

# SISTEMA DE CONTROL AUTOMATIZADO PARA MEJORAR LA PRODUCCIÓN DE HUEVOS DE CODORNICES PONEDORAS

## AUTOMATED CONTROL SYSTEM TO IMPROVE LAYING QUAIL EGG PRODUCTION

ALVAREZ AVILA, J. A., ARANCIBIA RIVERO, D.

### RESUMEN

La mejora de la producción de huevos de codorniz en un criadero, a través del diseño e implementación de un sistema de control. La codorniz, un ave de caza de fácil adaptación, es originaria de Europa, el Norte de África y Asia. Su crianza, mejora y producción se conoce como coturnicultura, y en los últimos años ha experimentado un crecimiento exponencial debido a las diversas formas de aprovechamiento de sus productos y a los amplios canales de comercialización e industrialización. La codorniz japonesa, en particular, ha despertado un gran interés zootécnico debido a su precocidad y altos índices productivos. Con el objetivo de maximizar la producción de huevos, se desarrolló un sistema de control que permitirá monitorear y regular las condiciones dentro del criadero de manera eficiente. El sistema de control diseñado incluye una interfaz que proporciona información en tiempo real sobre las condiciones ambientales dentro del criadero. Esta interfaz permite al usuario mantenerse al tanto de factores clave, como la temperatura, y tomar medidas adecuadas para asegurar que se mantenga dentro del rango óptimo de 22 a 28 °C. Además, el sistema de control implementado también considera otros parámetros importantes, como la humedad y la iluminación, para proporcionar un entorno óptimo para la producción de huevos de codorniz. Esto contribuirá a mejorar la eficiencia y la productividad en el criadero, optimizando los resultados obtenidos.

### PALABRAS CLAVE

Producción de huevos  
Automatización  
Coturnicultura

### ABSTRACT

The improvement of quail egg production in a hatchery, through the design and implementation of a control system. The quail, an easily adapted game bird, is native from Europe, North Africa and Asia. Its breeding, improvement and production is known as parrot farming, and in recent years it has experienced exponential growth due to the various ways of using its products and the extensive marketing and industrialization channels. The Japanese quail, in particular, has aroused great zootechnical interest due to its precocity and high production rates. With the objective of maximizing egg production, a control system was developed that will allow the conditions within the hatchery to be monitored and regulated efficiently. The designed control system includes an interface that provides real-time information on the environmental conditions within the hatchery. This interface allows the user to stay aware of key factors such as temperature and take appropriate action to ensure it stays within the optimal range of 22 to 28°C. Furthermore, the implemented control system also considers other important parameters, such as humidity and lighting, to provide an optimal environment for quail egg production. This will contribute to improving efficiency and productivity in the hatchery, optimizing the results obtained.

### KEYWORDS

Dynamic Cone Penetrometer  
On-Site California Support  
Relationship  
Granulometry  
Correlation  
Silty soils

## INTRODUCCIÓN

La codorniz *Coturnix japonica* es un ave de caza de fácil adaptación, es originaria de Europa, del Norte de África y Asia. La codorniz doméstica se originó luego que la codorniz europea fuera introducida en Japón en el siglo XI donde se cruzó con especies salvajes propias del lugar. Los japoneses dieron comienzo a su cría y domesticación con fines productivos en el siglo XII. Tras la derrota de Japón en la segunda guerra mundial, los vencedores conocieron a la codorniz japonesa introduciéndola con éxito en América y Europa. La crianza, mejora y producción de esta ave se denomina cotornicultura (Quintrel, 2017).

En los últimos años la cotornicultura ha tenido un crecimiento exponencial, debido a las diversas formas de aprovechamiento de los productos ofrecidos por esta ave, revelando amplios canales de comercialización e industrialización, en especial para las explotaciones de codorniz japónica, la cual es de gran interés zootécnico dada su precocidad y sus altos índices productivos (Oswaldo & Pereira, 2020).

Una de las ventajas de la cría de codorniz frente a otro tipo de aves, es su corto periodo de incubación, ya que ocupa solo 18 días para que el huevo eclosiona. Alcanza la madurez sexual entre la quinta y sexta semana, 35-42 días, en caso de que sea macho y alrededor de los 40 días para que las hembras empiecen a colocar huevos, esta es la razón por la que estas aves son consideradas precoces. Estas características hacen que la codorniz sea de muy fácil reproducción, lo que hace posible mantener y hacer crecer su número de manera rápida. (Ballesteros & Vásquez, 2008).

La tradición de consumir productos derivados de codorniz no era muy común en Bolivia, hasta cierto punto era casi inexistente, debido a su poca popularización y al propio desconocimiento tanto de los productores como de los consumidores. Esto está cambiando durante los últimos años: en los consumidores debido a su valor nutricional y bajo costo económico, en los productores debido a su reducido espacio de crianza y su económico proceso. En la capital cruceña se consumen 25000 unidades de huevos y 3000 codornices a diario. (Avícola, 2014)

La empresa pionera en la comercialización de productos derivados de codorniz en Bolivia fue "Avícola Jars", en Cochabamba, la cual empezó con apenas 10 codornices las cuales, curiosamente, fueron un regalo para el propietario de parte de uno sus amigos más cercanos. La producción por cada codorniz es de unos 300 huevos por año, sin embargo, alrededor del 15 al 30% de las ponedoras pueden llegar a producir dos huevos diarios (Bustamante, Valle, Guillet, Argenti, & Vivas, 2015)

Los huevos de codorniz son un alimento altamente nutritivo, teniendo una mayor cantidad de proteína, kilocalorías, grasas totales, y cuenta con una menor cantidad de carbohidratos y sodio (sales) que los tradicionales huevos de gallina. (Closa, Marchesich, Cabrera, & Morales, 1999).

## DESARROLLO

El criadero cuenta con una población de 100 codornices ponedoras, encargadas de la producción de huevos y 15 codornices macho, cuyo propósito es fomentar la puesta de huevos y la fertilización. Según los datos la producción promedio diaria es de 81 huevos. Tras analizar los factores que afectan la producción de huevos, se determinó que las causas de la baja producción son: la dosificación del alimento y el control de la temperatura dentro del criadero.

Las baterías del criadero de codornices presentan una dimensión de 180 x 140 x 90 cm divididos en 10 compartimentos, con jaulas en cinco niveles y dos jaulas por nivel. Cada jaula tiene capacidad para albergar 10 codornices.

El galpón que alberga a las codornices tiene una superficie de 30 m<sup>2</sup>, con una altura promedio de 3.5 metros.

Luego de observar, analizar y mapear las condiciones de humedad y temperatura, para mejorar la producción, se diseñó un sistema de control que consta de una placa ESP 8266 y un sensor de humedad y temperatura DTH11. Se llevó a cabo el ensamblaje de una cubierta protectora con el propósito de salvaguardar el dispositivo y asegurar la integridad del circuito ante posibles contratiempos.

Se ubicó el sensor de temperatura dentro del criadero, el cual se conectó a una red wifi. Durante el periodo de monitorización, se pudo apreciar que la temperatura presentaba fluctuaciones entre 38 y 27 °C.

Para el diseño del dosificador de alimento se tuvieron en cuenta factores como la cantidad de alimento requerida por cada codorniz, la cantidad total de codornices en las baterías, así como el peso y las dimensiones de la estructura. Se emplearon dos sistemas de dosificación: el sistema de dosificación por tornillo sin fin y el sistema de dosificación volumétrica por canecos o moldes. Estos métodos son los más adecuados para dosificar sustancias uniformes, como lo es el alimento balanceado para codornices.

Se consideró el consumo diario recomendado para cada codorniz, con el fin de aumentar la producción de huevos, que es de 22 gramos de alimento, distribuidos en tres raciones diarias.

Se llevó a cabo una prueba empírica utilizando el método de dosificación de alimento por gravedad. Esta prueba tuvo como objetivo principal observar la reacción de las codornices ante un método estático de dosificación, sin la intervención de ningún actuador. Se pudo observar una disminución significativa en la producción de huevos.

Con el objetivo de solucionar este problema y mejorar el sistema de dosificación, se diseñó una tolva en el software SolidWorks. Esta tolva tuvo dimensiones y capacidad mayores para el almacenamiento de alimento, permitiendo una distribución más uniforme y controlada durante la dosificación.

El diseño en SolidWorks permitió crear un modelo tridimensional de la tolva, teniendo en cuenta factores como el tamaño de la estructura, la facilidad de acceso para el reabastecimiento del alimento y la optimización del flujo de salida. Una vez finalizado el diseño, se procedió a la fabricación e implementación de la nueva tolva en el sistema de dosificación.

Esta mejora buscaba evitar la aglomeración de las codornices y garantizar una distribución equitativa del alimento, fomentando un ambiente más armonioso y propicio para la producción de huevos.

La disposición del sistema de alimentación permite que el alimento caiga directamente sobre el comedero, asegurando que este siempre esté provisto de alimento, siempre y cuando la tolva cuente con una cantidad suficiente de alimento para suministrar. Esta configuración garantizó que las codornices tengan acceso constante al alimento, evitando situaciones de escasez o falta de suministro. Al mantener el comedero abastecido de manera continua, se promueve una alimentación

adecuada y constante para las codornices, que es fundamental para su desarrollo y producción de huevos.

Esta mejora en el diseño y disposición del sistema de alimentación contribuye a optimizar el consumo de alimento por parte de las codornices, evitando desperdicios y asegurando que siempre haya alimento disponible para ellas.

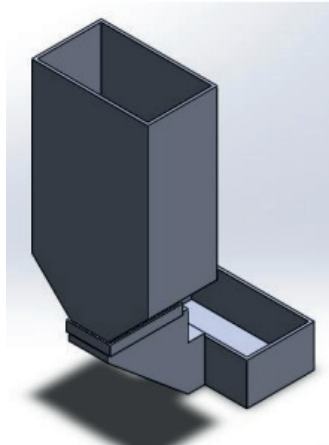


Figura 1. Dosificación por gravedad

Después de realizar la ampliación del tamaño del comedero, se observó un incremento significativo en la producción de huevos. Un amplio comedero para las codornices ayuda a una producción mayor de huevos, al proporcionar un espacio más amplio, mejorando el acceso de las codornices al alimento, lo cual a su vez impacta en su salud, bienestar y producción de huevos.

Se diseñó una tolva semi cilíndrica de 150 cm y 15 cm de diámetro que tiene una capacidad de 0.53 m<sup>3</sup> y permite almacenar 26 kg de alimento.

Debido a las dimensiones de la tolva, 15 cm, el diámetro de las hojas del tornillo sin fin debe ser menor en al menos de 2 cm, por lo que el diámetro de estas hojas quedó en 13 cm. Con estos datos se procedió a los cálculos, obteniéndose:

Área del relleno del transportador 7.06 x 10<sup>-3</sup> m<sup>2</sup>  
 Velocidad de desplazamiento del transportador 0.26 m/s  
 Flujo del material transportado: 0.916 kg/s

Para el diseño de los canecos del dosificador, se tomó en cuenta que se necesitaban 22 gramos de alimento por codorniz, veinte codornices por nivel, dando 440 g de alimento por cada nivel de la batería vertical. Esta cantidad de alimento debe dispensarse en tres raciones diarias de 147 g.

Este sistema de dosificación contó con canecos de 292 cm<sup>3</sup> y diámetro de 6,8 cm, uno por cada nivel. Una parte circular superior, movida por un motor paso a paso de 15.5 cm de altura. La parte circular superior debe tener cortes en su superficie por donde se conecte con los canecos, los cuales están soldados por la apertura de la boquilla.

Esta parte es la que girará conforme a los pasos del motor paso a paso, debido a esto es que se situarán los cortes a una distancia de unos 36° entre sí, necesitando el motor paso a paso un total de 20 pasos para pasar de un corte al otro. En la posición inicial la tolva se sitúa al ras, en el ángulo de 90° respecto al eje, siendo ahí donde iniciará al movimiento del motor paso a paso que, inicialmente, dará 10 pasos (18°) para colocarse justo debajo de donde se sitúa la boquilla de salida de la tolva. Debido a la gravedad se llenarán los canecos, seguidamente el motor paso a paso deberá rotar 36°, dando 20 pasos, y así sucesivamente hasta llegar al último caneco.

Una vez cargados todos los canecos se deben trasladar a la zona de descarga, en la parte inferior circular, de dimensiones algo mayores a la superior para evitar derrames. El radio de los cortes que dirigen a los tuboflex tendrá un radio mayor. Luego que todos los canecos estén llenos, el motor paso a paso se sitúa a unos 234° respecto al eje, dando el motor paso a paso unos 40 pasos más para que situar los canecos en la posición de los cortes que dirigen hacia los comederos a través del tuboflex.

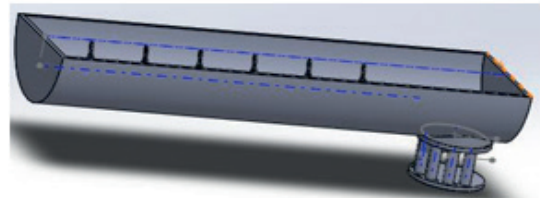


Figura 2. Sistema dosificador de alimento

Se seleccionó un motor con un torque de 1 Nm, 62 r.p.m., 0,97 A, 10 kg·cm.

Para el sistema de automatización de temperatura del criadero se decidió utilizar el método por ventilación por túnel, para lo cual se necesita un ventilador de 560 m<sup>3</sup>/h.

Se seleccionó el sensor de temperatura y humedad DHT11, con un rango de temperatura 0 a 50 °C y humedad 20 a 90 % .

Para enfrentar las temporadas de frío en el criadero se decidió colocar cortinas que permitan cortar el flujo de aire del exterior al interior cuando el sensor de temperatura detecte una disminución significativa en la temperatura ambiente. Para el despliegue y pliegue de las cortinas se utilizó un motor con capacidad de carga de 25 kg, con cilindro de 35 mm de diámetro, velocidad de 17 rpm, torque de 10 Nm y Potencia de 121 W. Para el cableado se utilizó cable 16 AWG.

El diseño del sistema de automatización de la temperatura tomó en cuenta las condiciones óptimas de las codornices para aumentar su producción de huevos, entre los 18 y 27 °C, utilizando 2 actuadores principales del sistema: el motorreductor de las persianas y el ventilador del criadero. También se puede observar que se tiene un detector analógico de cruce por el cero, el cual ayuda a realizar el control PWM sobre el ventilador AC del criadero.

El sistema de control de dosificación de alimento es un proceso secuencial. Los componentes electrónicos que se usaron en este sistema de control se pueden observar en la figura 3.

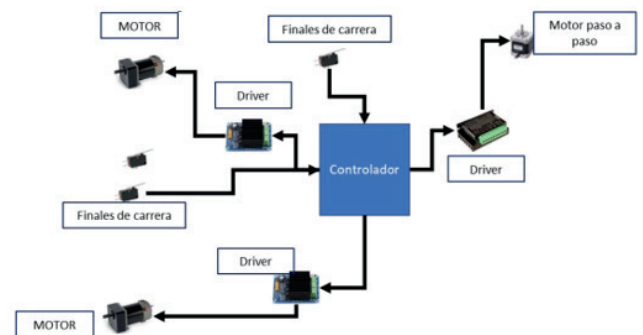


Figura 3. Control de la dosificación de alimento

Para poder entender de mejor manera el proceso secuencial con el que se procederá se lo dividió en un total de 4 fases, que tienen que estar conectadas entre sí para hacer coincidir sus tiempos, debido a que es un proceso que necesita ser activado de manera secuencial.

El posicionamiento de los actuadores en el sistema de dosificación de alimento se muestra en la figura 4:

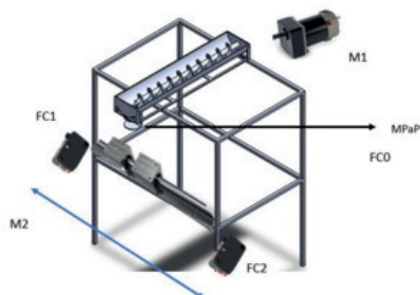


Figura 4. Actuadores en el sistema de dosificación de alimento

En la parte superior del sistema, y como primera fase, se dispone de un motorreductor (M1) el cual está conectado al tornillo sin fin y es el que se va a encargar de trasladar el alimento desde el extremo hasta la abertura que tiene esta misma. En ese lugar se encuentra el motor paso a paso (MPaP) que es activado, siempre y cuando se encuentre en su posición de inicio, la cual va a ser verificada mediante el final de carrera (FC0). Luego que el motor paso a paso se haya activado y se haya movido en la última apertura de la mesa rotativa, se activara el motor 2 que girara en un sentido u otro dependiendo de qué final de carrera estuviera activo. Si está activo el final de carrera 2 entonces se moverá hacia la izquierda (M2+); en caso contrario, si al final de carrera 1 está activo el motor 3 se moverá hacia la derecha (M2-)

Fase 1: Para el tornillo sin fin se debe realizar un control ON/OFF para poder trasladar el alimento de un extremo a otro de la tolva, que se activa por un periodo de 5 segundos para que el alimento sea desplazado

Fase 2: Para el control de sistema rotatorio se da instrucción al motor paso a paso de dar pasos de 36° para poder posicionarse en las aberturas de la tolva y poder realizar la dosificación del alimento.

Fase 3: Cuando el motor paso a paso llega a su dirección final se verifica cuál de los finales de carrera está activo y, dependiendo de esto, el motor girara en un sentido o el otro.

Fase 4: Se acciona cuando el M3 llega al final de carrera contrario al de partida. En esta fase el sistema se coloca en reposo hasta que sea tiempo de dosificar otra vez.

Estas 4 fases se completarán 3 veces durante el transcurso del día.

Con el fin de mantener al encargado del criadero informado sobre las condiciones dentro del mismo, se desarrolló una interfaz que permite monitorear de forma remota la variación de temperatura.

Esta interfaz proporciona la comodidad de acceder a los datos en tiempo real y desde cualquier ubicación. Ver figura 5.



Figura 5. Interfaz de Usuario

Esta interfaz se desarrolló con la ayuda del software app inventor.

## CONCLUSIONES

Se diseñó un sistema automatizado para reducir la temperatura del galpón donde se crían codornices, adaptándolo a la infraestructura existente y considerando el clima de la zona.

Se han tenido en cuenta aspectos como la selección adecuada de la ventilación y el tiempo necesario para renovar completamente el aire del galpón. Se concluye que todos estos aspectos son facilitados por el automatizado del proceso, además de permitir la reducción de la temperatura del galpón de manera efectiva.

Se realizó la selección de equipos teniendo en cuenta la disponibilidad en el mercado, los cálculos desarrollados y las características más relevantes para el proyecto.

## REFERENCIAS

- CLOSA, MARCHESICH, CABRERA, & MORALES, 1999, COMPOSICIÓN DE HUEVOS DE GALLINA Y CODORNIZ.  
BUSTAMANTE, VALLE, GUILLET, ARGENTI, & VIVAS, 2015, MANUAL CRIANZA Y MANEJO DE CODORNICES. MANAGUA. AVÍCOLA, 2014, LA CODORNIZ GUSTA EN BOLIVIA.  
OSWALDO & PEREIRA, 2020, GUÍA PARA LA PRODUCCIÓN DE CODORNICES Y SUS DERIVADOS.  
QUINTREL, 2017, RENDIMIENTO PRODUCTIVO EN OVIPOSICIÓN Y VALORES HEMATOLÓGICOS DE LA CODORNIZ (COTURNIX COTURNIX JAPÓNICA) A TRES EDADES DIFERENTES EN LA ZONA ANDINA PERUANA.

CITA

