, dado que el huevo no es una superficie circular uniforme se debe cuidar de que no se esté balanceándose cuando caiga por la rampa, es por eso que se decidió complementar el prototipo con una pieza que facilite la entrada y evite el balanceo del huevo.
- Se debe tener en cuenta la superficie del huevo al momento del sellado, puesto que puede generar un sellado parcial en el huevo. Por eso se debe elegir un sello adecuado para dichas superficies.

REFERENCIAS

- Alcalde Cajamarca, C. F., y Bone Fonte, E. G. (2013). *Diseño de una máquina clasificadora de tomates de 700 [kg/h] de capacidad* (tesis para optar el título de técnico mecánico). Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador. Recuperada de <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/6697>
- Angos Mediavilla, M. F. y Calvoíña Enriquez, H. A. (2013). *Diseño, construcción y simulación de una máquina clasificadora de frutos por su tamaño* (tesis para optar el título de ingeniero mecánico), Universidad de las Fuerzas Armadas, Latacunga, Ecuador. Recuperada de <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/7480/1/T-ESPE-047506.pdf>
- Cáceres, D. F. V., y Salamanca, M. L. P. (2012). Caracterización del huevo de gallina para el diseño de un sistema automático de clasificación. *Revista de Investigación, Desarrollo e Innovación*, 3(1), 33-43. Recuperado de https://revistas.uptc.edu.co/index.php/investigacion_uitama/article/view/2136
- Capquique, C. (2019). *Diseño de una maquina clasificadora automática de huevos para las microempresas avícolas* (tesis de licenciatura inédita). Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, Bolivia.
- Caro Encalada, R. H. (2016). *Diseño y simulación de una máquina selectora de huevos para una capacidad mínima de 1500 unidades* (tesis para optar el título de ingeniero mecánico). Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca, Ecuador. Repositorio institucional de la Universidad Politécnica Salesiana. Recuperada de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/12460/3/UPS-KT01256.pdf>
- Enríquez Zurita, D. F. (2015). *Diseño, construcción y automatización de una máquina clasificadora para huevos por peso, en diferentes tamaños para 2000 huevos por hora de capacidad* (tesis para optar el título de ingeniero mecánico), Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca, Ecuador. Recuperada de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/9091/6/UPS-KT01124.pdf>
- Federación Nacional de Avicultores de Colombia - Fondo Nacional Avícola (2015). El huevo estrena peso. Recuperado de <https://fenavi.org/categoria/normatividad-huevo/>
- Gutiérrez, M. A. (2 de mayo del 2019). Avicultura de Perú continúa creciendo este año 2019. *AviNews Avicultura*. Recuperado de <https://avicultura.info/avicultura-de-peru-continua-creciendo-este-ano-2019/>
- Medina Jiménez, M. J., y Oñate Rosado, J. B. (2014). *Diseño e implementación de un prototipo que clasifique huevos de gallina según sus características* (tesis para optar el título de ingeniero mecatrónico), Universidad Autónoma del Caribe,

Barranquilla, Colombia. Recuperada de <http://repositorio.uac.edu.co/bitstream/handle/11619/1377/TMCT%200017C.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Ministerio de Agricultura y Riego (2018). Perú: Boletín Estadístico Mensual del Sector Avícola-2018. Recuperado de <https://www.minagri.gob.pe/portal/boletin-estadistico-mensual-de-la-produccion-y-comercializacion-avicola/sector-avicola-2018>

Ministerio de la Producción (2015). Perú: Población Económicamente Activa Sector Avícola 2015.

Paguay Donoso, D. G. y Valarezo Rodríguez, L. X. (2018). *Diseño e implementación de un prototipo clasificador de huevo de gallina basado en las imperfecciones de la cáscara aplicando visión artificial* (tesis para optar el título de ingeniero en electrónica control y redes industriales). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. Recuperada de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/9199>