

Electrical Engineering and Automation in the development of an automatic pet dispenser

Chuctaya-Soto Oded Marisol, Estudiante Ing. Industrial¹, Mantilla-Ramos Katherine Lisbeth, Estudiante Ing. Industrial²

^{1,2} Universidad Privada del Norte, Perú, n00342376@upn.pe, n00327446@upn.pe.

Abstract- *In the domestic sphere, ensuring proper feeding routines for pets is becoming increasingly complex due to the fast-paced lifestyles of owners in the city of Cajamarca. Irregular schedules and manual feeding often lead to nutritional problems, dehydration, and hygiene deficiencies, highlighting the limitations of traditional methods in terms of precision and efficiency. To address this issue, this project proposes the development of an automated pet food and water dispenser controlled by an ESP32 microcontroller and integrated with sensors, motorized mechanisms, and a mobile application for remote monitoring. The overall objective is to develop an automatic pet food and water dispenser using a microcontroller, improving feeding regularity and operational efficiency, while promoting technological innovation and the efficient use of water resources. The methodology employed is pre-experimental, using a sample of 10 pets in the city of Cajamarca. The results showed a significant reduction in feeding time, from 30 to 6 seconds, representing an 80.33% decrease, as well as in water dispensing time, from 20 to 5 seconds, equivalent to a 75% reduction. Furthermore, statistical analysis using Student's t-test confirmed significant differences between the manual and automated methods. In conclusion, the automatic dispenser improves the efficiency, accuracy, and control of the feeding process, contributing to animal welfare by optimizing user time.*

Keywords-- *Dispenser, ESP32, pets, feeding, application.*

La Ingeniería Eléctrica y Automatización en el desarrollo de un dispensador automático para mascotas

Chuctaya-Soto Oded Marisol, Estudiante Ing. Industrial¹, Mantilla-Ramos Katherine Lisbeth, Estudiante Ing. Industrial²

^{1,2} Universidad Privada del Norte, Perú, n00342376@upn.pe, n00327446@upn.pe.

Resumen- *En el ámbito doméstico, garantizar rutinas de alimentación adecuadas para las mascotas resulta cada vez más complejo debido al ritmo de vida acelerado de los dueños en la ciudad de Cajamarca, donde los horarios irregulares y la alimentación manual suelen generar problemas de nutrición, deshidratación y deficiencias en la higiene, evidenciando además las limitaciones de los métodos tradicionales en términos de precisión y eficiencia; frente a esta problemática, el presente proyecto propone el desarrollo de un dispensador automatizado de comida y agua para mascotas, controlado por un microcontrolador ESP32 e integrado con sensores, mecanismos motorizados y una aplicación móvil para monitoreo remoto. En este contexto, el objetivo general es desarrollar un dispensador automático dosificador de comida y agua para mascotas mediante microcontrolador, que permita mejorar la regularidad de la alimentación y la eficiencia operativa, promoviendo la innovación tecnológica y el uso eficiente del recurso hídrico; la metodología empleada es de tipo preexperimental con una muestra de 10 mascotas en la ciudad de Cajamarca. Los resultados evidenciaron una reducción significativa en el tiempo de alimentación, pasando de 30 a 6 segundos, lo que representa una disminución del 80.33%, así como en el suministro de agua de 20 a 5 segundos, equivale a una reducción del 75%; asimismo, el análisis estadístico mediante la prueba t de Student confirmó diferencias significativas entre el método manual y el automatizado. En conclusión, el dispensador automático mejora la eficiencia, precisión y control del proceso de alimentación, contribuyendo al bienestar animal optimizando el tiempo del usuario.*

Palabras clave: Dispensador, ESP32, mascotas, alimentación, aplicación.

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el ritmo de vida acelerado se manifiesta como una característica predominante en la sociedad. Las extensas jornadas laborales, los estudios y diversas responsabilidades ocupan gran parte del tiempo disponible, lo que dificulta la implementación de rutinas constantes de alimentación para las mascotas. Este problema adquiere relevancia debido a que una dieta irregular o en cantidades inadecuadas puede generar consecuencias negativas para la salud y bienestar de estos seres vivos.

La mayoría de los propietarios de caninos y felinos, enfrentan desafíos cotidianos para asegurar que sus animales reciban una alimentación oportuna y adecuada. Con frecuencia, esta

situación conlleva prácticas de alimentación irregulares, en las cuales las mascotas reciben sus raciones en horarios variables o en proporciones inadecuadas, ya sean escasas o excesivas, lo que puede provocar sobrepeso, desnutrición o problemas digestivos. La situación alcanza mayor gravedad cuando los responsables tienen que ausentarse por periodos prolongados, debido a motivos laborales o recreativos. En estas circunstancias, suelen dejar grandes cantidades de alimento, lo que incrementa el riesgo de consumo excesivo e impulsivo, así como el deterioro o contaminación del alimento por agentes externos.

A nivel mundial, existen requerimientos nutricionales para el alimento balanceado para perros y gatos con base en las recomendaciones de la AAFCO (Association of American Feed Control Officials) [1]. Esta asociación desarrolla normas y reglamentos para la fabricación, distribución y venta de alimento para mascotas, en el cual establece valores mínimos y máximos para evitar el consumo de ciertos nutrientes con potencial toxicidad. En Ecuador, en la ciudad de Quito han desarrollado un prototipo de dispensador de alimento y agua para mascotas con tecnología IOT que brinda ayuda en la alimentación e hidratación de los perros y gatos para poder crear independencia de sus dueños [2]. De forma similar, en Colombia se desarrolló un dispensador de alimentos basado en IOT que busca mejorar la calidad de vida de los gatos y proporcionar una solución a las dificultades de los dueños por falta de tiempo debido a las obligaciones laborales, la necesidad de realizar viajes frecuentes [3].

En Perú, esta problemática también es frecuente en diversos lugares del país donde las personas buscan mantener la vitalidad de sus mascotas. En Lima, se implementó un dispensador automático de agua potable para consumo animal en un centro veterinario que buscaba ayudar a los animales a mantenerse hidratados y ayudarlos a ser independientes [4]. Asimismo, se realizó una investigación para la fabricación de dispensador de comida para mascotas automatizadas mediante la utilización de la tecnología que permite desde cualquier lugar del mundo asegurar una ración saludable en cantidad y tiempo adecuado [5].

La ciudad de Cajamarca no es ajena a esta realidad, puesto que muchas personas enfrentan limitaciones de tiempo que dificultan garantizar el bienestar de sus animales del hogar, sobre todo proporcionarles una alimentación balanceada en cantidades y horarios. Por lo cual, se evidencia la necesidad de implementar dispensadores de alimentos y agua que favorezcan a su cuidado integral.

En ese contexto se plantea la siguiente interrogante: ¿De qué manera la Ingeniería Eléctrica y Automatización realizan una contribución en el desarrollo de un dispensador de alimentos y agua para mascotas? De tal manera, se formula el siguiente objetivo general de este proyecto el cual es desarrollar un dispensador automático dosificador de comida y agua para mascotas mediante microcontrolador que permita mejorar la regularidad de la alimentación y la eficiencia operativa, promoviendo la innovación tecnológica y el uso eficiente del recurso hídrico; en concordancia con los objetivos de desarrollo sostenible 6 y 9.

Para cumplir con este propósito, se establecen los siguientes objetivos específicos: Diseñar el sistema eléctrico y de control para automatizar la dosificación de alimento y agua; comprobar el funcionamiento y confiabilidad del dispensador en condiciones reales de uso.

De acuerdo con estos objetivos, se empleará la prueba t de Student para las muestras, con un nivel de significancia de 0.05, con el fin de determinar si existen diferencias significativas entre el método manual y el sistema automatizado. Se plantea las siguientes hipótesis: no existe diferencia significativa en el tiempo de alimentación entre el método manual y el dispensador automático; existe una diferencia significativa en el tiempo de alimentación entre el método manual y el dispensador automático.

II. METODOLOGÍA

Tipo de estudio: Preexperimental, según [6] es exploratorio y económico, o común en estudios preliminares para evaluar si una intervención produce cambios. Se basa en mediciones antes y después del tratamiento, pero no permite establecer relaciones causales claras por la falta de control sobre otras variables

Población y muestra

La población del presente proyecto estará conformada por propietarios de mascotas principalmente perros y gatos que enfrentan dificultades para mantener una rutina de alimentación constante debido a un ritmo de vida acelerado. Esto incluye a aquellos que tienen que ausentarse por periodos prolongados, como viajes de trabajo o vacaciones.

En el contexto local, se identificó la necesidad de dispensadores de alimentos y líquidos en la ciudad de Cajamarca, dirigidos a personas que tienen mascotas con limitaciones de tiempo para atenderlos.

La muestra será de tipo aleatorio simple, donde garantiza que todos que componen la población tiene la misma oportunidad de ser incluidos en la muestra [7]. Por otro lado; la muestra estará conformada por 10 mascotas de la ciudad de Cajamarca que presenten dificultades para mantener una rutina de alimentación constante. Esta selección se justifica por la accesibilidad de los participantes y la pertinencia de su situación para los objetivos del proyecto.

Técnicas y materiales

El proyecto será de desarrollo tecnológico y automatización, por lo que los materiales principales son los componentes técnicos y electrónicos, y en el caso las técnicas pertenecen al campo del diseño e ingeniería eléctrica.

Entre los materiales y componentes utilizados se incluyen microcontrolador, driver, motor, cables, interfaz y demás elementos del sistema eléctrico y de control. Estos componentes serán seleccionados por su compatibilidad, precisión y confiabilidad operativa, garantizando el correcto funcionamiento del dispensador automático.

Procedimiento de recolección de datos

El objetivo específico de comprobar el funcionamiento y la confiabilidad del dispensador automático en condiciones reales de uso implica un proceso de recolección de datos enfocado en tres aspectos principales:

Precisión de la dosificación: registro de datos sobre la cantidad y el tiempo de dispensado de alimento y agua controlados por el sistema Arduino y los sensores, con el fin de verificar la exactitud.

Rendimiento del sistema: se observará y documentará el comportamiento del sistema eléctrico y de control durante un periodo de operación prolongado, evaluando su estabilidad, respuesta y continuidad en el servicio.

Criterios de calidad y confiabilidad: se valorará mediante su capacidad para mantener una dosificación adecuada, evitando situaciones que puedan generar sobrepeso, desnutrición o trastornos digestivos en las mascotas debido a una alimentación irregular.

Procedimiento para la elaboración

El proyecto se desarrollará en cinco fases que orientarán el diseño, construcción y validación del dispensador automático para mascotas. Cada fase será relevante para el desarrollo, abarcando desde la planificación inicial hasta la validación del funcionamiento del sistema. A continuación, se describe las fases del proyecto:

Fase 1: Planificación y diseño

Se investigará sobre sistemas automatizados de alimentación para mascotas y su funcionamiento con Arduino. También se

definirán los movimientos básicos que debía realizar el dispensador (abrir, cerrar, medir cantidad, controlar horarios).

Los materiales y componentes:

- Microcontrolador ESP32
- Motorreductor JGA25-370
- Driver Puente H TB6612FNG
- Buzzer
- Filamento PLA
- Electroválvula ½" (12v)
- Pernos M3
- Cable 24 AWG
- Tuercas de latón
- Manguera de agua PVC transparente
- Fuente de 12V

Se realizará el diseño del sistema en software Autodesk Inventor y se elaborará el esquema del circuito.

Fase 2: Simulación

Se simulará el funcionamiento general del sistema para verificar la respuesta del microcontrolador y motores. Además, se comprobará la comunicación entre los módulos Bluetooth, RTC, para ajustar los parámetros de tiempo y cantidad de alimento dispensado. Finalmente se corregirán errores de programación detectados durante las simulaciones.

Fase 3: Construcción y programación

Se construirá la estructura del dispensador utilizando los materiales seleccionados, además se programará el Arduino Uno con el software Arduino IDE, controlando el tiempo de dispensación y la apertura del motor.

Se hará uso una app para controlar el dispensador mediante conexión Bluetooth y finalmente se verificará la comunicación entre el Arduino y la aplicación asegurando el envío correcto de los comandos.

Fase 4: Pruebas

Se realizarán pruebas para comprobar que el sistema dispensará la cantidad correcta de alimento según la configuración. Por otro lado, se evaluará la precisión de la app y el tiempo de respuesta del servomotor. Se comprobará la estabilidad del sistema y la eficiencia del control a través del móvil.

Fase 5: Mejoras

Se ajustará el código de Arduino para mejorar la precisión y reducir errores de lectura. Se registrarán las modificaciones realizadas y las mejoras obtenidas en el rendimiento del prototipo. Finalmente se elaborará el informe final con los resultados del funcionamiento general del sistema.

Análisis estadístico:

Para el procedimiento y análisis de los datos obtenidos, se empleó la prueba t de Student para muestras relacionadas, dado

que se compararon mediciones del mismo proceso de alimentación bajo dos condiciones: método manual y dispensador automático.

Esta prueba permitió determinar si existen diferencias estadísticamente significativas en el tiempo de alimentación y suministro de agua antes y después de la implementación del sistema automatizado. Para lo cual, se consideró las hipótesis planteadas, se realizó el contraste estadístico correspondiente con el fin de establecer si se acepta o se rechaza la hipótesis nula.

III. RESULTADOS

3.1. Elaboración del dispensador automático de comida y líquidos para mascotas

MATERIALES

Para la construcción del dispensador automatizado se utilizaron los siguientes componentes principales:

- Microcontrolador ESP32-WROOM-32: Se empleó como unidad principal de control debido a su alta capacidad de procesamiento, lo que permitió programar los horarios de dispensado y monitorear el funcionamiento a través de una aplicación móvil.
- Driver TB6612FNG: Se utilizó para controlar un motor de forma eficiente, garantizando un funcionamiento estable y sin sobrecalentamiento.
- Motorreductor JGA25-370 (12V): Se implementó para accionar los mecanismos de dosificación, permitiendo un control preciso en la cantidad de alimento y agua dispensados.
- Estructura impresa en 3D: Las piezas del dispensador fueron diseñadas en Inventor e impresas en una impresora 3D, utilizando filamento PLA+ por su resistencia y durabilidad.
- Tuercas insertadas y pernos M3: Se usaron para fijar los componentes electrónicos y estructurales de manera segura.
- Cable 24 AWG: Se empleó para las conexiones internas entre el sensor, motor y el ESP32.

MÉTODO

1. Diseño de la estructura: Se diseñó el cuerpo del dispensador en software Inventor, incluyendo compartimentos para el contenedor de alimento, el tanque de líquidos y la zona de servida. Las piezas fueron impresas en 3D con filamento PLA+.
2. Montaje de componentes electrónicos: Se instaló el ESP32 en la base del dispensador, junto al driver TB6612FNG y el motorreductor.

3. Programación y control: Se programó el ESP32 para controlar los motores mediante señales PWM y enviar alertas cuando los depósitos estaban vacíos. También se configuró la conexión Bluetooth para permitir el control desde una aplicación móvil.
4. Pruebas funcionales: Se verificó que el dispensador ejecutara la programación de manera precisa y se comprobó la comunicación estable entre el ESP32 y la app móvil.
5. Sistema de líquidos: Se incorporó una válvula permitiendo dispensar el agua de manera automática.

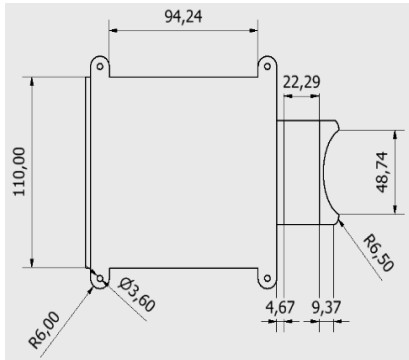


Fig. 1 Vista de planta del dispensador de comida

Esta vista permite identificar la disposición interna de los componentes y comprobar que el diseño garantiza un flujo adecuado del alimento hacia la salida.

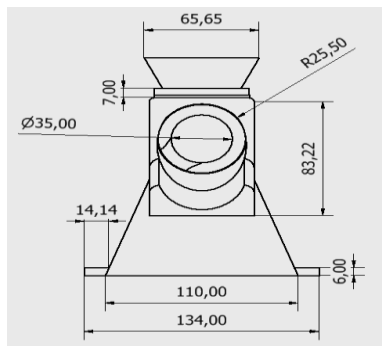


Fig. 2 Vista frontal del dispensador de comida

En esta imagen se observa la estructurar principal del prototipo, permitiendo verificar la estabilidad y el soporte del sistema de dosificación.

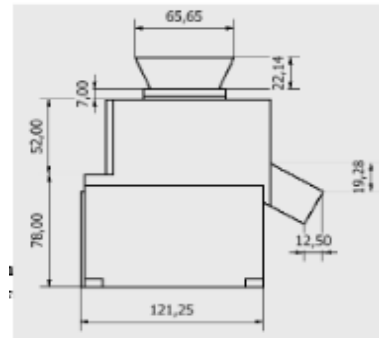


Fig. 3 Vista lateral del dispensador de comida

La vista lateral muestra el mecanismo de caída del alimento y la alineación entre los compartimientos y el motorreductor.

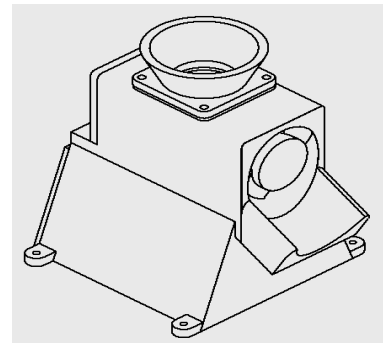


Fig. 4 Modelo 3D del dispensador de comida

El modelo 3D integra todos los elementos del diseño y facilita visualizar cómo funciona el sistema completo antes de la fabricación.

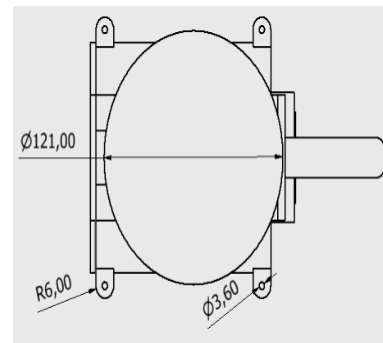


Fig. 5 Vista superior del dispensador de agua

La vista superior permite identificar la ubicación del tanque de agua y la conexión de la manguera hacia la válvula solenoide.

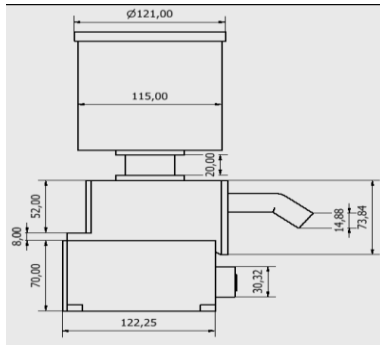


Fig. 6 Vista lateral del dispensador de agua

Se aprecia la trayectoria del sistema de suministro de agua y la posición del depósito en relación con la salida.

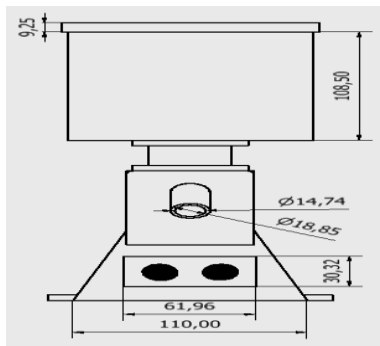


Fig. 7 Vista frontal del dispensador de agua

La vista frontal evidencia la estructura del módulo de agua y el soporte del mecanismo de apertura automatizada.

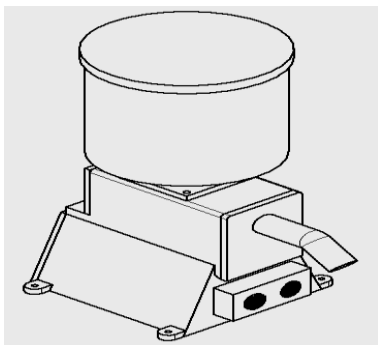


Fig. 8 Modelo 3D del dispensador de agua

El modelo 3D facilita comprender el funcionamiento interno del sistema, así como la integración entre el depósito, válvula y salida.

3.2. Análisis de la eficiencia operativa del sistema

En esta etapa, el microcontrolador se programa para manejar el dispensador y el motor para los dispensadores, logrando una interacción sin contacto y optimizando la comida para las mascotas con adecuadas porciones.

Primero, se desarrollará el código en Arduino (ESP32) para configurar el microcontrolador del dispensador, permitiendo que el sistema se activara automáticamente al detectar la presencia de la mascota cerca del dispensador. Esta función eliminó la necesidad de intervención humana directa, reduciendo el riesgo de contaminación del alimento y garantizando una alimentación e hidratación más higiénica.

Además, se programó una app encargada de medir el nivel del alimento seco y del agua en los depósitos, activando una alerta luminosa o sonora cuando el nivel de cualquiera de los dispensadores esté bajo. Esta característica permitió al propietario ser notificado de manera oportuna para realizar el llenado, evitando que la mascota se quedará sin alimento o agua.

En conjunto, esta configuración automatizada permitió evaluar la eficiencia operativa del dispensador en comparación con los métodos tradicionales de alimentación, que requieren acciones manuales frecuentes. Es decir, el dispensador fue diseñado para operar con un consumo energético mínimo, ya que los componentes electrónicos solo se activaron cuando se detectó la presencia del animal o se programó una hora específica de dispensado.



Fig.9 Programación de apertura y cierre de los dispensadores

En la imagen se observa la programación que controla el movimiento del motor, permitiendo que el sistema se abra y cierre el dispensador en los tiempos exactos configurados.



Fig. 10 Programación de la conexión mediante el móvil

En esta figura se muestra el código que habilita la comunicación entre el ESP32 y la aplicación móvil. Este modulo permite enviar comandos, monitorear el estado del dispensador.



Fig. 11 Vista de la aplicación móvil (Compatible con Android)

La imagen muestra la interfaz gráfica de la aplicación que permite al usuario controlar el dispensador, verificar el nivel del alimento, números de veces al día se va alimentar e hidratar y el horario.

3.3. Evaluación del impacto del dispensador automatizado en comparación de los dispensadores tradicionales

TABLA I
COMPARACIÓN DEL DISPENSADOR AUTOMATIZADO CON LOS TRADICIONALES

Aspecto	Dispensador Automatizado	Método Tradicional
Control de alimentación e hidratación	Dosificación precisa mediante servomotores y programación horaria.	Alimentación e hidratación manual sin control exacto de cantidad.
Higiene	Sin contacto físico directo con el alimento o agua.	Riesgo de contaminación al manipular manualmente los recipientes.
Eficiencia operativa	Automatiza el proceso y permite supervisión por app móvil.	Requiere la presencia constante del propietario.
Comodidad y monitoreo	Control por app y alerta cuando falta comida o agua.	Depende de la observación del usuario.

En la tabla anterior se muestra la comparación entre el dispensador automatizado con el tradicional como el control de la alimentación, higiene y la eficiencia operativa.

3.4. Análisis estadísticos mediante la prueba t de Student

Para el análisis de los datos obtenidos, se empleó la prueba t de Student para muestras relacionadas, debido a que se compararon mediciones del mismo proceso en dos condiciones: manual y automático.

Se estableció un nivel de significación de:

$$\alpha = 0.05$$

Para el cálculo del estadístico t se utilizó la siguiente expresión:

$$t = \frac{\bar{d}}{S_d \sqrt{n}}$$

Donde:

$\bar{d}$: promedio de las diferencias

S_d : desviación estándar de las diferencias

n : número de observaciones

3.4.1. Evaluación del impacto cuantificable para el tiempo de alimentación de la mascota.

TABLA II

BASE DE DATOS ESTIMADOS EN SEGUNDOS PARA EL DISPENSADOR DE ALIMENTO

PRUEBA	Manual	Dispensador automático	Diferencia
1	32	6	26
2	29	5	24
3	31	7	24
4	28	6	22
5	30	6	24
6	33	5	28
7	27	6	21
8	31	7	24
9	29	5	24
10	30	6	24
Total	300	59	241

Cálculo del promedio de diferencias:

$$\bar{d} = \frac{241}{10} = 24.1$$

Cálculo de la desviación estándar:

$$S_d = 1.9$$

Cálculo del estadístico t:

$$t = \frac{24.1}{\frac{1.9}{\sqrt{10}}} = \frac{24.1}{0.6008}$$

$$t = 40.11$$

Grados de libertad:

$$gl = n - 1 = 9$$

De acuerdo con la tabla de t Student [10] para el valor crítico es bilateral por lo que se considerará 0.025:

$$t_{critico} = 2.262$$

α r	0,25	0,2	0,15	0,1	0,05	0,025	0,01	0,005	0,0005
1	1,000	1,376	1,963	3,078	6,314	12,706	31,821	63,656	636,578
2	0,816	1,061	1,386	1,886	2,920	4,303	6,965	9,925	31,600
3	0,765	0,978	1,250	1,638	2,353	3,182	4,541	5,841	12,924
4	0,741	0,941	1,190	1,533	2,132	2,776	3,747	4,604	8,610
5	0,727	0,920	1,156	1,476	2,015	2,571	3,365	4,032	6,869
6	0,718	0,906	1,134	1,440	1,943	2,447	3,143	3,707	5,959
7	0,711	0,896	1,119	1,415	1,895	2,365	2,998	3,499	5,408
8	0,706	0,889	1,108	1,397	1,860	2,306	2,896	3,355	5,041
9	0,703	0,883	1,100	1,383	1,833	2,262	2,821	3,250	4,781
10	0,700	0,879	1,093	1,372	1,812	2,228	2,764	3,169	4,587
11	0,697	0,876	1,088	1,363	1,796	2,201	2,718	3,106	4,437
12	0,695	0,873	1,083	1,356	1,782	2,179	2,681	3,055	4,318
13	0,694	0,870	1,079	1,350	1,771	2,160	2,650	3,012	4,221
14	0,692	0,868	1,076	1,345	1,761	2,145	2,624	2,977	4,140
15	0,691	0,866	1,074	1,341	1,753	2,131	2,602	2,947	4,073
16	0,690	0,865	1,071	1,337	1,746	2,120	2,583	2,921	4,015
17	0,689	0,863	1,069	1,333	1,740	2,110	2,567	2,898	3,965
18	0,688	0,862	1,067	1,330	1,734	2,101	2,552	2,878	3,922
19	0,688	0,861	1,066	1,328	1,729	2,093	2,539	2,861	3,883
20	0,687	0,860	1,064	1,325	1,725	2,086	2,528	2,845	3,850
21	0,686	0,859	1,063	1,323	1,721	2,080	2,518	2,831	3,819
22	0,686	0,858	1,061	1,321	1,717	2,074	2,508	2,819	3,792
23	0,685	0,858	1,060	1,319	1,714	2,069	2,500	2,807	3,768
24	0,685	0,857	1,059	1,318	1,711	2,064	2,492	2,797	3,745
25	0,684	0,856	1,058	1,316	1,708	2,060	2,485	2,787	3,725
26	0,684	0,856	1,058	1,315	1,706	2,056	2,479	2,779	3,707
27	0,684	0,855	1,057	1,314	1,703	2,052	2,473	2,771	3,689
28	0,683	0,855	1,056	1,313	1,701	2,048	2,467	2,763	3,674
29	0,683	0,854	1,055	1,311	1,699	2,045	2,462	2,756	3,660
30	0,683	0,854	1,055	1,310	1,697	2,042	2,457	2,750	3,646
40	0,681	0,851	1,050	1,303	1,684	2,021	2,423	2,704	3,551
60	0,679	0,848	1,045	1,296	1,671	2,000	2,390	2,660	3,460
120	0,677	0,845	1,041	1,289	1,658	1,980	2,358	2,617	3,373
∞	0,674	0,842	1,036	1,282	1,645	1,960	2,326	2,576	3,290

Fig. 12 Tabla de prueba t Student

Al ser el valor de t calculado 40.11 mayor que el valor crítico 2.262, se rechaza la hipótesis nula, evidenciando una diferencia estadísticamente significativa y confirmado que el dispensador automático mejora la eficiencia del proceso.

TABLA III

COMPARACIÓN DEL TIEMPO DE ALIMENTACIÓN MANUAL VS DISPENSADOR DE ALIMENTO

Método de alimentación (10 sesiones)	Tiempo promedio (segundos)	Desv. Estándar	Tiempo comparativo
Manual	30 seg	1.83 seg	100 %
Dispensador automático	6 seg	0.74 seg	19.67 %
Reducción porcentual del tiempo			80.53%

El sistema automatizado reduce el tiempo de alimentación en un 80.33% frente al método manual, lo que evidencia una mejora significativa en la eficiencia operativa del proceso.

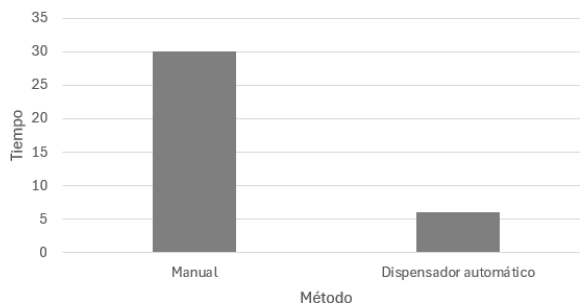


Fig. 12 Comparación del tiempo promedio de alimentación entre el método manual y el dispensador automático

En la figura se muestra la comparación del tiempo promedio requerido para la alimentación de mascotas utilizando el método manual y el dispensador automático. Se observa que el sistema automatizado reduce significativamente el tiempo de operación, pasando de 30 segundos en el método tradicional a cerca de 6 segundos, esta diferencia evidencia una mejora relevante en la eficiencia operativa del proceso de alimentación.

TABLA IV

BASE DE DATOS ESTIMADOS EN SEGUNDOS PARA EL DISPENSADOR DE AGUA

PRUEBA	Manual	Dispensador automático	Diferencia
1	21	5	16
2	19	4	15
3	20	6	14
4	22	5	17
5	18	5	13
6	21	4	17
7	19	6	13
8	20	5	15
9	22	5	17
10	18	5	13
Total	200	50	150

Cálculo del promedio de diferencias:

$$\bar{d} = \frac{150}{10} = 15$$

Cálculo de la desviación estándar:

$$S_d = 1.7$$

Cálculo del estadístico t:

$$t = \frac{15}{\frac{1.7}{\sqrt{10}}} = \frac{15}{0.5376}$$

$$t = 27.90$$

Grados de libertad:

$$gl = n - 1 = 9$$

De acuerdo con la tabla de t Student para el valor crítico es bilateral por lo que se considerará 0.025:

$$t_{\text{crítico}} = 2.262$$

Dado que el valor de t calculado 27.90 es mayor que el valor crítico 2.262, se evidencia una diferencia estadísticamente significativa en el tiempo de suministro de agua. En consecuencia, se rechaza la hipótesis nula.

TABLA V
COMPARACIÓN DEL TIEMPO DE SUMINISTRO DE AGUA MANUAL VS DISPENSADOR AUTOMÁTICO

Suministro de agua (10 sesiones)	Tiempo promedio (segundos)	Desv. Estándar	Tiempo comparativo
Manual	20 seg	1.49 seg	100%
Dispensador automático	5 seg	0.67 seg	25%
Reducción porcentual del tiempo			75%

El sistema automatizado reduce el tiempo de suministro de agua en un 75% frente al método manual, evidenciando una mejora significativa en la eficiencia del proceso.

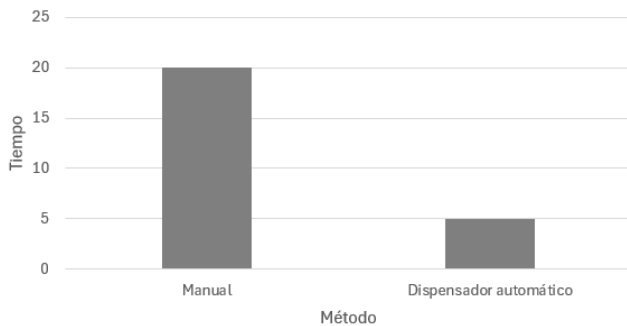


Fig. 12 Comparación del tiempo promedio de suministro de agua entre el método manual y el dispensador automático.

En el gráfico se compara el tiempo promedio de suministro de agua entre el método manual y el sistema automatizado. Los resultados indican que el dispensador automático logra reducir el tiempo de aproximadamente 20 segundos a 5 segundos, lo que representa una mejora significativa en la rapidez del proceso.

IV. DISCUSIÓN

En estudios previos alineados al desarrollo de un dispensador automático donde sus resultados destacan la relevancia de los sistemas automatizados en la optimización de procesos domésticos y en la promoción de entornos inteligentes controlados por dispositivos, donde la integración de estos permite al usuario monitorear y controlar remotamente, de una manera amigable mediante un dispositivo móvil a través de Internet. De acuerdo con las referencias 2 y 3, donde se sugiere contar con un mejor control del sistema para minimizar desperdicios y contaminación de la comida.

A diferencia de los métodos tradicionales de alimentación manual, el sistema propuesto demostró una mayor precisión en la dosificación y en la programación de horarios, garantizando así una rutina alimentaria más saludable y constante para las mascotas. Este hallazgo coincide con los resultados obtenidos en la investigación de prefactibilidad para la fabricación de dispensador de comida para mascotas automatizado desarrollado en una tesis de la Universidad San Ignacio de Loyola, donde los autores observaron que los dispositivos automatizados contribuyen a la reducción de errores humanos y mejoran la calidad de vida tanto de las mascotas como de sus dueños [5].

Del mismo modo, el empleo de herramientas de automatización permitió generar el llenado eficiente de los depósitos, evitando la escasez o el exceso de raciones. En este sentido, la automatización aportó eficiencia operativa y fiabilidad del sistema, similar a los beneficios observados en proyectos de automatización en otros contextos domésticos y hospitalarios [6]. La posibilidad de supervisar el dispositivo mediante una aplicación móvil representa un avance importante en la interacción entre usuario y máquina, reforzando el concepto de control remoto eficiente y sostenible.

Por otro lado, los dispensadores automatizados pueden adaptarse a la alimentación de otras especies como peces, donde la integración de sensores en sistemas automatizados mejora la eficiencia alimentaria, reduce pérdidas y permite un control más riguroso de los intervalos de alimentación [8].

Además, en el ámbito ganadero estos sistemas permiten optimizar el uso de recursos y garantizar el bienestar animal, al suministrar cantidades adecuadas de alimento y agua, de acuerdo a las necesidades de cada ser vivo [9].

Finalmente, la implementación de este tipo de tecnologías enfrenta desafíos relacionados con el costo inicial de los componentes, la necesidad de conocimientos técnicos para su programación y mantenimiento, así como la dependencia de la conectividad eléctrica o digital. Estas limitaciones podrían mitigarse mediante el uso de materiales de bajo costo, energías renovables y una interfaz más intuitiva que facilite la operación para el usuario promedio.

V. CONCLUSIONES

Se logró diseñar un prototipo de dispensador automático de alimento y agua para mascotas que integra un sistema eléctrico y de control basado en un microcontrolador ESP32, un motorreductor, una electroválvula y sensores. La configuración estructural y electrónica implementada permitió desarrollar un mecanismo estable y fiable, capaz de automatizar la dosificación con precisión y garantizar un funcionamiento continuo, lo cual representa una alternativa técnicamente sólida frente a los métodos tradicionales.

Los resultados evidenciaron una diferencia significativa entre el método manual y el sistema automatizado, reflejada en una reducción de los tiempos de operación. El tiempo promedio de alimentación se redujo de 30 a 6 segundos, equivalente al 19.67% del tiempo del método manual, mientras que el suministro de agua pasó de 20 a 5 segundos, equivalente al 25% del tiempo del método manual, lo que representa reducciones del 80.33% y 75%, respectivamente. Adicionalmente, el análisis estadístico mediante la prueba t de Student confirmó estas diferencias, permitiendo rechazar la hipótesis nula y aceptar la hipótesis alternativa.

Las pruebas funcionales demostraron un desempeño consistente del sistema, con adecuada respuesta de los componentes y consumo energético eficiente. La integración de una aplicación móvil permitió el monitoreo remoto, reduciendo la supervisión constante y mejorando la gestión del proceso. De este modo, el sistema automatizado presentó mejoras en regularidad, higiene y control del suministro frente al método tradicional, contribuyendo al bienestar animal y a la optimización del tiempo del propietario, lo que evidencia la contribución de la ingeniería eléctrica y la automatización en el desarrollo del dispensador.

REFERENCIAS

- [1] Association of American Feed Control Officials (AAFCO). *AAFCO methods for substantiating nutritional adequacy of dog and cat foods*. Appendix A. [En línea]. 2014. Disponible en: https://www.aaftco.org/wp-content/uploads/2023/01/Pet_Food_Report_2014_Annual-Appendix_A.pdf
- [2] Aguilar Álvarez, S. N. *Desarrollo de un prototipo para dispensar alimento y agua para mascotas con tecnología IOT monitoreado y controlado a través de un dispositivo móvil*. [En línea]. Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador, 2019. Disponible en: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/20590>
- [3] Ruiz Galindez, F., & Manzano Ledezma, K. *Desarrollo de dispensador de alimentos basado en IOT para gatos*. [En línea]. Corporación Universitaria Comfacaucá, Colombia, 2023. Disponible en: <https://repositorio.unicomfacaucá.edu.co/xmlui/handle/3000/354>
- [4] Sedano Granados, J. *Desarrollo de un dispensador automático de agua potable para consumo animal en un centro veterinario de la localidad de San Borja, Lima*. [En línea]. Universidad Tecnológica del Perú, 2024. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12867/9154>
- [5] Chang Pérez, C., Chávez Taffur, J., Chinga Torres, M., Fernández Galarza, J., & Miranda Rodríguez, M. *Investigación de pre factibilidad para la fabricación de dispensador de comida para mascotas automatizado*. [En línea]. Universidad San Ignacio de Loyola, 2018. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.14005/8501>
- [6] Silva-Abanto, R., Ccasa-Johanson, L., Centellas-Jáuregui, R., Llanos-Gallardo, K., Noriega-Leiva, M., & Silva-Martos, A. *Diseño y evaluación de un contenedor de basura automatizado para la gestión de residuos hospitalarios: Un enfoque en la reducción de riesgos de exposición a agentes infecciosos*. En 23rd LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education, and Technology: Engineering, Artificial Intelligence, and Sustainable Technologies in Service of Society pp. 1–9, 2025. Disponible en: <https://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2025.1.1.1227>
- [7] Otzen, T., & Manterola, C. *Técnicas de muestreo sobre una población a estudio*. *International Journal of Morphology*, 35(1), 227-232, 2017. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-95022017000100037>
- [8] Akbar Hutagalung, R., Fitri Yusuf, M., & Da Cunha Barreto, C. *An Overview of Smart Aquaculture: IoT-Based Domestication Strategies for the Channa Genus*. *Journal of Aquaculture Science*, 11(1), pp. 71-83, 2026. Disponible en: <https://doi.org/10.20473/joas.v11i1.86416>
- [9] Gürdil, G. A. K., Lüle, F., Pehlivanli, M. C., & Çetin, M. *Applications of smart agriculture tools for environmental control in animal houses*. *Adyutayam*, 12(2), 108-121, 2024. Disponible en: <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/4344005>
- [10] Fernández, P. *Tablas chi-cuadrado, t de Student y F*. [En línea]. Universidad Autónoma de Madrid, 2015. Disponible en: <https://matematicas.uam.es/~pablo.fernandez/Tablas-chi-t-F-IQ-14-15.pdf>