

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE OVOSCOPIA CON VISIÓN ARTIFICIAL PARA LA DETECCIÓN DE HUEVOS FÉRTILES PARA INCUBANDINA

Navas Lema María Cristina – AUTOR ¹, Vargas Cruz Ramiro Sebastián – AUTOR ²
Ing. Eddie Galarza MSc. – COLABORADOR ³, Ing. Juan Correa MSc. – COLABORADOR ⁴

*Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica, Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE.
Extensión Latacunga, Márquez de Maenza S/N Latacunga, Ecuador.*

cris.30a@hotmail.com¹, ramiro.vargas@hotmail.es², eegalarza@espe.edu.ec³, jcorrejacome@yahoo.es⁴

RESUMEN – El sistema planteado consta de una banda transportadora de huevos que al entrar a una cámara de ovoscopia mediante visión artificial por computador son clasificados bajo parámetros de fertilidad requeridos en el cascaron, la banda transportadora está constituida de forma tal que permite el paso a la luz sin comprometer la integridad de la muestra, la instrumentación y comunicación con el computador es llevada con ARDUINO y la circuitería necesaria para el control de velocidad de la banda y su funcionamiento a pasos para el procesamiento de la imagen digital mediante cámaras web con alta resolución de video.

Palabras clave – Ovoscopia, banda transportadora, automatización industrial, visión artificial, MATLAB.

I. INTRODUCCIÓN

La industria avícola ecuatoriana tiene uno de los índices más satisfactorios en cuanto a la producción nacional se refiere, en el Ecuador se producen 200 millones de pollos al año, lo que estadísticamente indica que cada ecuatoriano consume cerca de 140 huevos por año y 32 Kg de carne de pollo siendo esta cifra una de las más bajas de la región sudamericana.

Para el año 2015 el país pretende ser declarado como nación libre de fiebre aftosa, con lo cual se hace viable la exportación de proteína animal al continente asiático y europeo cuya demanda insatisfecha depende de las importaciones, actualmente la oferta y demanda en el Ecuador con respecto a la proteína avícola llegan a un punto de equilibrio, es decir, el país no se encuentra en condiciones de exportar pues su producción es la justa y necesaria para cubrir la demanda.

II. MARCO TEÓRICO

A. Ovoscopia

Puede definirse la ovoscopia como un procedimiento en el cual gracias a la exposición de un huevo a fuentes de luz con suficiente intensidad para transparentar el cascaron se pueden observar anomalías internas.

En la actualidad en el mejor de los casos la industria cuenta con ovoscopios concebidos como una banda transportadora con fuentes de luz que permiten a un operario ver estas anomalías y extraer manualmente aquellos que considere no aptos para una incubación satisfactoria.

IMÁGENES CAPTADAS EN EL PROCEDIMIENTO DE OVOSCOPIA

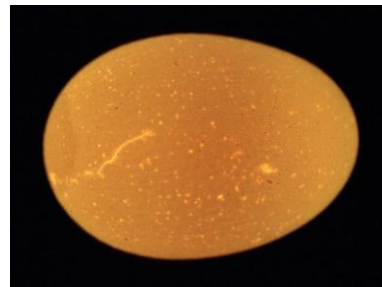


Figura 1. Ruptura Linear.

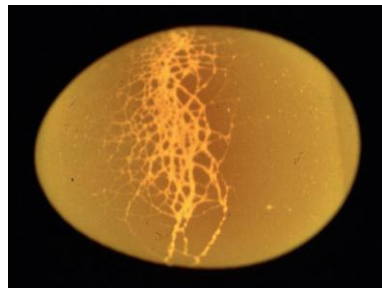


Figura 2. Corregido por Útero.



Figura 3. Marcas de Jaula.



Figura 4. Aspecto Normal (Saludable).

B. Procesamiento Digital de Imagen

El PDI (Procesamiento Digital de Imagen) es un tema complejo que incluye estudios no solo en programación sino también en tratamiento matemático, estudios en física y electrónica pues se entiende esta rama como la interpretación de imágenes digitales adquiridas y procesadas por ordenador, al considerar una imagen como el reflejo de la luz y sabiendo que la luz es una onda expresada en función de frecuencia se justifican todos los estudios mencionados y requeridos para llevar a cabo un procesamiento de imagen.

La imagen digital se considera un mapa de bits, cada bit contiene información que detalla el color y tonalidad que permite en una superposición de los colores rojo (RED), verde (GREEN) y azul (BLUE) conformar las denominadas imágenes RGB, que son llevadas a herramientas informáticas tales como PhotoShop, MatLab, OpenCV, entre otras.

EJEMPLOS DE PROCESAMIENTO DE IMAGEN



Figura 5. DETECCIÓN DE CONTORNO.



Figura 6. BINARIZACIÓN.

III. DISEÑO

Para la realización del sistema se procedió al diseño del sistema mecánico, eléctrico, electrónico y software.

A. Diseño del Sistema Mecánico

La necesidad de manipular un elemento tan delicado como son los huevos, no solo por lo frágil de su cascarón, sino también por su forma, la cual al ser ovalada no permite la ubicación exacta del mismo, tomando en cuenta estas necesidades, se procedió al diseño del sistema mecánico, que consta de:

- Dos bandas laterales con accesorios de caucho, los mismo que están ubicados a dos pulgadas de distancia entre ellos, cavidad suficiente para alojar un huevo, permitiendo tener control sobre la cantidad y ubicación exacta de los huevos sin comprometer su estado
- Una banda lisa, la misma que se ubica entre las dos bandas descritas anteriormente, tiene la función de recibir los huevos defectuosos, realizando la separación final.
- Actuadores para la selección, los mismos que reciben señales desde la tarjeta controladora, con el fin de empujar hacia la banda central los huevos infértiles.
- Mesa de soporte diseñada con factores de seguridad que permitan soportar el peso del sistema.



Figura 7. Sistema mecánico modelado en Solid Works

B. Diseño del Sistema Eléctrico y Electrónico

El sistema eléctrico complementa el sistema mecánico dotándole de motores, sensores, circuitos de control, etc. que le permite automatizar el proceso. El sistema eléctrico y electrónico consta de:

- Un motor de 1 HP con su respectivo variador de frecuencia SIEMENS, que permite el control de las tres bandas.
- Sensor fotoeléctrico que permite contabilizar la cantidad de huevos.
- Tarjeta controladora que recibe señales del sensor y el computador y envía señales de mando a los actuadores, toda la comunicación es serial.
- Varios circuitos que permiten la comunicación e integración del sistema en general, permitiendo la automatización del proceso.

C. Diseño del Software

El software cumple con dos características fundamentales: funcionalidad y facilidad.

En cuanto a la visión artificial el sistema a través de la segmentación de imágenes reconoce:

- Tamaño de los huevos, ya que los demasiado grandes o muy pequeños, definitivamente no son incubables, por ello son retirados.
- Color, ya que identificando su color se puede definir si es fresco o no, obviamente este es un criterio importante para definir la incubabilidad del huevo.
- Enfermedades de los huevos, tales como: corregido en útero, ruptura lineal, ruptura puntual, porosidad, marcas de jaula.

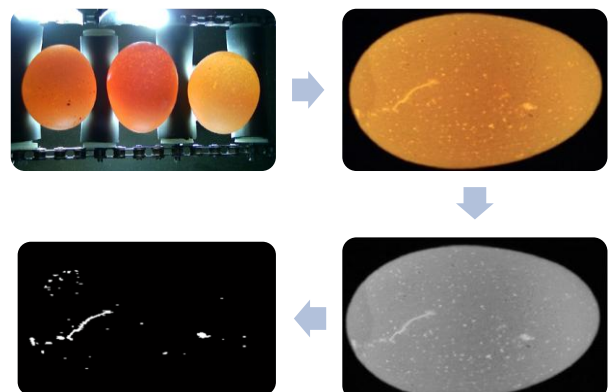


Figura 8. Segmentación de las imágenes

La facilidad del software radica en su característica de ser amigable con el usuario, ya que el manejo del software no representa mayor problema.

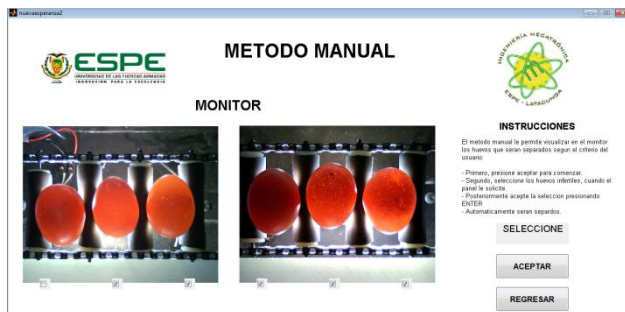
IV. FUNCIONAMIENTO

El sistema tiene dos modos de funcionamiento manual y automático:

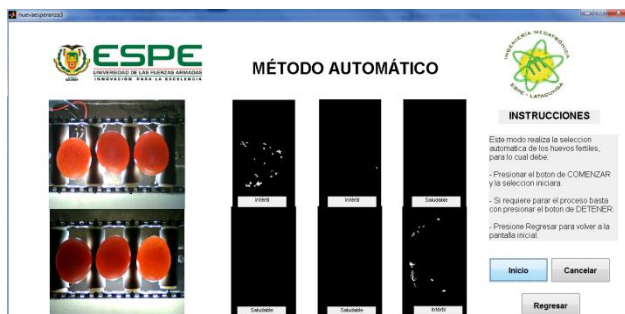


Figura 9. Sistema desarrollado en su totalidad

- Modo manual. En este modo se presenta una ventana en la que se observan las imágenes de los huevos, en la cámara de ovoscopia, y el operador con dar un click sobre el o los huevos defectuosos, serán separados, evitando el contacto directo del operador con la luz intensa.



- Modo Automático. En este método solo presionando el botón de inicio comenzara a seleccionar huevos buenos de malos.



V. RESULTADOS OBTENIDOS

Es de gran importancia realizar las respectivas pruebas al proyecto en cuanto al sistema mecánico, eléctrico, electrónico y de software, ya que, las mismas validarán su funcionalidad y cumplimiento de los requerimientos iniciales del sistema.

La finalidad de realizar las pruebas es determinar el comportamiento real del sistema determinado sus fallas, y así depurar el sistema, asegurando un funcionamiento óptimo y de acuerdo con las características requeridas por el usuario.

Además, las pruebas son requerimiento previo, pues dan una garantía de funcionalidad, es decir, dan paso a la puesta en marcha del sistema.

- Para las pruebas en el sistema mecánico se analizó su funcionalidad en cuanto al transporte de huevos, es decir, si mientras se transportan o separan los huevos se ve comprometido el estado de los mismos, los resultados obtenidos fueron muy satisfactorios, pues el sistema no produjo ningún rompimiento de cascaron, que era el principal reto del proyecto.

- En cuanto al sistema eléctrico y electrónico se comprobó su funcionamiento a través de la respuesta del panel de control, analizando tiempos de respuesta, las cuales fueron muy satisfactorias.

- El software fue probado al realizar una separación de huevos y ser ubicados en la incubadora, los huevos no fértiles fueron marcados y al cabo de 21 días se obtuvieron los resultados que se muestran a continuación:

Tabla 1. Resultados de pruebas del sistema.

	Primera prueba	Segunda prueba	Tercera prueba
Huevos seleccionados por el sistema como fértiles	63	78	49
Huevos seleccionados por el sistema como no fértiles	37	22	51
Huevos fértiles eclosionados	61	75	45
Huevos no fértiles eclosionados	3	2	3

Cada Ensayo contaba con un total de 100 huevos, procesados en un tiempo promedio de 2 minutos.

VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A. CONCLUSIONES

Se construyó e implementó un sistema automático de ovoscopia con visión artificial para la detección de huevos fértiles para INCUBANDINA.

El sistema mecánico de transporte y manipulación de huevos es lo suficientemente ergonómico para no comprometer la fragilidad del material transportado y del mismo modo el sistema de selección por empuje está probado para una adecuada separación.

La velocidad de la banda transportadora es la esperada, pudiendo ser regulada de forma independiente mediante el variador de frecuencia según las necesidades del usuario y sin alterar de manera alguna el resto del sistema y/o programaciones.

Los instrumentos y actuadores eléctricos y electrónicos acoplados mediante acondicionamiento para su correcto funcionamiento con el controlador ARDUINO UNO se llevaron a cabo con satisfacción.

El módulo SAOVA (Sistema Automático de Ovoscopia con Visión Artificial) constituye una banda transportadora mixta de tres hileras que separa huevos fértiles de no fértiles en modo manual y automático, pudiendo el último modo procesar hasta 2159 huevos por hora.

Los GUI (Graphic User Interface / Interfaz Gráfica de Usuario) implementados cuentan con una ergonomía visual y facilidad de manejo tal que el usuario puede manipularlo con solo leer las instrucciones incluidas en cada una de las pantallas de la interfaz.

Si bien la visión artificial no detecta en un 100% los errores debido a las condiciones bajo las cuales se realiza la ovoscopia, puede reconocer cierto número de imperfecciones gracias a lo cual cataloga a un huevo como fértil e infértil resultados claramente visibles en el número de eclosiones satisfactorias.

Aquellos huevos cuyo proceso de incubación pudo no haber sido impedido no pierden su cualidad de ser comestibles, por lo que para la empresa es rentable su venta.

Si bien la incubadora no ahorra energía pues sigue funcionando con los mismos espacios de tiempo, se optimiza su utilización al ingresar huevos con una mayor probabilidad de eclosión exitosa.

La efectividad del funcionamiento en cuanto a resultados es satisfactoria con un margen de error del 10% en promedio.

El sistema SAOVA mide 0,5 m x 2,0 m x 1,5 m; con un peso estimado de 197,68 Kg.

B. RECOMENDACIONES

La tarjeta de control ARDUINO UNO tiene suficientes entradas y salidas digitales, sin embargo es recomendable usar la tarjeta ARDUINO MEGA para contar con un mayor número de salidas tal que permitan la integración de visualizadores LCD durante la calibración de sensores y la verificación del envío y recepción de datos.

Las cámaras web GENIUS e-face 2025 tienen una funcionalidad adecuada al sistema, sin embargo su velocidad de adquisición es limitada a 30 fps (frames per second / cuadros por segundo) lo cual para una futura mejoría del sistema podría ser limitante.

El procesamiento digital de imágenes mediante la plataforma MATLAB si bien es veloz en medida de lo necesario puede ser reemplazada por el software libre OPENCV cuya velocidad es notablemente mayor a la de Matlab.

El variador SINAMICS G110 utilizado para el control eléctrico – mecánico del motor es eficiente, sin embargo existen marcas de similar funcionamiento pero de manejo más sencillo como el LS de LG – Electronics.

Se sugiere usar la instrumentación adecuada que opere en voltaje continuo y así tener un mejor acople con la tarjeta ARDUINO UNO o series similares.

Se recomienda usar fuentes de voltaje continuo de computadores con la potencia necesaria para una corriente adecuada que logre energizar satisfactoriamente los actuadores de empuje para la separación de los huevos, en nuestro caso la potencia de la fuente es de 500 W de bajo costo y de la marca SPEEDMINO, sin embargo en el mercado se pueden encontrar fuentes de poder de mejores marcas y con mayor potencia para dar cabida a un mayor número de actuadores y sensores que mejoren el funcionamiento del proyecto.

VII. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Arguello Claudia (2012, octubre), ¿Qué es ovoscopia?, [en línea] disponible en: <http://condorandinoenpeligro.blogspot.com/2012/10/ovoscopia.html>. [2013, 25 de junio]
- [2] Dr. Jesús Arango (2013, marzo), Calidad Interna y Externa del Huevo, Bogotá Colombia, [en línea] disponible en: <http://avicol.co/descargas2/CalidadExternaInternaHuevo.pdf> [2013, 25 de junio]
- [3] Luisa Regino Lozano (2012, octubre), Sistemas Mecánicos, [en línea] disponible en: http://www.slideshare.net/Luisa_regino/sistemas-mecnicos. [2013, 03 de julio]
- [4] Mott R. (2008), Diseño de Elementos de Máquinas, México: PEARSON EDUCATION.
- [5] García I. (2008), Visión artificial y procesamiento digital de imágenes usando Matlab, Ibarra – Ecuador.



Cristina Navas. Nació el 30 de abril de 1990 en Ambato provincia de Tungurahua, Ecuador.

Es graduada de Ingeniero en Mecatrónica de la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE en el año 2014.

Áreas de Interés: Automatización y control de procesos, Redes industriales y Visión Artificial.

e - mail: cris.30a@hotmail.com



Ramiro Vargas. Nació el 10 de diciembre de 1990 en Latacunga provincia de Cotopaxi, Ecuador.

Es graduado de Ingeniero en Mecatrónica de la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE en el año 2014.

Áreas de Interés: Diseño de Elementos de Máquinas, Sistemas CAD/CAM/CAE y Visión Artificial.

e – mail: ramiro.vargas@hotmail.es