

Sistema automatizado de comida y suministro hídrico para mascotas pequeñas basado en tecnologías IoT

Juan Carlos Puentes Muñoz

Asesor

Juan Alejandro Chica

Universidad Nacional Abierta y Distancia UNAD

Escuela de Ciencias Básicas Tecnología e Ingeniería ECBTI

Ingeniería en Telecomunicaciones

2025

Juan Alejandro Chica

Nombre director de Trabajo de Grado

Jurado

Jurado

Dedicatoria

Dedico el presente trabajo al Dios todopoderoso, creador del universo, de lo visible e invisible porque con su luz, inteligencia y sabiduría me ha guiado para lograr este sueño en mi vida, A mis abuelos quienes ya no están en este plano, pero cuya sabiduría, amor y legado han dejado una huella imborrable en mi vida. A mis padres Mercy Muñoz y Constantino Puentes por su incondicional apoyo, sacrificios y por creer siempre en mí, ángeles que mi Dios me dio, para guiarme en mi paso por esta vida terrenal, a mi amada esposa Leonor Guerrero compañera fiel, abnegada, pilar fundamental y cuyo amor le permitió apoyar mi locuras, su paciencia me han sostenido y evito que desfalleciera en los momentos más difíciles, a cada uno de mis amados hijos, Juan Esteban, Nicolas y Jesús David Puentes Guerrero, personas que Dios me ha permitido criar, cuidar, educar, proteger y ayudar para que en lo posible cumplan sus sueños y transiten este mundo con amor, esperanza y sabiduría que les permita llegar a convertirse en faros para sus futuras familias o quien los rodeen.

Agradecimientos

Agradezco al Dios todopoderoso que me ha permitido llevar a buen puerto este momento de mi vida, a mi familia por la educación que me brindo, a mi esposa e hijos por su paciencia y apoyo.

Y profundamente a los maestros de la UNAD por su invaluable orientación y acompañamiento durante mi formación académica. En especial, expreso mi gratitud a los los jóvenes ingenieros

Juan Alejandro Chica y Ángel Alejandro Rodríguez, cuya experiencia y sabiduría fueron fundamentales para el desarrollo de este proyecto, ya que su dedicación y apoyo constante, inspiraron mi camino para alcanzar mis metas. Su compromiso en la enseñanza ha dejado huella

en mi vida ya que nunca es tarde para lograr nuestros sueños, han sido buenos compañeros en esta travesía a cada uno de los maestros e ingenieros de la Escuela de Ciencias Básicas,

Tecnología e Ingeniería. (ECBTI).

Resumen

El presente informe de investigación se realiza con el propósito de desarrollar un Sistema Automatizado de Comida y Suministro Hídrico para Mascotas pequeñas basado en tecnologías IoT “Internet de las Cosas”, para optar por el título de Ingeniero en Telecomunicaciones de la Universidad Nacional abierta y Distancia. El cual se referencia con el nombre de " PET CARE CONNECT " (Conexión para el cuidado de mascotas), abreviándose con las siglas “PCC”.

El sistema propuesto, incorpora materiales confiables, seguros y duraderos en su construcción, para garantizar la integridad y la longevidad del dispositivo, priorizando en la seguridad y el bienestar de las mascotas, demuestra su capacidad para simplificar la rutina de alimentación de las mascotas y mejorar la comodidad de los dueños. Estos hallazgos sugieren aplicaciones prometedoras en hogares con mascotas.

Es una solución práctica y eficiente y conveniente para dueños de mascotas, porque permite que estas reciban la cantidad adecuada de alimento en horarios adecuados preestablecidos por sus cuidadores, al igual que un correcto suministro hídrico. La importancia radica en atender las necesidades básicas del animal, contribuyendo significativamente a mejorar su salud y bienestar general.

Palabras clave: Automatización, IoT, monitorización, control, sensores, actuadores.

Abstract

The following research report is conducted with the purpose of developing an automated food and water supply system for small pets based on IoT technologies (Internet of Things), to qualify for the title of Telecommunications Engineer at the National Open and Distance University. This system is referred to as "PET CARE CONNECT," abbreviated as "PCC."

It is a practical, efficient, and convenient solution for pet owners, as it allows them to receive the right amount of food at appropriate times pre-established by their caregivers, as well as an adequate water supply. The importance lies in meeting the animal's basic needs, significantly contributing to improving its overall health and well-being.

The proposed system incorporates reliable, safe, and durable materials in its construction to ensure the integrity and longevity of the device, prioritizing the safety and well-being of pets. It demonstrates its ability to simplify the pet feeding routine and enhance the comfort of pet owners. These findings suggest promising applications in households with pets.

Keywords: Automation, IoT, monitoring, control, sensors, actuators.

Tabla de Contenido

Introducción	12
Justificación.....	13
Objetivos	15
Objetivo General.....	15
Objetivos Específicos	15
Marco Referencial	16
Dosificación de Alimento para Gatos	16
Estado del Arte	20
Estudios sobre dispositivos automáticos de comida.	20
Metodología	22
Diseño y Desarrollo del Sistema	22
Factor de conversión:	28
Configuración del Hardware	28
Diseño Eléctrico	33
Desarrollo Interfaz Gráfica de Usuario (GUI).....	39
Diseño Visual	39
Funcionalidades.....	40
Explicación del Código.....	40
Resultados	42
Placa PCB (Printed Circuit Board).....	44
Conexiones de los Módulos al ESP32.....	45
Caracterización de la celda de carga y el HX711 Agua	48

Mapa de Procesos	50
Conclusiones	52
Funcionalidad del Sistema	52
Sobre las Mascotas	52
Recomendaciones	51
Aspectos Técnicos	51
Referencias Bibliográficas.....	54

Lista de Tablas

Tabla 1 <i>Dispensaciones para concentrado</i>	17
Tabla 2 <i>Características celda de carga</i>	25
Tabla 3 <i>Protecciones electrónicas</i>	30
Tabla 4 <i>Conexiones, esp32, relé, hx711, servomotor, electrobomba</i>	32
Tabla 5 <i>Conexiones de los módulos a los pines de la ESP</i>	42
Tabla 6 <i>Calculo, factor de calibración comida</i>	43
Tabla 7 <i>Calculo, factor de calibración agua</i>	45

Lista de Figuras

Figura 1 <i>Tornillo sin fin</i>	18
Figura 2 <i>Banda transportadora</i>	18
Figura 3 <i>Disco giratorio</i>	19
Figura 4 <i>Tolvas vibratorias</i>	19
Figura 5 <i>Construcción de planos, dispositivo, tolva</i>	22
Figura 6 <i>Dosificadora de comida</i>	22
Figura 7 <i>Caja dosificadora vista real</i>	23
Figura 8 <i>Compuerta de la caja dosificadora</i>	23
Figura 9 <i>Pines de conexión del ESP32</i>	24
Figura 10 <i>Celda de carga montada para el proyecto</i>	25
Figura 11 <i>Cableado de las celdas de cargas</i>	26
Figura 12 <i>Diagrama esquemático conexiones celda</i>	26
Figura 13 <i>Display Oled SSD1306 128x64</i>	28
Figura 14 <i>Electrobomba de agua</i>	28
Figura 15 <i>Módulo de Relé</i>	29
Figura 16 <i>Servomotor MG995</i>	31
Figura 17 <i>Fuente de alimentación 750W</i>	31
Figura 18 <i>Esquemático de conexión del circuito (PCB)</i>	33
Figura 19 <i>Capa superior e inferior del circuito impreso (PCB)</i> ,.....	33
Figura 20 <i>Estructura para la colocación de los dispositivos</i>	34

Figura 21 <i>Tolva para la comida vista real</i>	35
Figura 22 <i>Dispositivo vista real</i>	35
Figura 23 <i>Interfaz gráfica en HTML5, CSS, JS</i>	36
Figura 24 <i>Volumen rectangular de la tolva</i>	39
Figura 25 <i>Volumen piramidal rectangular de la tolva</i>	39
Figura 26 <i>Tolva de la comida. vista lateral derecha e izquierda</i>	41
Figura 27 <i>Conexión de los módulos en el circuito impreso (PCB)</i>	41
Figura 28 <i>Pines de conexión para los diferentes módulos y puertos</i>	42
Figura 29 <i>Mapa de Procesos</i>	46

Introducción

A medida que más hogares incorporan felinos y mascotas pequeñas como miembros de la familia, se intensifican las preocupaciones en torno a su bienestar integral, incluyen aspectos importantes y relevantes que derivan en situaciones críticas de salud que repercute en cuidados médicos, emocionales y que requiere de una especial atención derivada de la falta de una alimentación adecuada.

Ante esta problemática, se plantea la necesidad de diseñar una solución que combine avances tecnológicos y científicos que simplifique procesos de alimentación e hidratación de las mascotas. Al implementar un sistema automatizado, fundamentado en tecnologías del Internet de las Cosas (IoT), permite a los propietarios monitorear y gestionar de manera remota el cuidado de sus animales, incluso en situaciones de ausencia física.

La integración de dispositivos inteligentes, plataformas de conectividad avanzada, busca garantizar el bienestar de las mascotas y proporcionar a sus dueños una herramienta confiable y eficiente que les permita asegurar el suministro adecuado de alimentos y agua en todo momento. "Este diseño basado en sensores de carga garantiza un control automatizado de la dosificación, optimizando la distribución de recursos mediante caracterización y calibración rigurosa de los módulos. La implementación asegura exactitud en las mediciones y permite ajustes dinámicos en el suministro según los requerimientos del sistema."

Esta innovación representa un avance significativo en el cuidado animal, ofrece una alternativa práctica y moderna que combina la precisión de la tecnología con la comodidad de la gestión remota, contribuyendo así a mejorar la calidad de vida tanto de las mascotas como de sus propietarios.

Justificación

El problema que se plantea es el no poder alimentar a mascotas y animales de compañía en horarios y proporciones adecuadas. Por falta de tiempo, olvido o movilidad limitada de quien los cuida, provocando enfermedades de sobrepeso o desnutrición, generando en cuestión problemas de salud y estrés de las mascotas. Los felinos y caninos son considerados miembros importantes de la familia y su número ha aumentado significativamente, lo que implica una mayor responsabilidad en su cuidado, la alimentación e hidratación son aspectos fundamentales para garantizar su bienestar.

La importancia de dar solución a este problema radica en mejorar la calidad de vida de los animales de compañía. Y alivia la carga de responsabilidad de sus tenedores, ya que muchos tienen jornadas laborales extensas y viajan con mucha frecuencia motivo que les impide estar en casa para alimentarlos.

En este contexto, emerge la tecnología como aliada clave para abordar e implementar soluciones innovadoras que permita una alimentación programada y controlada. Un sistema automático de comida para mascotas, representa una gran posibilidad para solucionar este problema ya que basados en tecnologías como el internet de las cosas (IoT). se pueden plantear desarrollos inteligentes que respondan a las necesidades actuales de estos dueños.

Este proyecto de investigación aplicado de ingeniería es pertinente en el ámbito académico y disciplinario, ya que involucra el desarrollo de tecnología que puede mejorar la vida de las personas y sus mascotas.

(Richter, 2019).“La nutrición adecuada es esencial para prevenir y manejar enfermedades crónicas en mascotas como enfermedades cardíacas, renales, hepáticas, metabólicas. Mantener una dieta saludable y equilibrada, fundamental para que la mascota permanezca en óptimas condiciones y prolongue su vida”.

(National Research Council, 2006). “Las mascotas tienen necesidades nutricionales e hídricas específicas que deben ser satisfechas, varían según la especie y la edad. El suministro de alimento adecuado es fundamental para su crecimiento, desarrollo y mantenimiento de una buena salud”.

Objetivos

Objetivo General

Desarrollar un sistema automatizado de comida y suministro hídrico para mascotas pequeñas basado en tecnologías IoT.

Objetivos Específicos

Diseñar y construir de un prototipo que suministre alimentación paletizado y suministro hídrico automáticamente.

Construir el hardware e implementar el software integrando tecnologías que cumplan con los criterios requeridos garantizando funcionalidad, confiabilidad, durabilidad y precisión.

Desarrollar una interfaz gráfica de usuario (GUI) intuitiva y accesible, que permita la conexión entre la interfaz y el dispositivo.

Presentar resultados obtenidos a partir de la implementación del sistema, demostrando su funcionalidad, eficacia, monitoreo remoto.

Marco Referencial

La revisión realizada a la literatura existente sobre dispositivos automáticos de alimentación para mascotas muestra una evolución bastante grande en los últimos años, a tal punto que la tecnología ha permitido la creación de dispositivos que ayudan a proporcionar una alimentación adecuada y oportuna a las mascotas.

(Mohan, 2020). “Esta tecnología incluye alimentadores por gravedad, automáticos programables y sistemas de alimentación inteligentes”.

(Espressif Systems, 2020). El sistema emplea un microcontrolador Tensilica Xtensa LX6 de doble núcleo, diseñado para procesar la información proveniente de sensores y controlar actuadores, destaca su capacidad de procesamiento eficiente y su compatibilidad con aplicaciones IoT, que permite integrar óptimamente tecnologías de conectividad remota.

Caracterizar el sistema de medición, determinando el offset (valor bruto sin carga) y el onset (valor bruto con carga) permite determinar el factor de calibración y correlacionar los conteos digitales del HX711 con pesos calibrados conocidos. Este proceso incluye la aplicación de cargas patron para establecer una relación lineal entre la salida digital (en bits) y la fuerza mecánica aplicada (en gramos o kilogramos). La calibración garantiza que las deformaciones detectadas por las celdas de carga, amplificadas y digitalizadas por el HX711, se traduzcan en valores de peso con una precisión del $\pm 0.5\%$ del fondo de escala.

El microcontrolador procesa la señal y determina si hay peso o no en la celda y si es hora de dispensar el alimento o el agua, y cuanta cantidad debe dispensar, envía la señal respectiva a cada gpio que conecta el servomotor o el relé. Estos se detienen cuando el peso llega a la cantidad programada.

Dosificación de Alimento para Gatos

La cantidad y la frecuencia en la comida depende de las características de cada tipo de gato como su edad, raza, nivel de actividad y estado de salud.

Tabla 1

Dispensaciones para concentrado

Edad	Gramos diarios según el peso del adulto			
	3kg	4kg	5kg	6kg
1-4 meses	25g	30-35g	40-45g	55g
4-7 meses	55g	60-65g	70-75g	80g
7-12meses	80g	85-90g	90-95g	100g
+12meses	55g	65g	75g	85g

Nota. Esta tabla muestra la edad, el peso, la cantidad de alimento por día. *Fuente.*

<https://www.expertoanimal.com/cuanto-come-un-gato-21839.html>

Mecanismos de Dosificación

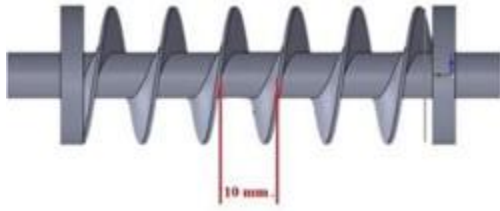
Los mecanismos de dosificación existentes actualmente son fundamentales ya que garantizan que la cantidad de alimento dispensado sea preciso.

Tipos de Mecanismos:

Tornillo sin fin. Este mecanismo utiliza un tornillo que gira dentro de un tubo, transportando el alimento de manera controlada. Es una opción popular debido a su precisión y capacidad para manejar diferentes tipos de alimento.

Figura 1

Tornillo sin fin

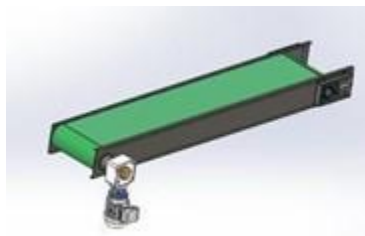


Fuente. <https://goo.su/Ix96Tu>

Cintas Transportadoras. Funcionan de manera similar a las cintas transportadoras industriales, pero a menor escala. Son ideales para alimentos grandes o con formas irregulares.

Figura 2

Banda transportadora



Fuente. <http://surl.li/fnwlfafa>

Discos Dosificadores. Estos discos tienen compartimentos individuales para cada porción de alimento.

Al girar, liberan la cantidad exacta de comida. Son precisos, pero pueden ser más complejos de fabricar.

Figura 3

Disco giratorio



Fuente. <http://surl.li/fnwlfa>

Tolvas Vibradoras o con Compuertas. El alimento fluya a través de una abertura. algunas usan vibraciones y otras compuertas, son simples, económicas, suelen ser menos precisas para alimentos pequeños.

Figura 4

Tolvas vibratorias.



Fuente. <https://acortar.link/rYCEGH>

Estado del Arte

El mercado actual a nivel mundial, cuenta con una gran cantidad de proyectos similares, en sistemas automatizados de comida para mascotas; dispositivos sencillos como el uso de gravedad o aquellos que implementan mecanismos modernos como sensores, módulos de electrónica etc. Obteniendo como consecuencia un mayor impacto y precisión en el proceso de la alimentar las mascotas, al igual que equipos mucho más robustos y mayor uso de tecnologías., que incluyen interfaces graficas como pantallas gráficas, táctiles o video llamada.

Estudios sobre Dispositivos Automáticos de Comida

“Diseño de un prototipo de dispensador automatizado de comida y agua para caninos” León Nicolás (2023). Este proyecto aborda el desarrollo de un dispensador automatizado de comida y agua para caninos basado en procesamiento de imágenes, el cual parte de una investigación y análisis sobre la cantidad de razas presentes en el mundo, almacenamiento y l procedimientos adecuados para el prototipo, se utiliza el procesamiento de imagen como mecanismo para programar que porción de alimento.

“Sistema de monitoreo y control mediante una red de sensores para alimentar a perros y gatos por medio de un acceso remoto(petfowa).”

Montaña Daniel (2021). Este proyecto aborda el desarrollo de un sistema de monitoreo y control basado en una red de sensores para alimentar perros y gatos, analizando enfermedades comunes asociadas a la mala alimentación, se diseñó una red de sensores para ser configurados con Arduino IDE, geolocalización en tiempo real, aplicación móvil en Node-Red que permite el monitoreo remoto de la alimentación y el estado del dispositivo.

“Dispensador de alimentos y agua con sistema de dosificación automático para mascotas”

Sánchez Josthyn, Solis Fabricio (2024) El proyecto consiste en el desarrollo de un

prototipo de dispensador automatizado de alimento y agua para perros, controlado por un sistema de balanzas y programado con Arduino UNO como núcleo operativo. El diseño permite su implementación domiciliar y cuenta con un esquemático para el despacho de comida y agua, incluyendo una interfaz web que facilita el control remoto mediante dispositivos móviles. La comida se dispensa a través de un sinfín activado por el usuario, mientras que el agua es gestionada por sensores de nivel.

Metodología

Este proyecto de investigación aborda la necesidad común en los hogares que tienen mascotas de garantizar una alimentación e hidratación adecuada incluso en ausencia prolongada de sus dueños. a partir de aquí se determina realizar un prototipo para alimentar e hidratar automáticamente a las mascotas como felinos o caninos pequeños.

Diseño Mecánico

Componentes principales a tener en cuenta como, mecanismos de dosificación, contenedores, estructura, etc.

Diseño de Hardware y Software

Requerimientos, funcionalidades, precisión, autonomía, conectividad, diseño de circuitos de pcb, selección de componentes, microcontroladores, sensores.

Interfaz Gráfica Web

Resultados. Diseño, cálculos contenedores de comida y agua, ventajas de la fabricación de la pcb. caracterización de las celdas de carga y hx711.

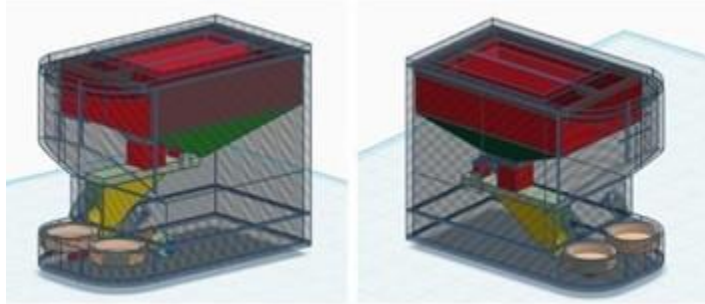
Diseño y Desarrollo del Sistema

Estructura

En este punto el uso de herramientas computacionales y tecnologías avanzadas, como Tinkercad, e impresoras 3D, etc. garantizan la construcción del prototipo. Siendo el diseño una etapa fundamental en el proceso de creación y desarrollo, permite detectar problemas, fallas o dificultades, mejorar ideas y reducir riesgos.

Figura 5

Construcción de planos, dispositivo, tolva.

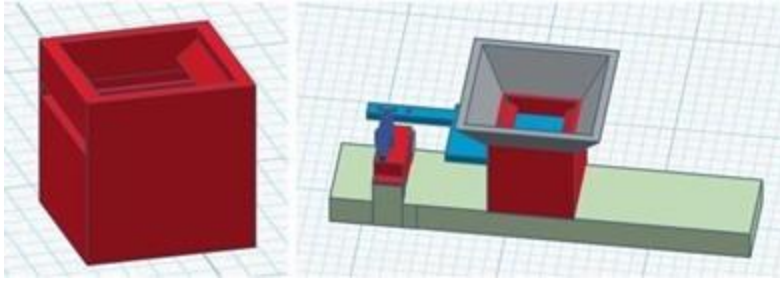


Fuente. Autoría propia.

En el capítulo 2, se hace alusión a las clases de mecanismos existentes, se selecciona el mecanismo de tolva y una caja con compuerta, accionada por medio de un servomotor la cual abre y cierra, la tolva para el ingreso de la comida, su facilidad de fabricación, resulta en un sistema de bajo costo para el desarrollo del prototipo. Permite una dosificación controlada de materiales peletizados o granulados, que permite procesos con relativa exactitud en la dosificación. Debido a su diseño modular y ajustable, el mecanismo es altamente versátil y puede adaptarse a una amplia gama de materiales y condiciones de trabajo.

Figura 6

Dosificadora de comida



Fuente. Autoría propia.

Figura 7

Caja dosificadora vista real



Fuente. Autoría propia.

Figura 8

Compuerta de la caja dosificadora



Fuente. Autoría propia.

Diseño Hardware

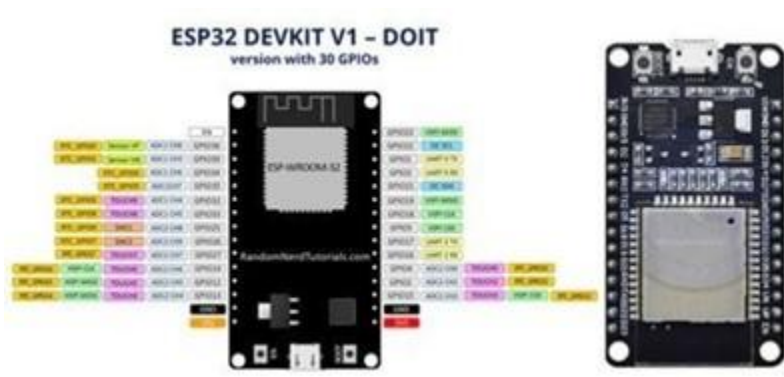
Componentes Electrónicos

Esp32 Devkit Doit V1. El ESP32 es un microcontrolador muy versátil y se utiliza en una

amplia variedad de proyectos de IoT, automatización, robótica. Desarrollado por la empresa Espressif Systems. proporciona bibliotecas y herramientas compatibles. Soporta una variedad de interfaces de comunicación. (IDE) de Arduino, PlatformIO (VS Code o como CLI), Espressif IDF (IoT Development Framework), Micro Python etc. Realiza múltiples tareas de forma simultánea, alta capacidad en el procesamiento de información, Procesador de doble núcleo y una generosa memoria RAM, idóneo para sistemas de control y monitoreo, supervisión detallada, capaz de manejar tareas complejas y procesar datos en tiempo real de manera eficiente.

Figura 9

Pines de conexión del ESP32



Fuente. Imagen tomada de <https://acortar.link/h0eFas>

Celdas de Carga. La celda de carga es un transductor que convierte una fuerza mecánica (Peso) en una señal eléctrica. Metal que se deforma ligeramente cuando se aplica una fuerza. Las galgas extensiométricas (Strain Gauges) son pequeños sensores adheridos al material elástico que miden la deformación. Se basa en el efecto piezorresistivo, que es la propiedad de algunos materiales de cambiar su resistencia eléctrica cuando se deforman.

Al colocar un peso sobre la celda de carga, el material elástico se deforma ligeramente. Esta deformación es proporcional a la fuerza aplicada (ley de Hooke).

Las galgas extensiométricas están hechas de un material conductor (como cobre o aleaciones metálicas) cuya resistencia eléctrica cambia cuando se estiran o comprimen.

Las galgas extensiométricas están conectadas a un circuito eléctrico llamado puente de Wheatstone, que detecta pequeños cambios en la resistencia.

Cuando la resistencia de las galgas cambia, el puente de Wheatstone genera una señal eléctrica (generalmente en milivoltios, mV) que es proporcional a la fuerza aplicada.

Doebelin (2003). “Las celdas de carga son transductores que convierten una fuerza aplicada en una señal eléctrica mediante el uso de galgas extensiométricas. Su funcionamiento se basa en el cambio de resistencia eléctrica debido a la deformación del material elástico, lo que permite medir pesos con alta precisión.”

Tabla 2

Características celda de carga.

Características Técnicas de una Celda		
Capacidad Nominal	Peso máximo que puede medir la celda de carga.	1 kg.
Sensibilidad	Señal de salida por voltio de excitación(mV/V).	2mV/V
Exactitud	Precisión de la medición expresada como porcentaje de la capacidad máxima.	±0.1%
Voltaje de Excitación	Voltaje requerido para alimentar la celda de carga.	5V
Rango de Temperatura	Intervalo de temperatura, para que funcione correctamente la celda.	-10°C A 40°C
Histéresis	Diferencia en la salida al aplicar o no una carga.	±0.2% del rango

		total
Resistencia de Entrada o Salida	Resistencia eléctrica de la galga al aplicar o no una carga	$350\Omega \pm 0.1\%$

Nota. Estos datos fueron tomados del datashett de celda de cargas. *Fuente:* <https://goo.su/3b619>

Figura 10

Celda de carga montada para el proyecto.



Fuente. Autoría Propia.

Figura 11

Cableado de las celdas de cargas

Load Cell	HX711	HX711	ESP32
Red (E+)	E+	GND	GND
Black (E-)	E-	DT	GPIO 32
White (A-)	A-	SCK	GPIO 11
Green (A+)	A+	VCC	5V

Load Cell	HX711	HX711	ESP32
Red (E+)	E+	GND	GND
Black (E-)	E-	DT	GPIO 12
White (A-)	A-	SCK	GPIO 14
Green (A+)	A+	VCC	5V

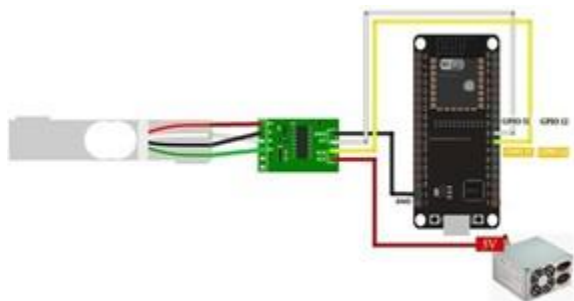
Fuente; Autoría propia.

Amplificador y Convertidor Analógico Digital HX711

La señal generada por la celda de carga es muy débil (en el orden de milivoltios), por lo que se utiliza un amplificador (como el HX711) para aumentar su amplitud. La señal amplificada se convierte en una señal digital mediante el convertidor analógico-digital (ADC) para que pueda ser procesada por el microcontrolador ESP32 o Arduino.

Figura 12

Diagrama esquemático conexiones celda



Fuente. Imagen tomada <https://goo.su/YUO0k73>

Calibrando o Caracterizando Nuestra Balanza

Para garantizar mediciones precisas en el sistema, es fundamental realizar un proceso de calibración, el cual consiste en determinar el factor de escala que relaciona la lectura digital de HX711 con un valor de peso real. Este factor varía según la instalación física, el peso máximo soportado y las características propias de cada celda.

La caracterización se realiza sin carga y con carga para obtener el factor de calibración. El cual es necesario para vincular la salida digital del HX711 (en conteos o bits) con unidades de peso (gramos, kg). Esto implica:

Offset: Valor digital del HX711 sin carga (ej.: 10,000 conteos).

Onset: Valor digital con carga conocida (ej.: 50,000 conteos para 1 kg).

Factor de Conversión

Ecuación 1: Definición del factor de calibración

$$[\text{Factor de Calibración} = \text{Onset} - \text{Offset Carga Aplicada}] \quad (1)$$

$$[\text{Factor de Calibración} = 50000 - 10000 / 1000 \text{ g} = 40 \text{ conteos}] \quad (2)$$

Configuración del Hardware

En la figura 11 se indica como se conectan las celdas de carga a las HX711 comida y agua, luego como se conectan las HX711 al microcontrolador ESP32.

En la figura 12 se muestra el diagrama esquemático de las conexiones de la celda de carga, la HX711, la ESP32 y la fuente de alimentación.

Display Pantalla OLED

Es un display compacto y de bajo consumo que utiliza tecnología OLED (diodos orgánicos emisores de luz) para mostrar información en una resolución de 128 píxeles de ancho por 64 píxeles de alto. Es controlada por el chip SSD1306, compatible con protocolos como I2C o SPI, lo que la hace ideal para proyectos con microcontroladores como Arduino o ESP32. Su alta calidad de contraste, diseño ligero y capacidad para mostrar texto, gráficos y animaciones.

Figura 13

Display Oled SSD1306 128x64



Fuente. Imagen Tomada <https://acortar.link/eOffsG>

Electrobombas

Una electrobomba es un dispositivo eléctrico compacto diseñado para mover líquidos, como agua, utilizando energía eléctrica. Funciona con una tensión de 5 o 12 voltios, lo que la hace ideal para proyectos con microcontroladores como Arduino o ESP32.

Figura 14

Electrobomba de agua.



Fuente. Imagen tomada <https://laelectronica.com.gt/bomba-de-diafragma-12v>

Módulo de Relé

El Relé actúa como un interruptor electromagnético controlado por un voltaje o señal de control de bajo nivel (como 5V). Cuando la bobina del relé es activada, se crea un campo magnético que atrae una palanca, cerrando así los contactos del relé y permitiendo que la corriente fluya a través del circuito. Tiene una capacidad de carga de hasta 10 amperios a 250V AC o 30V DC. Esto significa que puede controlar dispositivos que consuman hasta 10 amperios de corriente bajo voltaje de CA o 30 voltios bajo voltaje de CC. Tiene al menos dos pines adicionales para la conexión del dispositivo que se va a controlar (por ejemplo, los contactos COM, NC y NO).

Figura 15

Módulo de Relé



Fuente. Imagen Tomada <https://onx.la/e70a4>

Protecciones Necesarias para el Módulo de Relé y la Electrobomba

Diodo de Protección (Diodo de Retorno o Flyback)

Cuando una electrobomba se desactiva, la energía almacenada en su bobina genera un voltaje inverso (fem) que puede dañar el relé o el microcontrolador. Un diodo flyback en antiparalelo provee un camino de descarga seguro, evitando picos de hasta cientos de voltios.

Colocar un diodo de retorno 1N4007 en paralelo con la bobina del relé. El cátodo (lado con la franja) del diodo debe conectarse al VCC del relé. El ánodo (lado sin la franja) debe conectarse al pin IN del relé.

Fusible de Protección

Un fusible protege el circuito en caso de un cortocircuito o sobre corriente en la electrobomba. Se debe colocar un fusible en serie con la electrobomba y elegir un fusible con un valor ligeramente superior a la corriente nominal de la electrobomba (por ejemplo, si la bomba consume 2A, se puede usar un fusible de 2.5A o 3A).

Condensador de Desacoplamiento

Los picos de voltaje o ruido en la alimentación de 12V pueden afectar el funcionamiento del relé o la electrobomba. Se coloca un condensador electrolítico de 100 μ F) en paralelo con la alimentación de 12V, cerca de la electrobomba. Se añade también un condensador cerámico pequeño (por ejemplo, 0.1 μ F) en paralelo para filtrar ruido de alta frecuencia.

Tabla 3

Protecciones electrónicas.

Resumen de protecciones			
Protección	Componente	Ubicación	Función

Diodo de retorno	1N4007	En paralelo con la bobina del relé	Protege contra picos de voltaje generados por la bobina del relé.
Fusible	Fusible de 2.5A o 3A	En serie con la electrobomba	Protege contra cortocircuitos o sobrecorriente en la electrobomba.
Condensador de desacoplamiento	100 μ F y 0.1 μ F	En paralelo con la alimentación de 12V	Filtra ruido y estabiliza la alimentación de la electrobomba.
Condensador para ESP32	0.1 μ F	Entre 3.3V y GND de la ESP32	Filtra ruido en la alimentación de la ESP32.

Nota. Protecciones necesarias para proteger la esp32, y demás componentes electrónicos de la fem producidas por el magnetismo del relé y la electrobomba.

Servomotor

El servomotor es un dispositivo electromecánico que permite mover partes de una máquina con gran precisión y eficiencia. Funciona en conjunto con un sensor (conocido como encoder), el cual envía información constante sobre la velocidad y posición del motor. Esta retroalimentación permite realizar ajustes en tiempo real, asegurando que el servomotor alcance y mantenga la posición deseada sin desviaciones.

Figura 16

Servomotor MG995



Fuente. Imagen tomada <https://www.sigmaelectronica.net/producto/mg995/>

Diseño Eléctrico

Se utiliza una fuente de alimentación ATX 750W, que suministra el voltaje requerido para alimentar los diferentes componentes electrónicos del proyecto. Diseñadas para proporcionar voltajes estables y eficientes, +3.3V, +5V y +12V, mayor eficiencia energética, lo que significa que convierte más eficientemente la corriente eléctrica de la toma de corriente en energía utilizable para el sistema.

Figura 17

Fuente de alimentación 750W



Fuente. Imagen Tomada <https://onx.la/0266a>

Descripción de las Conexiones del Sistema a la Fuente ATX 750W

Se detalla en la siguiente tabla las conexiones eléctricas necesarias para cada componente:

Tabla 4

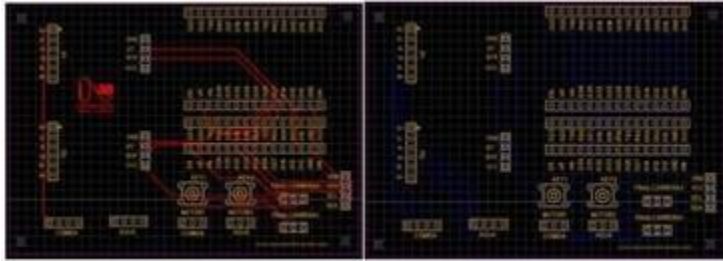
Conexiones, esp32, relé, hx711, servomotor, electrobomba.

Conexiones a la fuente de alimentación			
Componente	Pin conector	Conexión	Notas
ESP32	3 voltios	ATX (3.3 V o regulador de voltaje)	Alimentación de 3.3 voltios para la ESP32.
	GND	GND de la fuente ATX	Conexión a tierra común
SERVOMOTOR	Señal cable (amarillo/blanco)	GPIO 4 de la ESP32	Control del servo.
	Positivo (cable rojo).	5 voltios de la fuente	Alimentación de 5v, para el servo.
	Negativo (Cable Negro/Marrón).	GND de la esp32 o de la fuente.	Conexión a tierra común.
RELE	Positivo VCC	ATX (5 V o regulador de voltaje)	Alimentación de 5 voltios para el Relé.
	GND	GND de la fuente ATX o del ESP32	Conexión a tierra común
	Señal (IN)	GPIO 15 de la ESP32	Control del Relé.

HX711(COMIDA)	VCC	5 voltios de la fuente	Alimentación de 5v, para LA HX711.
	GND	GND de la esp32 o de la fuente.	Conexión a tierra común.
	DT (data)	GPIO 33 de la ESP32	Línea datos para la celda de carga de comida
	SCK(Reloj)	GPIO 32 de la ESP32	Línea reloj para la celda de carga de comida
HX711(AGUA)	VCC	5 voltios de la fuente	Alimentación de 5v, para LA HX711.
	GND	GND de la esp32 o de la fuente.	Conexión a tierra común.
	DT (data)	GPIO 12 de la ESP32	Línea datos para la celda de carga de agua.
	SCK(Reloj)	GPIO 14 de la ESP32	Línea reloj para la celda de carga de agua.
ELECTROBOMBA	Terminal 1	12 V+ de la fuente	Alimentación de la

Figura 19

Capa superior e inferior del circuito impreso (PCB).



Fuente. Autoría Propia

Materiales para la Estructura

De los diferentes tipos de materiales existentes para la construcción del prototipo, Se utilizan los siguientes:

PVC. (Policloruro de Vinilo) Es un material plástico muy común, es muy versátil y resistente a la tracción, al impacto, a la abrasión y a la intemperie. Se puede moldear en una amplia variedad de formas y productos.

Madera. Es un material resistente y duradero, capaz de soportar grandes cargas y resistir el paso del tiempo. Se puede trabajar fácilmente con herramientas manuales y mecánicas, permitiendo una gran variedad de diseños y aplicaciones.

La figura 20. marca el inicio de la implementación del sistema, el cual se compone de la una estructura primaria que alberga los componentes esenciales. Incorpora una tolva de almacenamiento encargada de suministrar el alimento, por medio de un mecanismo de dosificación el cual administra la comida en un plato receptor y el agua mediante la utilización de una electrobomba de 12 voltios.

Figura 20

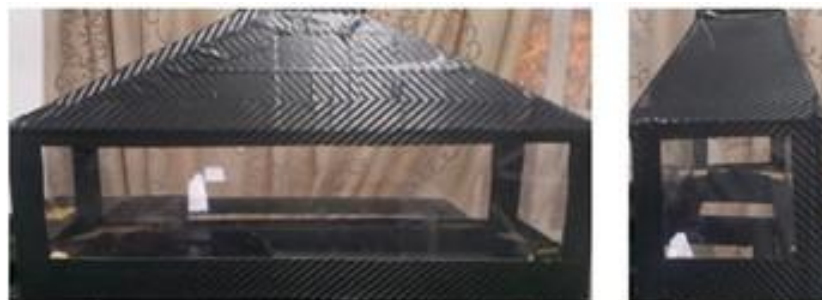
Estructura para la colocación de los dispositivos



Fuente. Autoría Propia.

Figura 21

Tolva para la comida vista real.



Fuente. Autoría Propia

Figura 22

Dispositivo vista real



Fuente. Autoría propia.

Desarrollo Interfaz Gráfica de Usuario (GUI)

La interfaz gráfica "Pet Care Connect", fue diseñada para controlar y monitorear el Sistema Automatizado de Comida y Suministro Hídrico para Mascotas Pequeñas. Permite al usuario configurar horarios de alimentación, establecer niveles mínimos de comida, agua, monitorear el estado del dispositivo.

Figura 23

Interfaz gráfica en HTML5, CSS, JS.



Fuente. Autoría Propia.

Estructura General de la interfaz

HTML5 para la estructura.

CSS3 para el diseño y disposición visual.

JavaScript para la interacción dinámica y comunicación con el backend.

Diseño Visual

Esquema de Colores

Negro (#000000). Dorado (#D4AF37). Verde (#046A38).

Tipografía

'Helvetica Neue', Fuente principal, conocida por su legibilidad y modernidad.

Responsividad: Media queries para adaptarse a diferentes tamaños de pantalla (mobile-first).

Funcionalidades

Panel de Comida

Permite programar tres comidas diarias (desayuno, almuerzo y cena)

Para cada comida:

Hora exacta (input tipo time)

Cantidad en gramos (input tipo number).

Botón para guardar la programación

Panel de Agua

Permite configurar la cantidad deseada de agua (en

gramos) Botón para guardar la configuración

Explicación del Código

Este código está diseñado para controlar un servomotor y una electrobomba por medio de un sensor de peso respectivamente, para dispensar comida y agua automáticamente para mascotas, según sean programadas las cantidades y horarios.

Inclusión de Bibliotecas

El código incluye varias bibliotecas necesarias para el funcionamiento del sistema:

ESP32Servo.h: Controla el servo motor.

HX711.h: Lee datos de una celda de carga (para medir el peso). WiFi.h: Conecta a una

red Wi-Fi.

WebServer.h: Crea un servidor web en el ESP32. ArduinoJson.h: Maneja datos en formato JSON. Wire.h: Comunicación I2C.

Adafruit_GFX.h y Adafruit_SSD1306.h: Controla una pantalla OLED. time.h: Maneja el tiempo.

EEPROM.h: Almacena datos en la memoria no volátil del ESP32.

NTP.h: sincroniza relojes mediante el intercambio de marcas de tiempo entre servidores y clientes, utilizando UDP en el puerto 123.

Separación de Núcleos en el ESP32

Core 0: Utilizado para tareas de bajo nivel. Maneja el dispensador de agua (taskAgua).

Core1: Utilizado para tareas de mayor nivel o relacionadas con la interacción del usuario. Maneja el dispensador de comida (taskComida).

Beneficios de Separar las Tareas por Núcleos. Cada núcleo ejecuta una tarea independiente sin interferir con la otra. Reduciendo el tiempo de espera y eficiencia del sistema.

No afecta al funcionamiento de una tarea si requiere mucho tiempo para completarse ya que cada núcleo trabaja de forma independiente.

Múltiples tareas simultáneamente no sobrecargar un solo núcleo. Especialmente útil, cuando se requieren lecturas frecuentes o respuestas rápidas de sensores y actuadores.

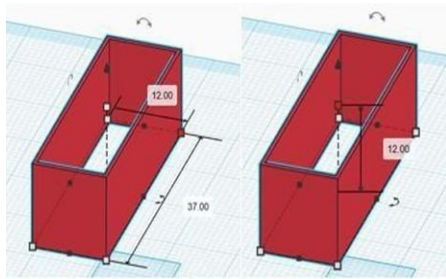
Resultados

Resultado del Diseño y Construcción del Contenedor

Se obtienen las siguientes medidas y se realiza el cálculo de volumen del contenedor:

Figura 24

Volumen rectangular de la tolva



Fuente. Autoría Propia

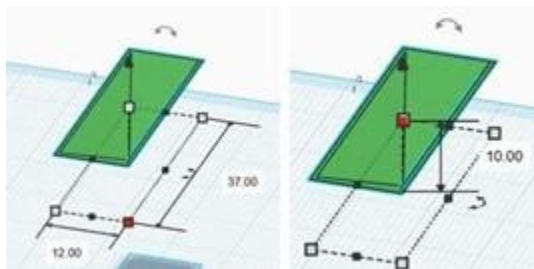
$$[V_r = a * b * h] \quad (3)$$

$$[V_r = 37\text{cm} * 12\text{cm} * 12\text{cm}] \quad (4)$$

$$[V_r = 5328 \text{ cm}^3] \quad (5)$$

Figura 25

Volumen piramidal rectangular de la tolva



Fuente. Autoría Propia.

$$[V_{pr} = l * l * l/3] \quad (6)$$

$$[V_{pr} = 37 * 12 * 10/3] \quad (7)$$

$$[V_{pr} = 1480 \text{ cm}^3] \quad (8)$$

Volumen total del contenedor:

$$[V_{total} = V_r * V_{pr}] \quad (9)$$

$$[V_{total} = 5328 + 1480 = 6808 \text{ cm}^3] \quad (10)$$

La densidad del concentrado para gatos puede variar dependiendo de la marca y la composición específica del alimento. En general, la densidad promedio del concentrado para gatos suele estar en el rango de 0.42 a 0.8 g/cm^3 , gramos por centímetro cúbico. Con este dato se puede calcular la cantidad de masa que se puede almacenar en el contenedor de comida.

Dónde:

$$[m = \text{masa}]$$

$$[\rho = \text{densidad}]$$

$$[V = \text{volumen}]$$

$$[m = \rho * V = 0.6 \text{ g/cm}^3 * 6808 \text{ cm}^3] \quad (11)$$

$$[m = 4084 \text{ gramos}] \quad (12)$$

$$[m = 4.084 \text{ Kilogramos}] \quad (13)$$

En el caso de la densidad del agua es de 1 g/cm^3

$$[m = \rho * V = 1 \text{ g/cm}^3 * 6808 \text{ cm}^3] \quad (14)$$

$$[m = 6808 \text{ gramos}] \quad (15)$$

$$[m = 6.808 \text{ Kilogramos}] \quad (16)$$

Por lo tanto, para convertir de cm^3 a litros, dividimos el volumen en cm^3 entre 1000:

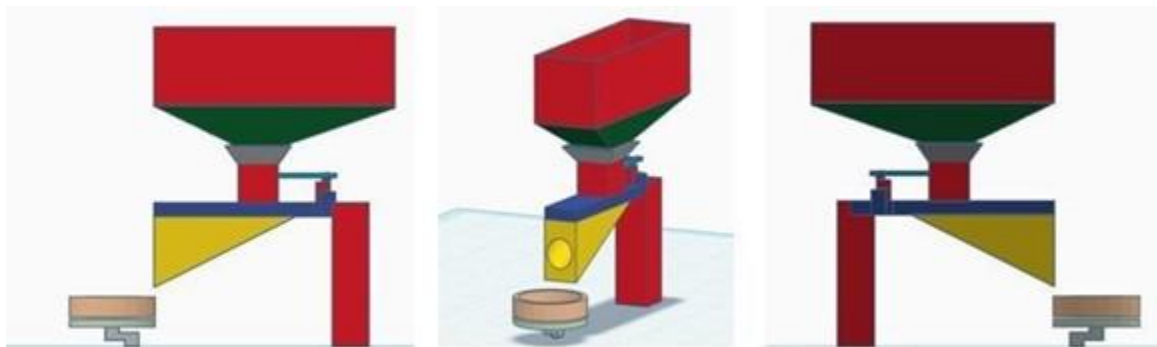
$$[\text{Volmen en litros} = \text{Volumen en cm}^3 / 1000] \quad (17)$$

$$[\text{VI} = 6808 \text{ cm}^3 / 1000] \quad (18)$$

$$[\text{VI} = 6.808 \text{ litros}] \quad (19)$$

Figura 26

Tolva de la comida. vista lateral derecha e izquierda



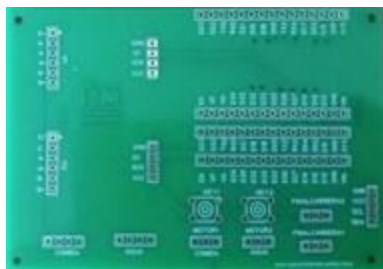
Fuente. Autoría Propia.

Placa PCB (Printed Circuit Board)

Como resultado de diseñar y enviar a fabricar una PCB. Se Obtienen múltiples beneficios, mayor conectividad, mejor funcionalidad, optimización del espacio, rendimiento eléctrico, eficiencia, reproducibilidad, reducción de errores, ahorro de costos a largo plazo, profesionalismo, escalabilidad y su posible comercialización.

Figura 27

Conexión de los módulos en el circuito impreso (PCB).



Fuente. Autoría Propia.

Lo primero que se realiza en la PCB. Es soldar los pines header hembra, ya que facilita el proceso de conexión de los módulos y permite poder extraerlos según se requieran.

Figura 28

Pines de conexión para los diferentes módulos y puertos



Fuente. Autoría Propia.

Conexiones de los Módulos al ESP32

Tabla 5

Conexiones de los módulos a los pines de la ESP

Esp32	
GPIO33	DT (HX711 Comida)
GPIO32	SCK (HX711 Comida)
GPIO12	DT (HX711 Agua)
GPIO14	SCK (HX711 Agua)

GPIO4	Señal Servomotor
GPIO15	Control Relé
VIN	VCC (HX711, Servomotor, Relé)
GND	GND (HX711, Servomotor, Relé)

Nota. En esta tabla se observa las conexiones realizadas desde los diferentes módulos a la esp32.

Fuente. Autoría propia.

Resultados de caracterizar las celdas de carga y las HX711

Caracterización celda de carga y HX711 Comida

Paso 1: Cálculo de los valores brutos offset y onset. El proceso incluye:

Valores brutos sin offset. se tomó 100 valores para mayor precisión.

$$\text{sinoffset} = (478352 + 478301 + 478290 + [\dots]) (\text{Total: 100 números}) / 100 \quad (20)$$

$$\text{sinoffset} = (47830541) / 100 = 478305.41 \quad (21)$$

Se aplica una carga conocida.

Masa de referencia conocida sobre la celda de carga, en este caso se usan 500 gramos, pero también se pueden usar otros valores de referencia, 100,200, etc para mayor precisión.

Valores brutos con offset. 100 medidas para mayor precisión.

$$\text{Valor con Offset 500 g} = \frac{1087411 + 1087341 + [\dots] (\text{Total: 100 números})}{100} \quad (22)$$

$$\text{Valor con Offset 500g} = \frac{108,730,043}{100} = 1087300.43 \quad (23)$$

Paso 2: Cálculo del factor de calibración según la formula (1) página 27, se calcula como:

$$[\text{Factor de Calibración} = 1087300.43 - 478305.41 / 500 \text{ g}] \quad (24)$$

$$[\text{Factor de Calibración} = 1217.99] \quad (25)$$

Tabla 6*Calculo, factor de calibración*

Peso conocido(g)	Valor Bruto Promedio	Calculo Factor de Calibración	Resultado Factor de Calibración
100	594722.68	$(594722.68-478305.41)/100$	1164.17
200	712003.74	$(712003.74-478305.41) /200$	1168.49
500	1087300.43	$(1087300.43-478305.41) /500$	1217.99

Nota. Se toma 100 valores offset, 100 valores con tres masas de referencia 100,200 y 500

gramos, se saca el promedio de cada uno y con estos valores se realiza el cálculo para obtener el factor de calibración de la celda de carga por medio de la HX711. solo se muestra el calculo con masa de 500 g. Fuente. Autoría propia.

Paso 3: Análisis Estadístico

Calculamos el promedio de los factores de calibración obtenidos:

$$[\text{Factor de Calibración promedio} = 1164.17 + 1168.49 + 1217.99/3] \quad (26)$$

$$[\text{Factor de Calibración promedio} = 3550.65/3 = 1183.55] \quad (27)$$

Paso 4: Fórmula para convertir valores brutos a gramos

Una vez tenemos el factor de calibración, podemos calcular el peso en gramos usando la siguiente fórmula:

$$[\text{Peso(g)} = \text{Valor Bruto- offset} / \text{Factor de Calibracion}] \quad (28)$$

El HX711 devuelve un valor bruto sin carga offset cercano a 478305.41

Con 100g de carga, devuelve un valor bruto cercano a 594722.68.

$$[\text{Peso(g)} = 594722.68 - 478305.41/1164.17 = 100 \text{ g}] \quad (29)$$

Con 200g de carga, devuelve un valor bruto cercano a 712003.74.

$$\begin{aligned} [\text{Peso(g)} &= 712003.74 - 478305.41/1168.49 \\ &= 200 \text{ g}] \end{aligned} \quad (30)$$

Con 500g de carga, devuelve un valor bruto cercano a 1087300.43

$$\begin{aligned} [\text{Peso(g)} &= 1087300.43 - 478305.41/1217.99 \\ &= 500 \text{ g}] \end{aligned} \quad (31)$$

Caracterización de la Celda de Carga y el HX711 Agua

Paso 1: Cálculo de los valores brutos offset y onset

El proceso incluye realizar los mismos pasos anteriormente descritos. Valores brutos sin offset se tomó 100 valores para mayor precisión.

sin offset = 314133.56

Valores brutos con offset

Valor con carga 100 g = 374133.56

Valor con carga 200 g = 448049.84

Valor con carga 500 g = 697379.26

Paso 2: Cálculo del factor de calibración.

$$[\text{Factor de Calibración} = 697379.26 - 314133.56/500 \text{ g}] \quad (32)$$

$$[\text{Factor de Calibración} = 696.750] \quad (33)$$

Tabla 7

Calculo, factor de calibración para cada peso, HX711Agua

Peso conocido(g)	Valor Bruto Promedio	Calculo Factor de Calibración	Resultado Factor de Calibración
100	374133.56	$(374133.56 - 314133.56) / 100$	599.44
200	448049.84	$(448049.84 - 314133.56) / 200$	669.58
500	697379.26	$(697379.26 - 314133.56) / 500$	766.49

Nota: Se realiza el mismo cálculo realizado anteriormente en la tabla. *Fuente.* Autoría propia.

Paso 3: Análisis Estadístico

Calculamos el promedio de los factores de calibración obtenidos:

$$[\text{Factor de Calibración promedio} = 599.44 + 669.58 + 766.49 / 3] \quad (34)$$

$$[\text{Factor de Calibración promedio} = 2035.51 / 3 = 678.50] \quad (35)$$

Paso 4: Fórmula para convertir valores brutos a gramos

Una vez tenemos el factor de calibración, podemos calcular el peso en gramos como hicimos anteriormente usando la siguiente fórmula:

El HX711 Con 100g de carga, devuelve un valor bruto cercano a 374133.56

$$[\text{Peso(g)} = 374133.56 - 314133.56 / 599.44 = 100 \text{ g}] \quad (36)$$

Con 200g de carga, devuelve un valor bruto cercano a 448049.84

$$[\text{Peso(g)} = 448049.84 - 314133.56 / 669.58 = 200 \text{ g}] \quad (37)$$

Con 500g de carga, devuelve un valor bruto cercano a 697379.26

$$[\text{Peso(g)} = 697379.26 - 314133.56 / 766.49 = 500 \text{ g}] \quad (38)$$

Mapa de Procesos

Figura 29

Mapa de Procesos



Fuente. Autoría Propia.

Recomendaciones

Aspectos Técnicos

Dispensación Precisa

Se debe realiza una calibración de los sensores HX711. Ya que esta calibración permite que las cantidades dispensadas sean lo más precisas posibles.

El dispensador de comida pueda regular porciones pequeñas (ideal para gatos y mascotas pequeñas).

El agua fluye sin obstrucciones y evita que se derrame según la programación establecida.

Los sistemas eléctricos y electrónicos se protegen, herméticamente para evitar que se mojen y haya daños en el sistema.

Backup de energía: batería de respaldo (como una batería recargable de litio) garantiza que el sistema funcione durante cortes de energía. Especialmente útil para evitar interrupciones en la alimentación y que las mascotas se queden sin alimentación e hidratación, al igual que evita una desconfiguración en la programación.

Conclusiones

Funcionalidad del Sistema

Se crea un dispensador automático de comida y agua ergonómico para la comodidad de la mascota, que integra sensores de carga, amplificadores y actuadores.

Se diseña y fabrica un hardware modular que permite realizar futuras actualizaciones o ampliaciones, como la inclusión de nuevos sensores.

El software presenta una interfaz de usuario intuitiva. Con una configuración de programación y monitorización diaria fácil de usar.

Se usa la función de multitareas para el manejo de procesos en tiempo real del ESP32.

Permite personalizar horarios, cantidades de comida y agua según las necesidades específicas de la mascota.

Retiene datos incluso, cuando se apaga la alimentación o se reinicie el dispositivo.

Guarda y garantiza que las configuraciones de los usuarios, no se pierdan.

El uso de componentes como servomotores y sensores de peso (HX711) asegura que las cantidades programadas sean distribuidas de manera precisa, evitando sobrealimentación o subalimentación.

Sobre las Mascotas

El dispositivo asegura que las mascotas reciban sus comidas a tiempo y en las cantidades adecuadas, lo que contribuye a una dieta saludable y previene problemas como la obesidad o la desnutrición.

Se concluye que la nutrición adecuada es fundamental para el desarrollo físico, mental y emocional de las mascotas, una dieta equilibrada contribuye a su salud general y previene enfermedades.

Las mascotas pueden disfrutar de una mayor autonomía al recibir su comida automáticamente, lo que es especialmente útil en hogares donde los dueños tienen horarios ocupados o viajan con frecuencia.

Capacidad de controlar y monitorear el dispositivo desde cualquier lugar proporciona tranquilidad a los dueños, especialmente cuando están fuera de casa.

Los dueños pueden ajustar fácilmente los horarios y cantidades de comida según las necesidades específicas de su mascota, como edad, tamaño o condición médica.

Aunque la inversión inicial puede ser significativa, el dispositivo ahorra dinero a largo plazo al reducir el desperdicio de comida y mejorar la salud de la mascota, disminuyendo los costos veterinarios.

Referencias Bibliográficas

- Acosta, S. (2019). Cuestiones prácticas para el planteamiento del problema en un proyecto de investigación. [OVA].
- Autodesk, Inc. (n.d.). Tinkercad [Software]. Recuperado el 10 de noviembre de 2022, de <https://www.tinkercad.com>
- Bilbao Sainz, C. L. (2021). Environmental factors affecting pet food intake and digestion. *Animal Nutrition*, 7(1), 1-8.
- Bitwise Ar. (2017, 12 de febrero.). Arduino desde cero en Español - Capítulo 1 – Introducción Arduino e inicio del Curso, <https://www.youtube.com/@BitwiseAr>
- Bitwise Ar. (2017, 12 de febrero.). Arduino desde cero en Español - Capítulo 78 - Balanza con Celda de Carga y HX711. <https://www.youtube.com/watch?v=Z01gjTLE5eE&t=325s>
- Brooks, H. R. (2020). El poder del apoyo de los animales de compañía para las personas que viven con problemas de salud mental.
- Doebelin, E. O. (2003). *Measurement Systems: Application and Design* (5th ed.). McGraw-Hill Education.
- EasyEDA Team. (n.d.). EasyEDA [Software]. Recuperado el 5 de septiembre de 2024, de <https://easyeda.com>
- Espressif Systems. (2020). ESP32 Technical Reference Manual. https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32_technical_reference_manual_en.pdf
- Fogle, B. (2019). *National Geographic Complete Guide to Pet Health, Behavior, and Happiness: The Veterinarian's Approach to At-Home Animal Care*. National Geographic Society.
- García, P. [Profe García]. (2024, 07 de octubre). Cuanto Pesan las cosas del Mundo usando una

- galga y Arduino. [Video]. <https://www.youtube.com/watch?v=fqVCUGRQPE4>
- García, P. [Profe García]. (2024, 11 de mayo). Comedero y Bebedero Automatizado por Internet para animales [Video]. <https://www.youtube.com/watch?v=I5gg1VqX2v0>
- Garzón Agudelo, D. M.-J. (2019). Formulación y evaluación de proyectos de ingeniería. . UPTC. (pp.7-11).
- German, A. J. (2023). Royal Canin de Small Animal Medicine. Universidad de Liverpool, Reino Unido: <https://www.royalcanin.com/co/cats/weight-management>
- González, V. (2018). Formulación de la pregunta de investigación. [OVI].
- JLCPCB. (n.d.). [Servicio de fabricación de PCBs]. Recuperado el 10 de noviembre de 2023, de <https://jlcpcb.com>
- Kumar, S. y. (2020). Desing and development of an automatic feeding system for small petes using internet of things (IoT).
- Laflamme, D. P. (2014). Nutrition for aging cats and dogs and the importance of body condition. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice* , 44(2), 221-240.
- Lancheros-Cuesta, D. J.-C. (2015). Sistema dosificador de solidos para Alimnetacion de perros con Modulo de comunicacion Remoto.
- León Nicolás (2023). Dispensador automatizado de comida y agua para caninos <https://repository.unipiloto.edu.co/handle/20.500.12277/12932>
- Mohan, A. (2020). Design and Implementation of Automated Pet Feeder. *International Journal of Advanced Science and Technology*,
- Montaña Daniel (2021). “Sistema de monitoreo y control mediante una red de sensores para alimentar a perros y gatos por medio de un acceso remoto(petfowa).” <http://repository.unipiloto.edu.co/handle/20.500.12277/11616>

Naylamp Mechatronics. (2019). Módulo HX711: Transmisor para Celda de Carga.

<https://naylampmechatronics.com/sensores/147-modulo-hx711-transmisor-de-celda-de-carga.html> 3.

Pérez, L. P. (2020). Metodología de la investigación científica. Maipue (pp.35-58).

Random Nerd Tutorials. (n.d.). Getting started with ESP32 . Recuperado el 10 de noviembre de 2023, de <https://randomnerdtutorials.com/getting-started-with-esp32/>

Ritcher, G. (2019). "The Complete Guide to Pet Health, Behavior, and Happiness: The Veterinarian's Approach to At-Home Animal Care".

Sánchez Josthyn , Solis Fabricio(2024) “Dispensador de alimentos y agua con sistema de dosificación automático para mascotas”

<https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/28067>