Intelligent Robot Design for the Automation of Feeding and Monitoring in Guinea Pig Farms

Deybi Llanos Rodriguez[1], Alexander Flores Malca[2],Ximena Diaz Briones[3], Roger Silva Abanto (Dr)
Universidad Privada del Norte, Perú. N00316149@upn.pe , N00314913@upn.pe
N00235571@upn.pe, roger.silva@upn.edu.pe

Abstract*– This study presents the design and implementation of an intelligent robot for automating feeding and monitoring processes in guinea pig farms. The proposed system integrates two Arduino Uno boards, DC motors, servo motors, RFID technology, ultrasonic and temperature sensors, load cells, Bluetooth communication, an LCD display, and a Python-based application for data acquisition and storage. The robot automatically performs feeding tasks by dispensing forage to cages while identifying animals through RFID ear tags and transmitting the collected information to a computer for real-time monitoring and registration in Microsoft Excel. Experimental tests demonstrated the correct operation of the mechanical, electronic, and communication subsystems, achieving synchronized movement, accurate RFID identification, automated data recording, and reliable feeding cycles. The integration of hardware and software reduced manual intervention, improved feeding control, minimized human errors, and enhanced production monitoring. The proposed prototype represents a feasible and low-cost technological solution for modernizing guinea pig farming through automation, contributing to greater operational efficiency, traceability, and precision livestock management.

***Keywords*— Guinea pig farming, Automation, RFID, Arduino, Precision livestock farming.**

.

Diseño de Robot Inteligente para la Automatización de la Alimentación y Monitoreo en Granja de Cuyes

Deybi Llanos Rodriguez[1], Alexander Flores Malca[2],Ximena Diaz Briones[3] , Roger Silva Abanto (Dr)
Universidad Privada del Norte, Perú. N00316149@upn.pe , N00314913@upn.pe
N00235571@upn.pe, roger.silva@upn.edu.pe

Resumen: Este estudio presenta el diseño e implementación de un robot inteligente para automatizar los procesos de alimentación y monitoreo en granjas de cobayas. El sistema propuesto integra dos placas Arduino Uno, motores de CC, servomotores, tecnología RFID, sensores ultrasónicos y de temperatura, celdas de carga, comunicación Bluetooth, una pantalla LCD y una aplicación basada en Python para la adquisición y almacenamiento de datos. El robot realiza automáticamente las tareas de alimentación, dispensando forraje en las jaulas, identificando a los animales mediante etiquetas RFID en las orejas y transmitiendo la información recopilada a una computadora para su monitoreo y registro en tiempo real en Microsoft Excel. Las pruebas experimentales demostraron el correcto funcionamiento de los subsistemas mecánicos, electrónicos y de comunicación, logrando un movimiento sincronizado, una identificación RFID precisa, el registro automatizado de datos y ciclos de alimentación confiables. La integración de hardware y software redujo la intervención manual, mejoró el control de la alimentación, minimizó los errores humanos y optimizó el monitoreo de la producción. El prototipo propuesto representa una solución tecnológica viable y de bajo costo para modernizar la cría de cobayas mediante la automatización, contribuyendo a una mayor eficiencia operativa, trazabilidad y manejo preciso de la ganadería.

Palabras clave: Cría de cobayas, Automatización, RFID, Arduino, Ganadería de precisión.

I. INTRODUCCIÓN

La crianza de cuyes constituye una actividad pecuaria de gran importancia en países andinos como el Perú, donde representa una fuente significativa de seguridad alimentaria y de ingresos económicos para numerosas familias rurales [1]. Asimismo, esta especie posee un alto valor productivo debido a la calidad nutricional de su carne, su rápida reproducción y la creciente demanda en los mercados nacionales, convirtiéndose en una alternativa rentable para pequeños y medianos productores [2]. Además, los cuyes presentan una notable capacidad de adaptación a diferentes condiciones climáticas, pudiendo criarse desde la costa hasta zonas ubicadas aproximadamente a 4 500 metros sobre el nivel del mar, lo que favorece su producción en diversas regiones del país [3]. En consecuencia, mejorar los procesos involucrados en su crianza representa una oportunidad para incrementar la productividad y fortalecer el desarrollo del sector agropecuario.

Dentro de los factores que influyen directamente en el rendimiento productivo de los cuyes, la alimentación constituye uno de los aspectos más importantes, ya que debe suministrarse en cantidades y horarios adecuados para garantizar un crecimiento saludable y un óptimo desempeño productivo. La insuficiente o inadecuada provisión de alimento afecta el desarrollo de los animales, disminuye la ganancia de peso y ocasiona pérdidas económicas para los productores [4]. Aunque existen sistemas automatizados para aves, bovinos y porcinos, son escasos los estudios orientados a la automatización de la alimentación y monitoreo en granjas de cuyes mediante robots móviles de bajo costo [5]. Estas limitaciones evidencian la necesidad de incorporar soluciones tecnológicas que permitan optimizar la alimentación dentro de los sistemas de producción.

En los últimos años, el desarrollo de tecnologías como la robótica, la inteligencia artificial, el Internet de las Cosas (IoT) y la automatización ha impulsado importantes avances en el sector agropecuario, permitiendo supervisar procesos en tiempo real y mejorar la toma de decisiones mediante el uso de sensores y sistemas inteligentes [6]. Asimismo, la incorporación de estas tecnologías ha contribuido a reducir costos operativos, optimizar el uso de recursos, disminuir la dependencia del trabajo manual y aumentar la precisión en diferentes actividades productivas [7]. De igual manera, [8] señalan que los sistemas automatizados de alimentación integran sensores y análisis de datos que optimizan la distribución del alimento y mejoran la eficiencia de los procesos productivos. Estos avances tecnológicos demuestran el potencial de la automatización para transformar la producción pecuaria hacia modelos más eficientes, sostenibles e inteligentes.

A pesar de estos avances, en numerosas granjas de cuyes el proceso de alimentación y monitoreo continúa desarrollándose mediante procedimientos manuales que requieren una elevada inversión de tiempo y esfuerzo por parte del personal encargado. Esta situación ocasiona retrasos en el suministro de alimento, una distribución poco uniforme entre las jaulas y dificultades para controlar la cantidad de alimento entregada a cada grupo de animales. Como consecuencia, se incrementa el desperdicio de recursos, aumentan los costos de producción y disminuye la eficiencia del sistema productivo.

Del mismo modo, el registro e identificación de los cuyes suele realizarse manualmente, lo que favorece la aparición de errores en el almacenamiento de información, dificulta el seguimiento individual de los animales y limita la capacidad de monitoreo continuo dentro de la granja. Estas limitaciones justifican la necesidad de desarrollar soluciones tecnológicas que automaticen dichas actividades y mejoren la gestión de la producción.

A diferencia de otros sistemas automatizados desarrollados para aves, bovinos y porcinos, la presente

investigación propone un robot móvil de bajo costo específicamente diseñado para granjas de cuyes, integrando alimentación automatizada, identificación mediante RFID, monitoreo de variables ambientales y almacenamiento automático de datos. Esta integración permite mejorar la trazabilidad de los animales y optimizar las labores de alimentación con una solución tecnológica accesible para pequeños y medianos productores. El desarrollo de esta propuesta busca contribuir a la modernización de la crianza de cuyes mediante una solución tecnológica que permita reducir los errores humanos, disminuir el desperdicio de alimento, mejorar la eficiencia operativa y facilitar el monitoreo continuo de la producción, favoreciendo una gestión más precisa, sostenible y orientada sector agropecuario de precisión.

II. METODOLOGÍA

A. Diseño de investigación

La presente investigación es de tipo aplicada y presenta un diseño experimental, debido a que se desarrolló, implementó y evaluó un prototipo funcional de un robot inteligente para la automatización de la alimentación y el monitoreo en una granja de cuyes. El estudio tuvo un enfoque cuantitativo, ya que se recopilaron datos relacionados con el funcionamiento del sistema, el tiempo de alimentación, la detección de animales mediante RFID, la distribución del alimento y el desempeño de los sensores durante las pruebas experimentales.

El desarrollo de la investigación comprendió cuatro etapas. En la primera se realizó el diseño mecánico y electrónico del robot mediante AutoCAD y Tinkercad. En la segunda etapa se ensambló el prototipo utilizando componentes electrónicos y materiales estructurales. Posteriormente, se desarrolló la programación del sistema en el entorno Arduino Uno para controlar los sensores, actuadores y el funcionamiento general del robot. Finalmente, se efectuaron pruebas experimentales para verificar el correcto funcionamiento de cada uno de los módulos del sistema y evaluar su desempeño durante el proceso de alimentación y monitoreo.

Como parte de la etapa inicial de la investigación, se realizó una visita técnica al Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) – Cajamarca, con la finalidad de conocer las características generales de la crianza de cuyes y observar las actividades relacionadas con la alimentación, identificación y monitoreo de los animales. La información obtenida durante esta visita fue considerada como referencia para establecer los requerimientos funcionales del prototipo. La visita técnica correspondió a una actividad de observación y recopilación de información, mientras que la evaluación del prototipo se realizó posteriormente mediante pruebas experimentales bajo condiciones controladas.

TABLA I
VARIABLES DEPENDIENTES E INDEPENDIENTES

Variable Independiente	Variable Dependiente
Robot inteligente	Tiempo de alimentación
RFID	Precisión de identificación
Sensores	Monitoreo

Las variables consideradas permitieron organizar la evaluación funcional del prototipo. La variable independiente estuvo representada por el robot inteligente y por las tecnologías RFID y sensores incorporados al sistema, mientras que las variables dependientes correspondieron al tiempo de alimentación, la precisión de identificación y el monitoreo. Estas variables fueron consideradas durante las pruebas experimentales realizadas bajo condiciones controladas

B. Población y Muestra

La población de la presente investigación estuvo constituida por la granja de crianza de cuyes del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) – Cajamarca, conformada por 500 cuyes, los cuales forman parte del sistema de crianza tecnificada desarrollado en las instalaciones de la institución. Esta población fue considerada como el universo de referencia para el estudio, debido a que en ella se desarrollan las actividades relacionadas con la alimentación, identificación y monitoreo de los animales, aspectos sobre los cuales se planteó la implementación del prototipo automatizado.

Para la selección de la muestra se empleó un muestreo no probabilístico por conveniencia, considerando las condiciones y características de la unidad de estudio. En este sentido, se seleccionaron 15 jaulas de crianza de cuyes para el desarrollo del estudio, las cuales fueron consideradas como unidades de referencia para la investigación. La selección de estas unidades permitió delimitar el ámbito de estudio y establecer condiciones homogéneas para el desarrollo de las actividades de evaluación. Asimismo, las 15 jaulas fueron consideradas debido a que permitían trabajar dentro de las condiciones disponibles en la granja y mantener un entorno adecuado para el desarrollo del estudio. De esta manera, la muestra permitió establecer un marco definido para la evaluación del prototipo, considerando las características propias del sistema de crianza tecnificada del INIA-Cajamarca y las condiciones en las que se desarrolló la investigación.

C. Materiales y Herramientas

A continuación, se presentará los materiales utilizados en la creación del robot

TABLA II
MATERIALES Y SOFTWARE UTILIZADOS

Materiales y software utilizados	
Materiales	Software
7 servos SG90	Python
1 sensor de Temperatura	Arduino IDE
1 pantalla LCD 16 X2	AutoCAD
2 Arduino Uno	Excel
2 baterías 9V	Bluetooth

1 protoboard	
1 panel solar	
1 modulo Bluetooth	
1 modulo lector RFID	
3 sensor de peso HX711	
Cables	
1 modulo Bluetooth	
1 laptop	
2 aretes RFID	
Cartón 3mm, silicona, estaño y focos led	

Los materiales y componentes seleccionados fueron utilizados para la construcción e implementación del prototipo, mientras que las herramientas de software permitieron desarrollar la programación, diseñar la estructura, procesar los datos obtenidos durante las pruebas y registrar los resultados experimentales.

D. Arquitectura del Sistema

El sistema fue diseñado bajo una arquitectura distribuida compuesta por dos placas Arduino Uno, con el propósito de separar las funciones de control y facilitar la integración de los diferentes módulos del prototipo. El primer microcontrolador se encargó del control del desplazamiento del robot y del mecanismo de alimentación mediante motores y servomotores. El segundo Arduino administró la lectura de las etiquetas RFID, la comunicación Bluetooth y el envío de los datos hacia la computadora. Finalmente, una aplicación desarrollada en Python recibió la información y permitió almacenarla automáticamente en Microsoft Excel para facilitar el monitoreo y análisis de los registros.

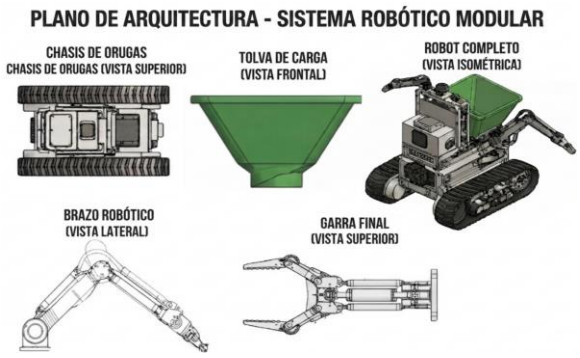


Fig. 1 Plano de Arquitectura

E. Métricas de Desempeño

Para evaluar el desempeño del prototipo desarrollado, se realizaron pruebas experimentales orientadas a determinar su funcionamiento en las principales actividades del sistema. Se analizaron la precisión de identificación mediante RFID, la dosificación del forraje, el registro de datos mediante Python–Excel y el funcionamiento energético del prototipo. Los resultados obtenidos se presentan en la Tabla III, considerando el número de pruebas realizadas, los resultados satisfactorios y errados, así como los porcentajes correspondientes.

TABLA III
MATRIZ DE MÉTRICAS DE DESEMPEÑO

Métrica evaluada	Total, de pruebas	Fórmula	Resultados %	Error %
Precisión de RFID a 1 cm	40	(Lecturas correctas / Total de intentos) × 100	%	%
Precisión de RFID de 10 a 15 cm	40	(Lecturas correctas / Total de intentos) × 100	%	%
Precisión de RFID de 15 a 20 cm	40	(Lecturas correctas / Total de intentos) × 100	%	%
Dosificación de forraje	40	(Pruebas satisfactorias / Total de pruebas) × 100	%	%
Registro de datos Python–Excel	40	(Registros correctos / Total de intentos) × 100	%	%
Funcionamiento de batería	40	(Pruebas satisfactorias / Total de pruebas) × 100	%	%

III. RESULTADOS

A. Ensamblajes de integración del prototipo

El circuito eléctrico se diseñó de acuerdo al prototipo integró dos placas Arduino Uno, un sistema de tracción mediante motores DC controlados por un driver L298N, siete servomotores SG90, un lector RFID, un sensor ultrasónico, unos tres sensores de peso HX711, un sensor de temperatura, un módulo Bluetooth HC-05, una pantalla LCD, un protoboard, dos baterías 9V, un panel solar y un sistema de adquisición de datos desarrollado en Python. La integración de estos componentes permitió obtener un sistema funcional capaz de ejecutar de manera automática las tareas programadas para el suministro de alimento y la identificación de los animales.

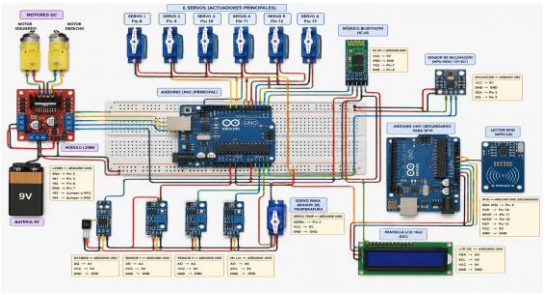


Fig. 2 circuito eléctrico

B. Desplazamiento, Secuencia de Alimentación y lectura RFID

La programación del Arduino principal permitió controlar el desplazamiento del robot y la secuencia automática de alimentación. Durante las pruebas experimentales, el robot avanzó inicialmente 10 cm hasta la primera estación de alimentación. Una vez alcanzada esta posición, los servomotores activaron el mecanismo de alimentación, tomando la hierba desde la tolva y distribuyéndola automáticamente hacia la jaula correspondiente. Finalizada esta operación, el robot avanzó 3 cm para posicionarse frente a la siguiente jaula, donde repitió el mismo procedimiento de alimentación. Esta secuencia se ejecutó durante tres ciclos consecutivos en cada prueba experimental. Finalmente, el robot realizó un desplazamiento de retroceso hasta regresar a su posición inicial, quedando preparado para iniciar un nuevo ciclo de funcionamiento.

```
// --- SECUENCIA DE SERVOS ---

// Bloque 1: Servo 1 y 4
for (int pos = 0; pos <= 190; pos++) {
  servo1.write(pos);
  int pos4 = map(pos, 0, 190, 145, 10);
  servo4.write(pos4);
  delay(10);
}
delay(5000);

// Bloque 2: Servos 2 y 5
for (int pos = 0; pos <= 60; pos++) {
  servo2.write(pos);
  servo5.write(pos);
  delay(15);
}

// Bloque 3: Servos 3 y 6
for (int g = 180; g >= 0; g--) {
  servo3.write(g);
  servo6.write(180 - g);
  delay(17);
}
delay(2000);

// Bloque 4: Regreso 2 y 5
for (int pos = 60; pos >= 0; pos--) {
  servo2.write(pos);
  servo5.write(pos);
  delay(15);
}
delay(1500);

// Bloque 5: Regreso 1 y 4
for (int pos = 190; pos >= 0; pos--) {
  servo1.write(pos);
  int pos4 = map(pos, 0, 190, 145, 10);
  servo4.write(pos4);
  delay(10);
}
delay(5000);

// Bloque 6: Servos 2 y 5
for (int pos = 0; pos <= 60; pos++) {
  servo2.write(pos);
  servo5.write(pos);
  delay(15);
}
// Bloque 7: Movimiento 3 y 6
for (int g = 0; g <= 180; g++) {
  servo3.write(g);
```

Fig. 3 programación primer Arduino una parte

El segundo Arduino Uno fue programado para controlar el sistema de identificación mediante RFID y la comunicación inalámbrica. Durante las pruebas experimentales, el lector MFRC522 permitió detectar los códigos de los aretes RFID bajo diferentes distancias de lectura. Los datos identificados fueron enviados mediante comunicación serial y posteriormente transmitidos por el módulo Bluetooth HC-05 hacia una computadora. La precisión de identificación varió según la distancia entre el lector y el arete RFID, obteniéndose un 80 % de lecturas correctas a 1 cm, 40 % entre 10 y 15 cm y 10 % entre 15 y 20 cm. Asimismo, la comunicación entre los dos Arduino permitió coordinar las funciones de alimentación e identificación durante las pruebas experimentales.

```
#include <SPI.h>
#include <MFRC522.h>
#include <SoftwareSerial.h>

// Definición de pines RFID
#define RST_PIN         9
#define SS_PIN          10

// Definición de pines Bluetooth (TX=2, RX=3)
SoftwareSerial miBT(2, 3);

MFRC522 mfrc522(SS_PIN, RST_PIN);

void setup() {
  Serial.begin(9600);    // Monitor serie PC
  miBT.begin(9600);      // Comunicación con Bluetooth

  SPI.begin();
  mfrc522.PCD_Init();

  Serial.println(F("Sistema RFID + Bluetooth listo."));
  miBT.println(F("Conexion Bluetooth establecida."));
}

void loop() {
  // Resetear si no hay tarjeta
  if ( ! mfrc522.PICC_IsNewCardPresent()) return;
  if ( ! mfrc522.PICC_ReadCardSerial()) return;

  // Mostrar datos en el Monitor Serie del PC
  Serial.println(F("Tarjeta detectada. Enviando datos por
Bluetooth..."));

  // Enviar datos por Bluetooth
  miBT.print(F("UID de la tarjeta: "));
  for (byte i = 0; i < mfrc522.uid.size; i++) {
    miBT.print(mfrc522.uid.uidByte[i] < 0x10 ? " 0" : " ");
    miBT.print(mfrc522.uid.uidByte[i], HEX);
  }
  miBT.println(); // Salto de línea al terminar

  // Detener lectura
  mfrc522.PICC_HaltA ();
}
```

Fig. 4 programación segundo Arduino

Para el monitoreo de la información recibida, se desarrolló una aplicación utilizando Python. La interfaz estableció comunicación con el módulo Bluetooth y permitió visualizar los códigos RFID detectados por el robot. Asimismo, la aplicación permitió registrar y almacenar la información recibida para su posterior exportación a una hoja de cálculo de Microsoft Excel. Durante las pruebas experimentales, el registro y almacenamiento de los datos presentó un 70 % de funcionamiento satisfactorio, mientras que el 30 % restante correspondió a pruebas en las que se presentaron dificultades en la transmisión o almacenamiento de la información. Estos resultados permitieron verificar el funcionamiento del sistema de adquisición y registro de datos durante las pruebas realizadas.

monitoreo.py: Bloc de notas

Archivo Edición Formato Ver Ayuda

```
import pandas as pd
import serial
import os
from datetime import datetime

# --- CONFIGURACION ---
archivo = 'Monitoreo_Cuyes_Final.xlsx'
puerto = 'COM7' # Cambia a COM6 si el 7 no funciona
baudrate = 9600

# Conectar al puerto serial
ser = serial.Serial(puerto, baudrate, timeout=1)
print(f"Escuchando en {puerto}...")

def registrar_cuy(datos_recibidos):
    # Aquí procesamos lo que llega del Arduino
    print(f"Dato recibido: {datos_recibidos}")
    # (Asegúrate de que tu Arduino envíe los datos como: "ID,Tipo")
    # Si recibes solo el ID, aquí lo guardaremos directamente
    # ... resto de tu lógica de Excel ...

while True:
    if ser.in_waiting > 0:
```

Fig.5 programación Python una parte

C. Registro y almacenamiento de información mediante Python y Excel

La Figura 6 presenta el registro de la información generada por el sistema de monitoreo desarrollado en Python.

Cuando el lector RFID detecta el arete electrónico del cuy, la aplicación identifica el código único del animal y recupera la información previamente asociada a dicho registro. Entre los datos almacenados se encuentran el código RFID, el sexo del animal (macho o hembra), la fecha de nacimiento y la edad expresada en días, la cual se actualiza automáticamente conforme transcurre el tiempo. Asimismo, el sistema incorpora un campo de medicación programado para un período de 30 días, cuyo contador disminuye diariamente hasta indicar la fecha correspondiente para la administración del tratamiento. La información generada durante las pruebas es registrada y almacenada en Microsoft Excel, permitiendo realizar el seguimiento individual de los animales y organizar los datos obtenidos durante el proceso de monitoreo.

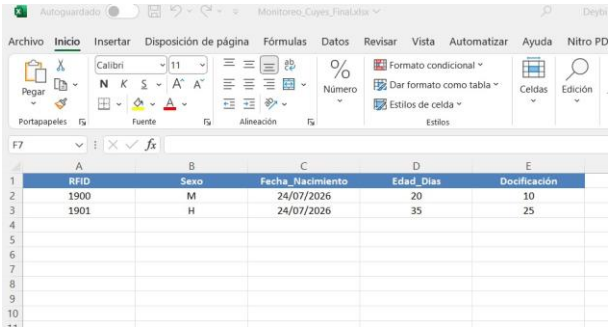


Fig.6 datos registrado en Excel

D. Resultados de las pruebas experimentales

Durante las pruebas experimentales se realizaron 40 pruebas de alimentación y 40 pruebas de identificación mediante RFID. Para evaluar el desempeño del prototipo, se consideraron diferentes condiciones de operación relacionadas con la identificación de los animales, la dosificación del forraje, el registro de datos y el funcionamiento energético. Los resultados obtenidos se presentan en la Tabla IV.

TABLA IV
RESULTADOS EXPERIMENTALES DEL PROTOTIPO

Métrica evaluada	Total, de pruebas	Resultados %	Error %
Precisión de RFID a 1 cm	40	80%	20 %
Precisión de RFID de 10 a 15 cm	40	40 %	60 %
Precisión de RFID de 15 a 20 cm	40	10 %	90 %
Dosificación de forraje	40	12.5 %	87.5 %
Registro de datos Python–Excel	40	70 %	30 %
Funcionamiento de batería	40	22.5 %	77.5 %

E. Comparación cuantitativa del proceso manual y automatizado

Con la finalidad de establecer una comparación cuantitativa entre el procedimiento manual tradicional y el proceso automatizado mediante el prototipo desarrollado, se consideraron métricas relacionadas con el tiempo de registro e identificación de los animales, la cantidad de forraje suministrado, la participación del personal y el registro de la información. Esta comparación permite identificar las diferencias operativas entre ambos procedimientos bajo las condiciones consideradas durante el desarrollo de la investigación.

TABLA V
MATRIZ DE COMPARACIÓN PROCESO MANUAL Y ROBOT

Métrica evaluada	Proceso manual	Proceso automatizado con el prototipo
Tiempo de registro e identificación por animal	1–2 min mediante registro manual por animal	0,2–0,5 s mediante RFID, dependiendo de la distancia de lectura
Cantidad de forraje suministrado por prueba	150–250 g	50–80 g mediante el sistema de dosificación y pesaje
Participación del personal en la alimentación	Aproximadamente 8 h de intervención durante la jornada de trabajo	Sin intervención directa durante la ejecución automática
Registro de información	Registro manual en cuaderno	Registro digital mediante RFID, Python y Microsoft Excel
Identificación del animal	Verificación y registro manual	Identificación automática mediante código RFID

F. Análisis de viabilidad económica y modelo de negocio

Con el propósito de analizar la viabilidad económica del prototipo desarrollado, se realizó una estimación de los costos asociados a los principales componentes electrónicos, mecánicos y estructurales utilizados en su construcción. La

propuesta se orientó al desarrollo de una solución de bajo costo, utilizando componentes comerciales de fácil adquisición y plataformas de programación de acceso disponible.

- Costos de Prototipo

TABLA VI
MATRIZ DE COSTOS DE PROTOTIPO

Compontes	cantidad	Cost. Unitario. s/	Cost total. s/
Arduino Uno	2	60.00	120.00
Llantas	4	4.00	16.00
Motores DC	4	4.00	16.00
Servomotores	7	7.50	52.50
Sensor ultrasónico	1	16.00	16.00
Protoboard	1	7.00	7.00
Pantalla LCD 16*2	1	18.00	18.00
Sensor de temperatura	1	6.00	6.00
Modulo bluetooth HC-05	1	12.00	12.00
Lector RFID	1	18.00	18.00
Sensor de peso HX711	3	6.00	18.00
Batería 9v	2	7.5	15.00
led	2	1.00	2.00
Driver L298N	1	12.00	12.00
Panel solar	1	10.00	10.00
Resistencia 220	2	0.30	0.60
Cables	36	0.30	12.00
Total			350.80

- *Escalabilidad y mercado objetivo*

La solución desarrollada presenta posibilidades de escalabilidad en granjas de crianza de cuyes de Cajamarca, especialmente en asociaciones de productores y unidades productivas que desarrollan sistemas de crianza tecnificada. Su diseño modular permite adaptar el prototipo a diferentes cantidades de animales y espacios de crianza, mediante la incorporación o modificación de estaciones de alimentación, sensores y dispositivos de identificación. Asimismo, el empleo de componentes comerciales de bajo costo facilita su reproducción, mantenimiento y adaptación a las condiciones particulares de cada granja. De esta manera, el prototipo puede constituir una alternativa tecnológica orientada a asociaciones y pequeños productores que buscan incorporar herramientas de automatización sin requerir sistemas industriales de alto costo.

- *Propuesta de valor*

Consiste en automatizar y centralizar el control de la alimentación, identificación y medicación de los cuyes, reduciendo la dependencia de registros manuales y el tiempo destinado a actividades operativas durante la crianza. Mediante la tecnología RFID, cada animal puede ser identificado individualmente, mientras que el sistema de dosificación y pesaje permite controlar la cantidad de alimento suministrado y registrar las variaciones respecto a la cantidad programada. Asimismo, la programación y el registro de la medicación mediante Python permiten disponer de información organizada sobre los tratamientos aplicados a cada animal.

Esta integración tecnológica contribuye a reducir costos operativos asociados a tareas manuales, mejorar el control del uso de alimento y medicamentos y disminuir el riesgo de errores en los registros, facilitando la toma de decisiones de los productores. De esta manera, el prototipo plantea una alternativa tecnológica orientada a pequeños productores y asociaciones de crianza de cuyes de Cajamarca, con potencial de adaptación a diferentes unidades productivas y escalamiento progresivo según las necesidades de cada organización.

G. Prototipo final

Finalmente, se obtuvo un prototipo ensamblado que integró la estructura mecánica, el sistema de desplazamiento, el mecanismo de alimentación, los módulos electrónicos y los dispositivos de comunicación. Durante las pruebas experimentales, el robot ejecutó las funciones programadas de desplazamiento, distribución automática de alimento, identificación de los cuyes mediante tecnología RFID y transmisión de información hacia la aplicación desarrollada en Python. La integración de estos componentes permitió evaluar el funcionamiento conjunto de los diferentes módulos del sistema y verificar la capacidad del prototipo para automatizar las actividades de alimentación, identificación y monitoreo en condiciones controladas.

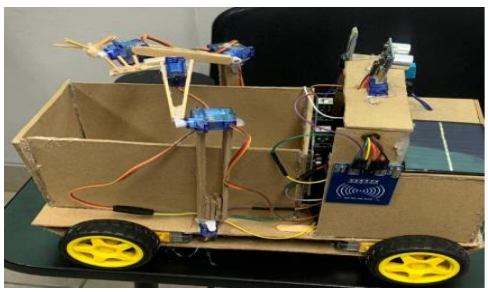


Fig.7 prototipo terminado

Asimismo, las pruebas realizadas permitieron comprobar la estabilidad operativa del prototipo durante los 40 ensayos experimentales, en los cuales el sistema ejecutó de manera continua los tres ciclos de alimentación programados y el proceso de identificación mediante RFID sin presentar fallos de funcionamiento. La sincronización entre los dos microcontroladores Arduino Uno, los sensores, los actuadores y la aplicación desarrollada en Python garantizó la correcta ejecución de las tareas programadas y el almacenamiento automático de la información, evidenciando que el sistema desarrollado constituye una alternativa tecnológica confiable para optimizar la alimentación y el monitoreo de cuyes en granjas tecnificadas.

IV. DISCUSIÓN, LIMITACIÓN Y TRABAJO A FUTURO

- Discusiones

Los hallazgos obtenidos evidencian que el robot inteligente desarrollado permitió automatizar el proceso de alimentación y monitoreo de cuyes mediante la integración de dos placas Arduino Uno, servomotores, motores DC, sensores electrónicos y un sistema de identificación RFID. Durante las pruebas experimentales, el prototipo ejecutó correctamente la secuencia programada de desplazamiento, distribución de alimento y retorno a la posición inicial, demostrando la viabilidad del sistema para reducir la intervención manual durante el proceso de alimentación.

Los resultados cuantitativos obtenidos durante las 40 pruebas experimentales evidenciaron un funcionamiento estable del prototipo, ya que el robot completó correctamente los tres ciclos de alimentación programados en cada prueba y el sistema RFID identificó correctamente todas las etiquetas electrónicas utilizadas. Asimismo, la comunicación Bluetooth permitió transmitir la información sin interrupciones y el registro automático en Microsoft Excel facilitó el almacenamiento de los datos generados durante las pruebas. Estos resultados demuestran la confiabilidad del sistema para automatizar las labores de alimentación y monitoreo en granjas de cuyes.

Estos resultados son consistentes con lo señalado por [7], quienes indican que la automatización de los sistemas de alimentación mejora la eficiencia operativa en las granjas pecuarias. Asimismo, [8] sostienen que la incorporación de tecnologías automatizadas permite optimizar la distribución del alimento y mejorar el control de los procesos productivos, resultados similares a los obtenidos en la presente investigación.

Respecto al sistema de identificación de los animales, el lector RFID permitió detectar correctamente los aretes electrónicos y transmitir la información mediante Bluetooth hacia una computadora, donde los datos fueron registrados automáticamente mediante una aplicación desarrollada en Python. Este comportamiento coincide con lo descrito por [9], quien señala que la tecnología RFID facilita la identificación automática y la trazabilidad de animales mediante comunicación inalámbrica. Del mismo modo, [10] demostraron que los sistemas de identificación electrónica mejoran el monitoreo individual de los animales y reducen los errores asociados al registro manual, resultados que también fueron observados durante el funcionamiento del prototipo desarrollado.

En relación con el funcionamiento de los componentes electrónicos, la programación implementada permitió sincronizar correctamente los servomotores, motores DC, sensor ultrasónico, sensor de temperatura y pantalla LCD, logrando un funcionamiento coordinado del sistema durante todas las pruebas. Estos resultados concuerdan con [11], quienes destacan que los servomotores proporcionan un control preciso del movimiento en aplicaciones robóticas. Asimismo, [12] indican que los sensores ultrasónicos permiten medir distancias con precisión para aplicaciones de automatización, contribuyendo al desplazamiento controlado y a la correcta ejecución de tareas programadas, comportamiento que fue evidenciado durante las pruebas del robot inteligente.

Finalmente, la integración del hardware con el software desarrollado en Arduino IDE y Python permitió obtener un sistema funcional capaz de automatizar la alimentación, registrar la identificación de los cuyes y almacenar la información para su posterior análisis. Estos resultados respaldan lo expuesto por [13], quienes afirman que el Internet de las Cosas y los sistemas inteligentes mejoran el monitoreo y la gestión de los procesos agropecuarios. De igual manera, [14] señalan que la incorporación de tecnologías de automatización y ganadería de precisión incrementa la eficiencia productiva mediante el monitoreo continuo y la toma de decisiones basada en datos. En consecuencia, el prototipo desarrollado representa una alternativa tecnológica viable para contribuir a la modernización de la crianza tecnificada de cuyes.

- Limitaciones

La principal limitación de la investigación fue que las pruebas del prototipo se realizaron en un ambiente controlado, limpio y libre de polvo y suciedad, sobre una superficie plana y regular. Por ello, las condiciones evaluadas no representan completamente las características de una granja de crianza de cuyes, donde pueden presentarse superficies irregulares, presencia de polvo, residuos y otros factores propios del entorno productivo. Asimismo, las pruebas se realizaron bajo condiciones controladas, por lo que no se evaluó el comportamiento del prototipo con animales reales durante periodos prolongados de operación.

- Trabajo a Futuro

Como trabajo futuro, se propone realizar pruebas en granjas y asociaciones de productores de cuyes de Cajamarca, incluyendo ambientes con condiciones reales de operación. Estas evaluaciones permitirían analizar el desempeño del robot sobre superficies irregulares y en presencia de polvo y

suciedad, así como estudiar la respuesta de los animales ante el ruido generado por los servomotores y el desplazamiento del prototipo. Además, se plantea rediseñar el chasis incorporando un nivel de protección IP64, mejorar el sistema de desplazamiento y realizar pruebas de funcionamiento durante periodos prolongados, con el propósito de evaluar su resistencia, confiabilidad y adaptación a condiciones reales de producción.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A. Conclusión

La implementación del robot inteligente permitió cumplir el objetivo principal de la investigación al desarrollar un sistema automatizado para la alimentación y el monitoreo de cuyes, integrando componentes electrónicos, sensores, actuadores y tecnologías de identificación mediante RFID.

El prototipo ejecutó correctamente la secuencia programada de desplazamiento, alimentación e identificación de los animales, verificando el adecuado funcionamiento conjunto de los motores, servomotores, sensores, pantalla LCD y módulos de comunicación inalámbrica.

La integración del lector RFID con el módulo Bluetooth y la aplicación desarrollada en Python permitió registrar automáticamente la identificación de los cuyes y almacenar la información en una hoja de cálculo de Microsoft Excel, facilitando el monitoreo y la gestión de los datos generados durante las pruebas experimentales.

Los resultados obtenidos durante las 40 pruebas de alimentación y las 40 pruebas de identificación mediante RFID demostraron que el prototipo ejecutó de forma continua y confiable las tareas de desplazamiento, alimentación e identificación de los animales.

B. Recomendación

Se recomienda realizar una segunda etapa de validación del prototipo en una granja de cuyes bajo condiciones reales de producción y durante un periodo prolongado, con la finalidad de evaluar su desempeño, estabilidad y comportamiento frente a las condiciones propias de una explotación pecuaria.

Se recomienda rediseñar el chasis con protección IP64 contra polvo y salpicaduras, así como optimizar el diseño mecánico mediante materiales resistentes y livianos, con el propósito de mejorar la durabilidad y facilitar su implementación en granjas de mayor tamaño.

Finalmente, se recomienda realizar pruebas de estrés con animales reales para evaluar su comportamiento e interacción con el robot, especialmente frente al ruido generado por los servomotores, y determinar los ajustes necesarios antes de una implementación a mayor escala.

REFERENCIAS

[1] Paredes-López, D., Robles-Huaynate, R., Aldava-Pardave, U., & Morales-Cauti, M. (2024). Cambios en la hematología y los metabolitos sanguíneos de cobayas (Cavia porcellus) bajo un sistema de cría intensiva en condiciones tropicales húmedas. Granja, 40(2), 130–140. https://doi.org/10.17163/lgr.n40.2024.09

[2] Cantaro Segura, J. L., Delgado Palma, D., & Cayetano Robles, J. L. (2021). Caracterización de la crianza de cuyes en una zona de la sierra de Huarochirí - Perú. Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales, 8(2), 72–78. https://doi.org/10.53287/HFFS7980XC24Q

[3] Corporación Peruana de Aeropuertos y Aviación Comercial S.A. (2022). Regiones del Perú - Informes y publicaciones - Corporación Peruana de Aeropuertos y Aviación Comercial S.A. - Plataforma del Estado Peruano. https://www.gob.pe/institucion/corpac/informes-publicaciones/3612934-regiones-del-peru

[4] Escobar-Ramírez, F., Espinoza-Ochoa, T., Hinojosa-Benavides, R. A., & De la Cruz-Marcos, R. N. (2023). Sustitución parcial y total de alfalfa fresca por heno en la alimentación de cuyes (Cavia porcellus) en crecimiento y engorde: una alternativa para la época de estiaje. Journal of the Selva Andina Animal Science, 10(1), 16–29. https://doi.org/10.36610/J.JSAAS.2023.100100016

[5] Vargas Luna, E. (2022). Evaluación de sistemas de alimentación para el crecimiento de cuyes de granjas comerciales. Innova Biology Sciences, 2(2), 49–56. https://doi.org/10.58720/IBS.V2I2.43

[6] Trigo, E. J., & Elverdin, P. (2020). Los sistemas de investigación y transferencia de tecnología agropecuaria de América Latina y el Caribe en el marco de los nuevos escenarios de ciencia y tecnología. Revista Compromiso Social, (3), 116–127. https://doi.org/10.5377/RECOSO.V2I3.13437

[7] Tangka, J. K., Evina, M. N. W., & Ngah, J. N. (2021). Development of a Computerized Automated System for Feed, Water and Sanitation Management in Animal Farms. Current Journal of Applied Science and Technology, 40, 1–15. https://doi.org/10.9734/CJAST/2021/V40I331279

[8] Naspud Espinoza, M. G., Zabala, J. A., Jara Obregón, L. S., & Martillo Alchundia, I. S. (2025). Optimización del suministro y control de alimentos en la crianza de cerdos a través del internet de las cosas (IoT). Revista InveCom, 5(4). https://doi.org/10.5281/ZENODO.14835412

[9] Duroc, Y. (2022). De la identificación a la detección: RFID es una de las tecnologías clave en el campo del IoT. Sensors, 22(19), 7523. https://doi.org/10.3390/S22197523

[10] Bastiaansen, J. W. M., Hulsegge, I., Schokker, D., Ellen, E. D., Klandermans, B., Taghavi, M., & Kamphuis, C. (2022). Identificación continua de vacas en tiempo real mediante la lectura de etiquetas auriculares en vídeo en directo. Frontiers in Animal Science, 3, 846893. https://doi.org/10.3389/FANIM.2022.846893

[11] Autsou, S., Kudelina, K., Vaimann, T., Rassõlkin, A., & Kallaste, A. (2024). Principles and Methods of Servomotor Control: Comparative Analysis and Applications. Applied Sciences, 14(6), 2579. https://doi.org/10.3390/app14062579

[12] Qiu, Z., Lu, Y., & Qiu, Z. (2022). Revisión de los métodos de medición de distancia por ultrasonidos y sus desafíos actuales. Micromachines, 13(4), 520. https://doi.org/10.3390/mi13040520

[13] Khanna, A., & Kaur, S. (2019). Evolution of Internet of Things (IoT) and its significant impact in the field of Precision Agriculture. Computers and Electronics in Agriculture, 157, 218–231. https://doi.org/10.1016/j.compag.2018.12.039

[14] Gong, L., Luo, L., Gao, J., Xiong, Y., Chen, C., Gan, H., Song, H., Morrone, S., Dimauro, C., Gambella, F., & Cappai, M. G. (2022). Industry 4.0 and Precision Livestock Farming (PLF): An up-to-Date Overview across Animal Productions. Sensors, 22(12), 4319. https://doi.org/10.3390/s22124319