

Universidad Autónoma del Caribe

Facultad de Ingeniería

Programa de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones



Desarrollo de un sistema automatizado de bajo costo basado en lenguaje micropython para el suministro de alimento y bebida para el galpón de la granja avícola ubicada en calle 110 # 38- 700 en la ciudad de Barranquilla.

Jennifer Carreño Diaz

Jésus David Sepulveda Donado

Colombia, Barranquilla

2021

Desarrollo de un sistema automatizado de bajo costo basado en lenguaje micropython para el suministro de alimento y bebida para el galpón de la granja avícola ubicada en calle 110 # 38- 700 en la ciudad de Barranquilla.

Jennifer Carreño Diaz

Jésus David Sepulveda Donado

Trabajo de grado presentado para optar el título de Ingeniero Electrónico y en Telecomunicaciones

Director

Saling pallares

Co-Director

Evert Delosrios

Universidad Autónoma del Caribe

Facultad de Ingeniería

Programa de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones

Colombia, Barranquilla

2021

Resumen

En este trabajo de titulación contienen información detallada de la construcción, desarrollo, e implementación de un sistema de control para la granja ubicada en calle 110 # 38- 700 en la ciudad de Barranquilla. Este sistema de control fue diseñado para ayudar a un pequeño productor a optimizar los procesos y mejorar la calidad de vida de las aves (pollos de engorde), ya que en la granja se observa que las condiciones en las que se encontraban estas no eran las mejores, debido a que las altas temperaturas y la falta de ventilación causaban la muerte de varias aves.

El sistema de control consiste en un sistema embebido, el cual se encuentra controlando las variables de temperatura relativa, humedad relativa, dosificación de agua, dosificación de alimentos, iluminación y además se le adapto una báscula para obtener el peso de los animales a través de una de las opciones del menú del control.

Tras haber implementado el sistema se logró, primero tener menor pérdida de alimento y bebida de los pollos de engorde, segundo disminuir la cantidad de tiempo invertido para la crianza adecuada de los pollos de engorde y tercero el bajo costo de la implementación de este sistema.

Palabras claves: Sistema de control, granjas avícolas, optimizar, sistema embebido, temperatura relativa, humedad relativa, dosificación, iluminación.

Abstract

This titling work contains detailed information on the construction, development, and implementation of a control system for poultry farms. This control system was designed to help small and medium producers to optimize processes and improve the quality of life of the animals. The control system consists of an embedded system, which is controlling the variables of relative temperature, relative humidity, water dosage, food dosage, lighting and a scale has also been adapted to obtain the weight of the animals through a control menu options.

After having implemented the system, it was achieved, firstly, to have less loss of food and drink from the broilers, secondly, to reduce the amount of time invested for the adequate rearing of the broilers and thirdly, the low cost of the implementation of this system.

Keyword's: Control system, poultry farms, optimize, embedded system, relative temperature, relative humidity, dosage, lighting.

Nota de Aceptación

Presidente del Jurado

Jurado

Jurado

Barranquilla, 3 de octubre de 2021

Dedicatoria

Este logro va dedicado especialmente a nuestros padres, familiares y quienes nos apoyaron y confiaron en nosotros en todo momento desde el primer día de nuestro proceso universitario hasta el último día.

Agradecimientos

Queremos agradecer primero que todo a Dios por permitirnos culminar este gran logro en nuestras vidas con salud en estos momentos de pandemia.

A todos y cada uno de los maestros que hicieron parte y aportaron un granito de arena en nuestra formación profesional y por último y no menos importante a nuestros compañeros que de una u otra forma nos apoyaron en todo momento.

Contenido

| | |
|--|-----|
| Resumen..... | III |
| Abstract..... | IV |
| Introducción | 1 |
| 1. Descripción del Proyecto..... | 2 |
| 1.1. Planteamiento del Problema | 2 |
| 1.2. Formulación del Problema..... | 3 |
| 1.3. Impacto Esperado..... | 3 |
| 1.4. Usuarios Directos e Indirectos | 3 |
| 1.5. Objetivos | 4 |
| 1.6. Objetivo General..... | 4 |
| 1.7. Objetivos Específicos..... | 4 |
| 1.8. Metodología | 5 |
| 1.8.1. descripción de proceso de implementación..... | 6 |
| 1.8.2. Materiales y Equipos Utilizados | 6 |
| 2. Marco teórico y Estado del Arte | 16 |
| 2.1. Ave de corral..... | 16 |
| 2.2. Manejo y alojamiento | 17 |
| 2.3. Sistema de control lazo cerrado | 17 |
| 2.4. Sistema de control de lazo abierto | 18 |
| 2.5. Sistema de dosificación de alimentos | 18 |

| | |
|---|----|
| 2.6. Sistema de dosificación de agua | 19 |
| 2.7. Sistema de ventilación | 20 |
| 2.8.Raspberry Pico | 21 |
| 2.9. LCD 20x4..... | 22 |
| 2.10.Modulo I2C..... | 23 |
| 2.11.Modulo encoder Ky-40..... | 24 |
| 2.12.Modulo DTH-11 | 25 |
| 2.13.Modulo infrarrojo Fc-51 | 26 |
| 2.14.Modulo RTC 1307 | 27 |
| 2.15. Modulo Hx-711..... | 28 |
| 2.16. Celda de carga..... | 29 |
| 2.17.Estado del Arte..... | 30 |
| 3. Análisis de Resultados y Propuesta Ingenieril..... | 33 |
| 4. Conclusiones..... | 44 |
| 5. Recomendaciones | 45 |
| 6. Bibliografía | 46 |
| 7. Anexos | 49 |

Lista de Tablas

tabla 16
tabla 28
tabla 326
tabla 427
tabla 528
tabla 629
tabla 729
tabla 830

Lista de Figuras

| | |
|--|----|
| Figura 1 Pollos de engorde | 13 |
| figura 2 Sistema de dosificación manual | 16 |
| figura 3 Sistema de comederos automatizados | 19 |
| figura 4 Sistema de bebederos automatizados | 20 |
| figura 5 Extractor de aire industrial | 21 |
| figura 6 Raspberry pico RP2040 | 22 |
| figura 7 Display LCD 20x4 | 23 |
| figura 8 Modulo conversor I2C | 24 |
| figura 9 Encoder rotativo Ky-40..... | 25 |
| figura 10 Sensor DTH11 | 26 |
| figura 11 Sensor infrarrojo FC-51 | 27 |
| figura 12 Reloj de tiempo real Ds 307..... | 28 |
| figura 13 Módulo de carga Hx711..... | 29 |
| figura 14 Celda de carga tipo barra | 29 |
| figura 15 Dispensador Automático De Comida Para Mascotas Programable Y Controlado Remotamente | 30 |
| figura 16 Diseño E Implementación De Un Prototipo De Dispensador Automático De Comida Para Animales Basado En Raspberry Pi Controlado Mediante Una Aplicación Móvil | 31 |
| figura 17 Sistema De Dosificación De Alimento Para El Mono Marimonda Gris Con Monitoreo Inalámbrico Mediante Una Aplicación Web | 32 |
| figura 18 Diagrama de bloques de entradas y salidas del sistema | 7 |
| figura 19 Diagrama de bloques de alimento | 8 |
| figura 20 Diagrama de flujo de la bebida | 9 |
| figura 21 diagrama de bloques de la temperatura | 10 |
| figura 22 Diagrama de bloques del sistema de Bebedero..... | 11 |
| figura 23 Estructura del sistema de bebederos | 11 |

| | |
|--|----|
| figura 24 Diagrama de control de lazo abierto | 12 |
| figura 25 Estructura del sistema de los comederos..... | 13 |
| figura 26 Circuito correspondiente al sistema de control | 38 |
| figura 27 Diseño en 3D..... | 40 |
| figura 28 Diseño en 3D..... | 40 |
| figura 29 Hoja 1 del manual de usuario..... | 42 |
| figura 30 Hoja 2 del manual de usuario..... | 43 |

Lista de Anexos

| | |
|--|----|
| Anexo 1 Primera vista del galpon | 43 |
| Anexo 2 Visita para ver las condiciones de los pollos | 43 |
| Anexo 3 Minigalpon provisional | 19 |
| Anexo 4 Acomodacion del espacio | 20 |
| Anexo 5 Montaje de la malla | 21 |
| Anexo 6 Ajuste de polisombra | 22 |
| Anexo 7 Visualizacion de malla | 23 |
| Anexo 8 Ajuste d ela polisombra | 24 |
| Anexo 9 Enterramos manguera. | 25 |
| Anexo 10 Instalacion de luz | 26 |
| Anexo 11 Ajuste de dispensador de agua..... | 27 |
| Anexo 12 Ajuste de orificios | 28 |
| Anexo 13 Ajuste de guayas | 29 |
| Anexo 14 Primer monyaje de comederos y bebederos..... | 29 |
| Anexo 15 Instalacion del cableado..... | 30 |
| Anexo 16 Primer montaje de caja..... | 31 |
| Anexo 17 Instalacion de tanque y mangueras | 32 |
| Anexo 18 Montaje del circuito | 7 |
| Anexo 19 Montaje del circuito | 8 |
| Anexo 20 Primera prueba de la bascula | 9 |
| Anexo 21 Primer monmtaje del circuito en el lugar | 10 |
| Anexo 22 Segundo montaje del circuito e inicio de pruebas..... | 11 |
| Anexo 23 Prueba | 11 |
| Anexo 24 Prueba | 12 |
| Anexo 25 Prueba | 55 |

| | |
|---|----|
| Anexo 26 Prueba | 38 |
| Anexo 27 Prueba | 40 |
| Anexo 28 Prueba | 40 |
| Anexo 29 Prueba | 42 |
| Anexo 30 Prueba | 43 |
| Anexo 31 Prueba del tanque principal lleno..... | 38 |
| Anexo 32 Prueba y sincronizacion de sensores..... | 40 |
| Anexo 33 Prueba de sensores | 40 |
| Anexo 34 sincronizacion de sensores de tolva 2 | 42 |
| Anexo 35 sincronizacion de sensores dde tolva 1 | 43 |
| Anexo 36 Ajuste de sensores..... | 38 |
| Anexo 37 Muestra de sensores parte interna | 40 |
| Anexo 38 Prueba de pollo tomando agua..... | 40 |
| Anexo 39 Muestra de montaje final | 42 |
| Anexo 40 Libreria y definicion de pines | 43 |
| Anexo 41 Definicion de variables de control | 38 |
| Anexo 42 Funciones del menu | 40 |
| Anexo 43 Funcion de monitor de comederos..... | 40 |
| Anexo 44 Funcion de monitoreo del tanque..... | 42 |
| Anexo 45 Funcion de monitoreo de la temperatura | 43 |
| Anexo 46 Inicio del ciclo de la maquina de estado | 38 |
| Anexo 47 Visualizacion de bascula..... | 40 |
| Anexo 48 Montaje final..... | 40 |

Glosario

Automatización: es un conjunto de elementos que conforman un sistema para controlar maquinas o procesos industriales.

Avicultura: es la práctica de cuidar y criar aves para diferentes fines

Microcontrolador: dispositivo programable que ejecuta una serie de procesos almacenados en su memoria, se compone de un sistema, el cual tiene unidad de procesos, memoria y elementos de entrada y salida.

temperatura: es una magnitud física que está relacionada con la sensación de calor y frio.

Tolva: recipiente similar al embudo destinado al depósito y canalización de alimento.

Introducción

El interés del proyecto, **DESARROLLO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO DE BAJO COSTO BASADO EN LENGUAJE MICROPYTHON PARA EL SUMINISTRO DE ALIMENTO Y BEBIDA PARA EL GALPÓN DE LA GRANJA AVÍCOLA UBICADA EN CALLE 110 # 38- 700 EN LA CIUDAD DE BARRANQUILLA**, es apoyar al gremio avicultor, es de vital importancia disponer de unas instalaciones adecuadas para sus animales. De esta forma, pueden crecer y rendir de forma óptima. La clave para lograr el mejor control posible de su proceso de producción es automatizar y darle un mejor control de sus galpones. Con esta automatización en la cual se tiene una visión 24/7 de la situación actual en todos sus galpones, lo cual le permite concentrarse en un entorno de vida óptimo para sus animales.

Este trabajo busca desarrollar un sistema de control de lazo cerrado, para la dosificación de los suministros vitales de los animales, como también el control de climatización de la granja, además brinda información constantemente de los recursos del sistema.

Con este proyecto también se presentan diferentes causas las cuales llevan diseño o creación de este dispositivo. También se ilustrará cada uno de los dispositivos que se utilizaron en este, adicional el lenguaje micropython, esquemas gráficos, diagramas de bloque, evidencias para facilitar la comprensión de este proyecto.

Capítulo 1

1. Descripción del Proyecto

Planteamiento del Problema

La avicultura en Colombia es una actividad productiva la cual pertenece al sector agropecuario y se ha incrementado levemente en los últimos años. Según un estudio realizado por la aviNews en el 2018 ha tenido un leve crecimiento debido a que más de 400.000 familias dependen de este sector económico; sin embargo, los sectores de producción a pequeña escala, como las circunstancias especiales de los agricultores o campesinos, son vulnerables. Porque tiene dificultades, como la falta de seguridad en los galpones por lo que estos animales pueden ser perjudicados por los depredadores. (aviNews, 2018)

Por otro lado, uno de los principales problemas que enfrentan los campesinos es poder mantener de la mejor manera la crianza y engorde de las aves de corral (pollos de engorde), pues generalmente tienen que levantarse al amanecer para recolectar cosechas y realizar diferentes actividades durante este período diario. En ocasiones, los animales mueren por falta de alimento y agua, debido a la falta de industrialización y automatización en el proceso de crianza de aves de corral (pollos de engorde). Esto se debe principalmente a la falta de recursos económicos, fondos estatales y/o patrocinio para mejorar las condiciones de producción, razón por la cual los campesinos se ven obligados a continuar con el proceso de llenado manual de comederos y bebederos.

En esta situación se tiene que en la finca ubicada al norte de Barranquilla se observó que los pollos de engorde se encontraban en malas condiciones por falta de agua debido a las altas temperaturas de la ciudad, falta de alimento por diferentes actividades que cumple el avicultor y esto producía la mayoría de los decesos de las aves (pollos de engorde) lo cual se traduce en pérdidas económicas para el avicultor. (Cabrera, 2018)

Formulación del Problema

¿Cómo desarrollar un sistema automatizado de suministro de alimento y bebida para un galpón en una finca de bajos recursos de la ciudad de Barranquilla?

Impacto Esperado

La finalidad de este proyecto de grado es ayudar a la comunidad avicultora de la finca ubicada en calle 110 # 38 _700 con el diseño e implementación de un sistema Automatizado de suministro de alimento y bebida para el galpón de la granja avícola y con esta ayuda se mejorará el suministro de su alimento y bebida que está orientado al diseño de un sistema automatizado para la producción avícola específicamente en una finca ubicada al norte de Barranquilla de bajos recursos. El proceso de automatización debe ser capaz de controlar la dosificación de alimento y bebida de los pollos de engorde. De esta manera ayudaremos a reducir tiempo de trabajo por parte de los campesinos y/o propietarios.

Usuarios Directos e Indirectos

- **Usuarios directos**

- Finca ubicada en calle 110 # 38-700
- Universidad Autónoma del Caribe

- **Usuarios indirectos**

- Fundaciones de avicultores
- Avicultores

Objetivos

Objetivo General

Desarrollar un sistema de control de producción avícola para galpones de bajo costo basados en el lenguaje micropython ubicado en calle 110 # 38 – 700 al norte de la ciudad de Barranquilla.

Objetivos Específicos

- Caracterizar las condiciones estructurales, ambientales y de crianza óptimas de las aves en clima cálido
- Diseñar un programa que te permita controlar las variables del galpón basado en lenguaje micropython
- Desarrollar un sistema de control, para la producción avícola para galpones de bajo costo.
- Realizar pruebas de funcionamiento del sistema

Metodología

El presente proyecto de investigación cualitativa se basa en el diseño y construcción de un sistema de dosificación de suministros de vital importancia automatizado para así rendir y crecer de forma óptima con esto se tiene que la metodología que se usa es de investigación y se centra en el análisis de datos ambientales los cuales se procesarán en un microcontrolador y generarán una acción la cual, permitirá de manera eficiente el control de engorde de aves para el consumo doméstico. Para garantizar el correcto funcionamiento el sistema contendrá varios sensores de niveles y celdas de cargas para conocer el estado de los dispensadores, aves y la temperatura del ambiente permitiendo así tener un control eficiente de alimento, peso y climatización del galpón. Este sistema está basado en el sistema de producción por altura, el cual a medida que el ave crece el sistema va elevándose, permitiendo así un creciendo y engorde eficiente.

Este trabajo tiene como objetivo primordial poner en funcionamiento una máquina de dosificación de alimento y bebida para pollo de engorde que sea de bajo costo y práctica. Este trabajo se divide en cuatro diferentes etapas

Tabla 1. Diseño de metodología

| | |
|------------------------------------|--|
| Recopilación de información | <ul style="list-style-type: none"> • Se recopila información en distintas fuentes bibliográficas para el desarrollo • Condiciones de crianza de pollos de engorde • Tipos de sensores y actuadores |
| Diseño | <ul style="list-style-type: none"> • Selección de componentes a utilizar • Esquemas eléctricos del sistema de automatización, sensores y actuadores • Diagramas de flujo del funcionamiento del sistema • Algoritmo de control |
| Implementación | <ul style="list-style-type: none"> • Instalación de diferentes sensores, actuadores, mecanismos • Cableado de señales de potencia • Programación de sistema de control |
| Pruebas | <ul style="list-style-type: none"> • Caracterización de sensores y actuadores • Pruebas de algoritmo de control • Pruebas del funcionamiento del sistema |

Nota: tabla obtenida de fuente de autor

Etapa 1. En esta etapa se copia el material informativo en diversas fuentes bibliográficas para el desarrollo del trabajo.

- Condiciones de crianza de pollos
- Sensores y actuadores necesarios
- Se realizaron investigaciones con el fin de recolectar la información necesaria para implementar un sistema automatizado para un galpón, con el fin de mejorar la calidad del producto.

Etapa 2. En esta etapa se realiza el diseño del proyecto teniendo en cuenta lo siguiente:

- Selección de componentes
- Esquemas eléctricos del sistema de automatización, sensores y actuadores
- Diagramas de flujo del funcionamiento del sistema
- Algoritmo de control
- Se realiza el levantamiento y acoplamiento del terreno para identificar y evaluar el diseño, montaje y dispositivos a utilizar

Etapa 3. En esta etapa se implementa el diseño en campo teniendo en cuenta lo siguiente:

- Instalación de diferentes sensores, actuadores, mecanismos de control.
- Cableado de señales y potencia
- Programación del dispositivo de control

Etapa 4. En esta etapa se realiza las pruebas respectivas en cuanto a lo siguiente:

- Caracterización de sensores y actuadores
- Pruebas de algoritmo de control
- Pruebas del funcionamiento del sistema en campo
- Se lleva a cabo la implementación y programación de los dispositivos empleados en el galpón

1.1.1 Descripción del proceso de implementación

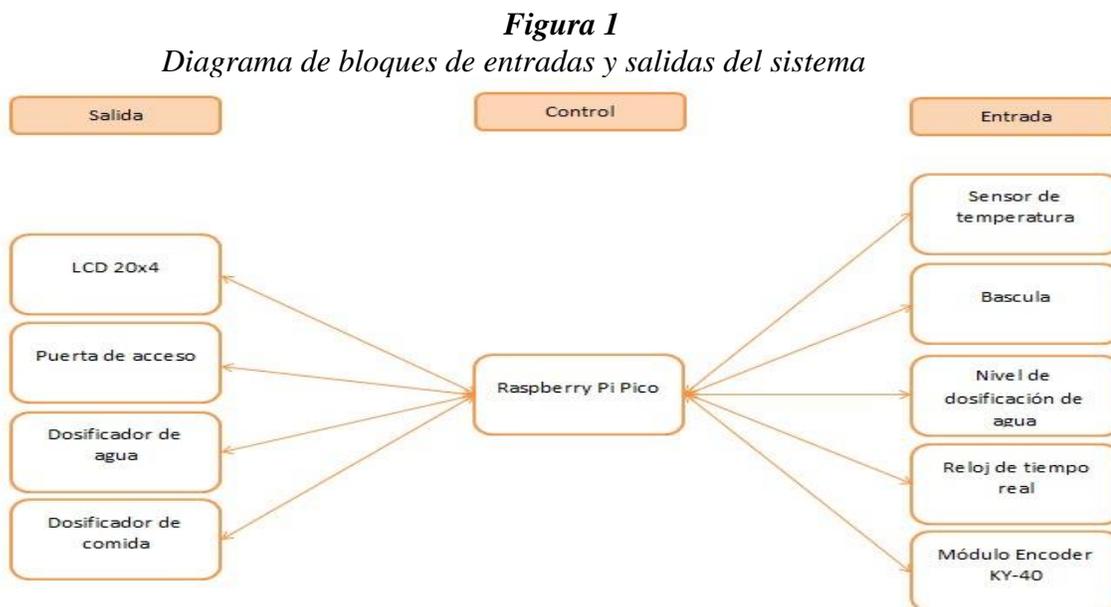
Habitualmente los pollos de engorde o de corral que se encuentran en los galpones de pequeña o de gran escala siempre se encuentran en cautiverio con previa manipulación de las personas encargadas de su suministro vital. El trabajo se planteó y se llevó a fin con el propósito de dosificar automáticamente la bebida y alimento de dicho animal, teniendo en cuenta el constante

consumo de alimento que este animal requiere, así llegamos a un beneficio para los encargados de alimentarlos ya que está diseñado con este fin ya que no necesita mucha ayuda.

El sistema fue implementado en la finca ubicada en el norte de la ciudad de Barranquilla – Atlántico y en donde se crían pollos en galpón a pequeña escala (véase en la figura 1), en la cual se realizaron diferentes pruebas con cada uno de los materiales previamente mencionados en la tabla 2, dejando como evidencia fotográfica del proceso (véase el anexo 1).

Diagrama de bloques

A continuación, se muestran en la figura 1 los diferentes pasos que se utilizan para el control y automatización de cada uno de los procesos requeridos



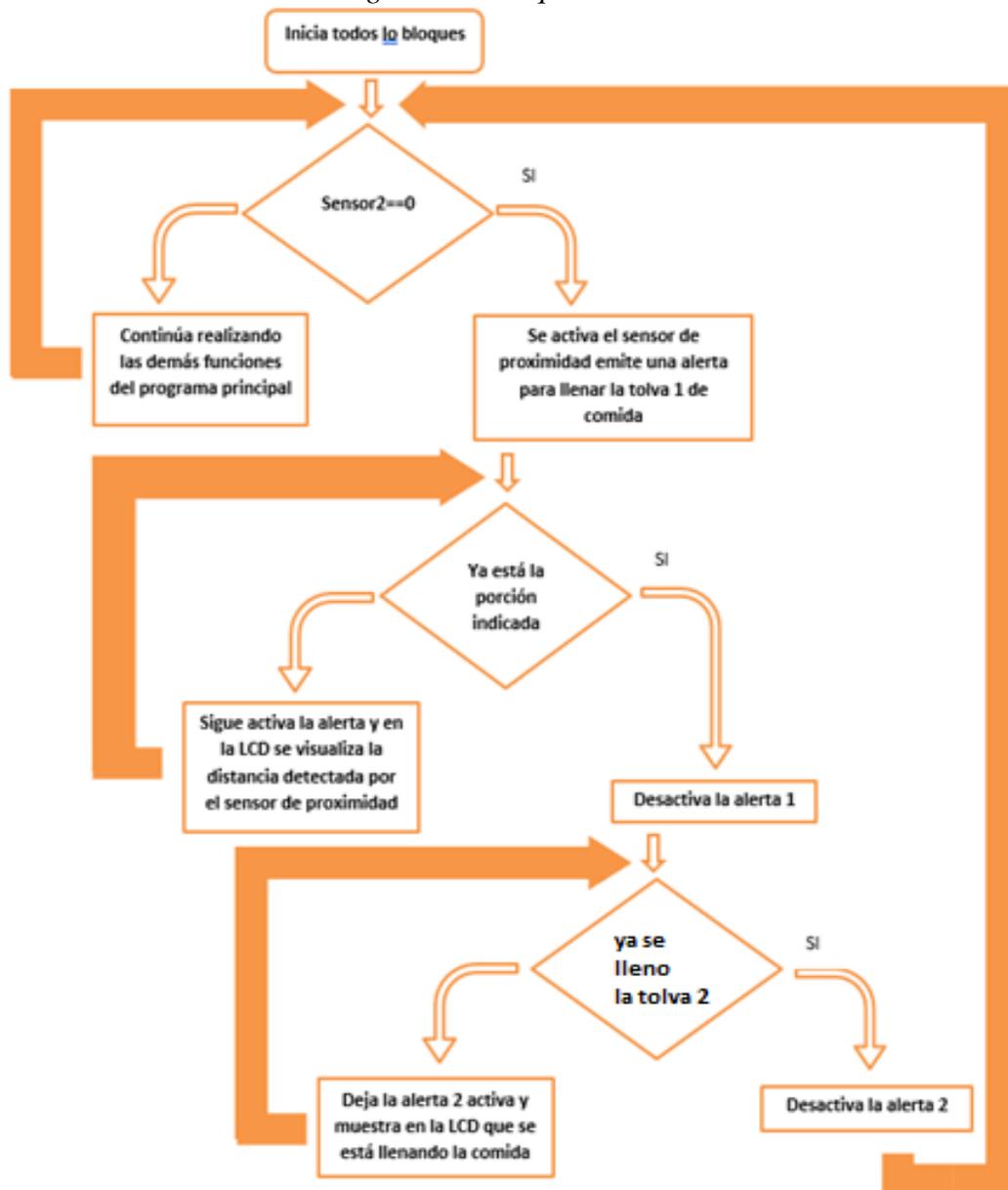
Nota: imagen obtenida de fuente de autor

Diagrama de flujo

- En la siguiente figura 2 se ilustra diagrama de flujo podemos observar los condicionales pertenecientes a los sensores de proximidad correspondientes a las tolvas de comida

En la que se presenta el primer condicional “ $\text{sensor2}==0$ ” y se tienen las dos opciones, si se activa el sensor de proximidad emite una alerta para llenar la tolva 1 de comida luego entra el segundo condicional “ya está la porción indicada” si desactiva la alerta y entra el tercer condicional el cual corresponde a “ya se desocupó la tolva2” si desactiva la alerta

Figura 2
Diagrama de bloques de alimento

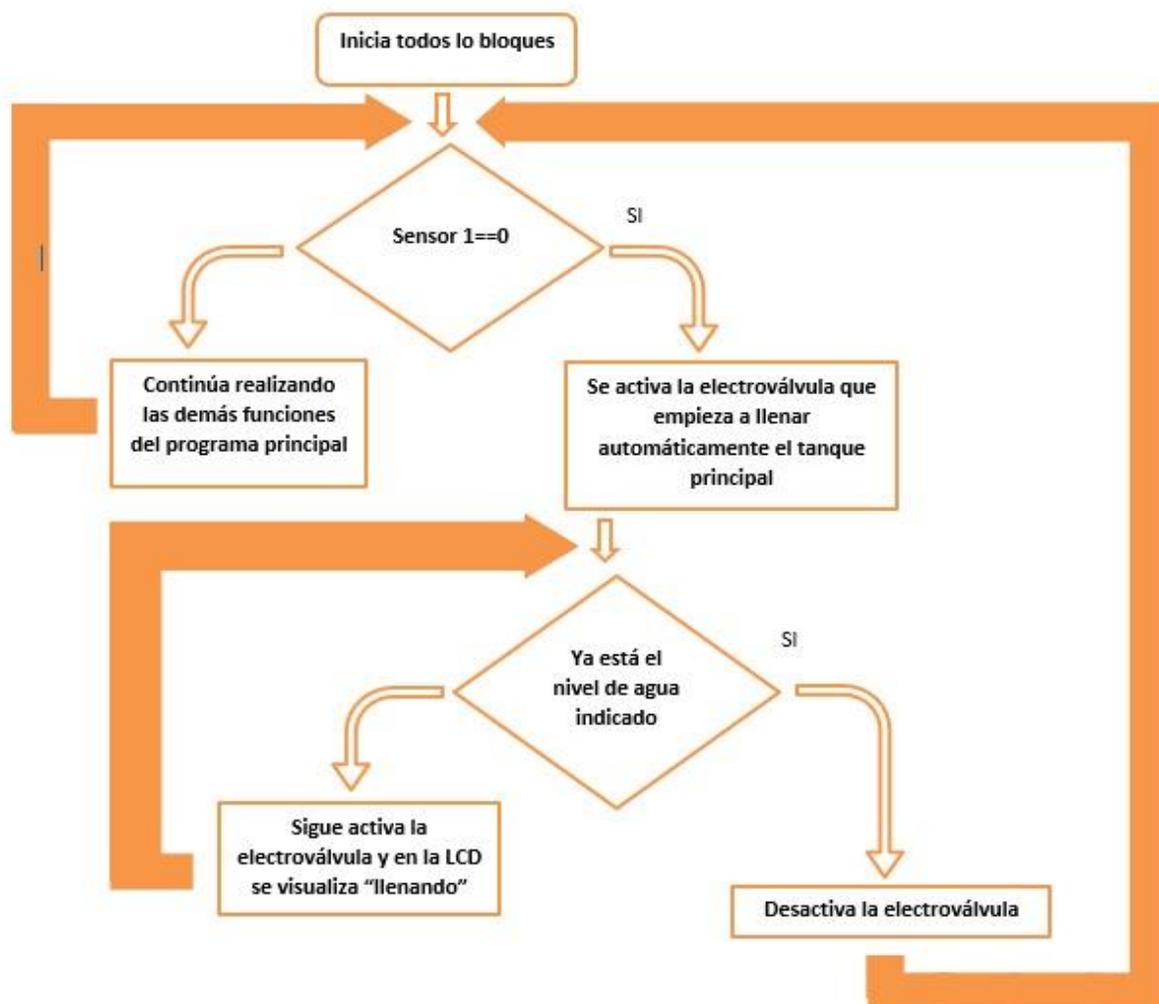


Nota: imagen obtenida de fuente de autor

- En la siguiente figura 3 se muestra el diagrama de flujo podemos observar los condicionales pertenecientes a la electroválvula correspondientes a el tanque de agua principal de distribución.

En la que se presenta el primer condicional “sensor1==0” y se tienen las dos opciones, si se activa la electroválvula que empieza a llenar automáticamente el tanque principal luego entra el segundo condicional “ya está el nivel de agua indicado” si desactiva la electroválvula.

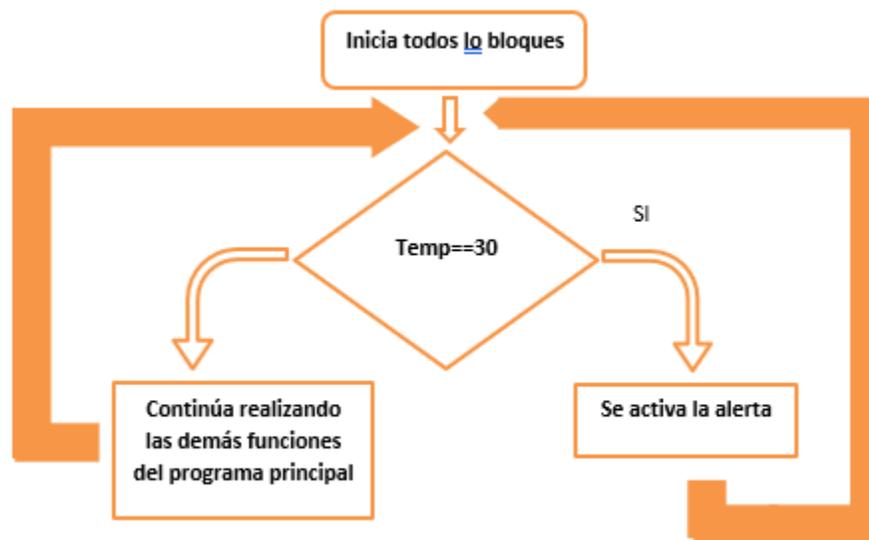
Figura 3
Diagrama de flujo de la bebida



Nota: imagen obtenida de fuente de autor

- En la siguiente figura 4 se observa diagrama de flujo podemos observar los condicionales pertenecientes al sensor de temperatura y humedad

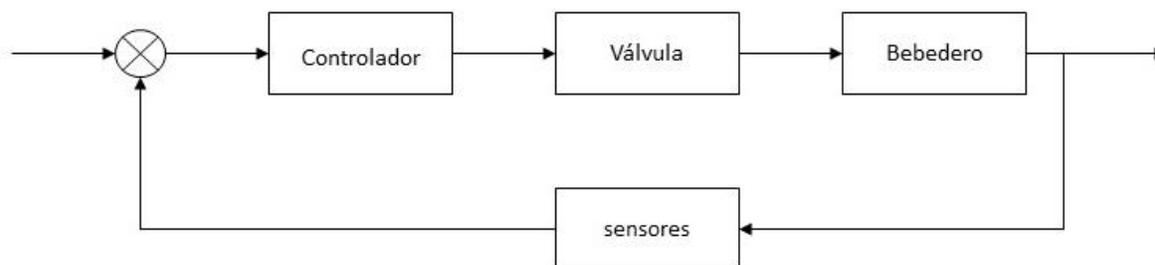
En la que se presenta el primer condicional “Temp==30” y se tienen las dos opciones, si se desactiva la alerta



Nota: imagen obtenida de fuente de autor

Ahora se procede a mostrar el circuito y explicar el circuito el cual contiene dos formas de control una será en lazo abierto y otra en lazo cerrado.

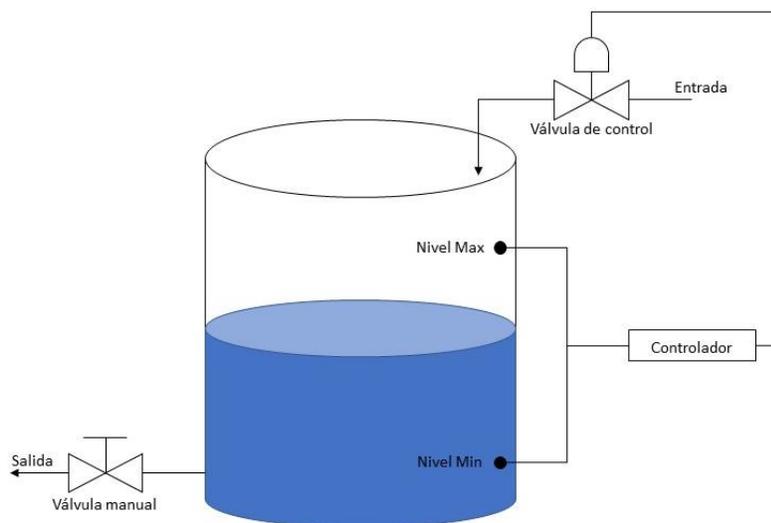
Figura 5
Diagrama de bloques del sistema de Bebedero



Nota: imagen obtenida de fuente de autor

En la figura 5 se observa el control de lazo cerrado que se aplicó para el tanque de reserva de los bebederos de los animales, este sistema estará gobernado por un par de sensores tipo flotador, los cuales permitirán conocer el estado de este. El sistema comparará las señales obtenidas y evaluará cuando abrir la electroválvula la cual permitirá el paso del líquido a los bebederos dosificadores.

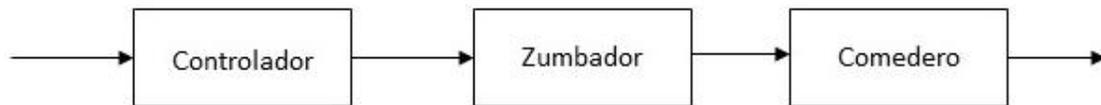
Figura 6
Estructura del sistema de bebederos



Nota: imagen obtenida de fuente de autor

Como se observa en la figura 6 la estructura del sistema el cual posee dos válvulas, una manual y otra automática, pues el al momento de llenado seria automático, pero dependiendo de las necesidades de los animales se podrá graduar el paso de líquido a los bebederos dosificadores, permitiendo un mayor ahorro del preciado líquido.

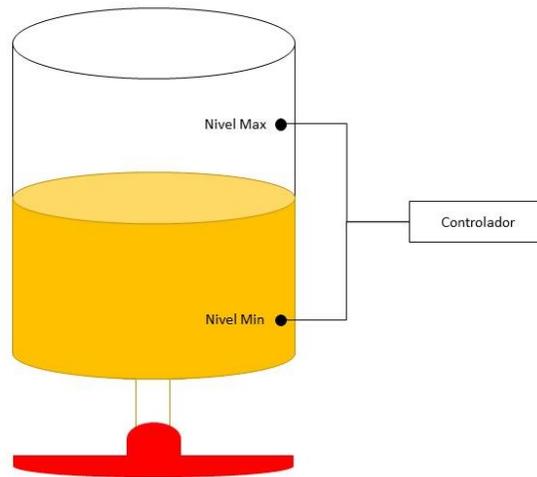
Figura 7
Diagrama de control de lazo abierto



Nota: imagen obtenida de fuente de autor

En este sistema de control solo se estará monitoreando el estado de los comederos, ya que estos cuenta con su propio sistema de dosificación y aprovechando la gravedad utilizamos un sistema de llenado por caída el cual a medida que el animal consuma el alimento este caerá sin ningún problema esto es pensado así para cuando se encuentre sin energía eléctrica el control no deje de dosificar los alimentos.

Figura 8
Estructura del sistema de los comederos



Nota: imagen obtenida de fuente de autor

El sistema que se observa en la figura 8 este compuesto por una bandeja de alimento que también es un dosificador y el tanque de reserva, como mencionábamos con anterioridad a medida que el alimento se esté acabado este caerá por gravedad, al momento de llegará al límite de inferior este mandara una alerta visual y auditiva hasta que el tanque de reserva sea llenado de nuevo.

Figura 9
Pollos de engorde



Nota: imagen obtenida de Fuente de los autores

Al finalizar cada una de las pruebas se unieron y acoplaron en el código que se cargó en la Raspberry, para el proyecto y debido funcionamiento deseado al final

1.1.2 Materiales y Equipos Utilizados

A continuación, se presentará la lista de materiales y equipos utilizados en este proyecto para el diseño e implementación.

Tabla 2.
Lista de Materiales utilizados en este proyecto.

| ítem | Material | Cantidad | Descripción |
|------|--------------------------------|----------|---|
| 1 | Raspberry Pico | 1 | la cual permite implementar una interfaz de control para nuestro proyecto |
| 2 | Sensor de nivel de liquido | 2 | Este componente activa una alarma en el nivel que sea configurado |
| 3 | Sensor de distancia infrarrojo | 2 | Este componente ayuda a medir la capacidad o el estado de las tolvas de comida. |
| 4 | Celdas de carga 20kg | 1 | Este componente toma la magnitud física y la convierte en señal eléctrica |
| 5 | Modulo HX711 | 1 | Este módulo es un transductor de la celda de carga y lo que hace es amplificar es la señal para convertirla en una señal medible por el microcontrolador. |
| 6 | Encoder rotativo Ky-40 | 1 | Este componente se utilizará para el desplazamiento del menú de nuestra interfaz |
| 7 | LCD 20x4 | 1 | Permitirá visualizar el menú que se diseñó. |
| 8 | Modulo I2C H44777 | 1 | permite manejar tu pantalla LCD de una manera bastante fácil |
| 9 | Zumbador pasivo | 1 | Este componente emitirá la señal eléctrica convertida en una onda de sonido |
| 10 | Modulo LM2596 | 1 | Se encarga de regular o disminuir el voltaje de entrada del circuito |
| 11 | Modulo relé de 8 canales | 1 | Permite controlar grandes cargas sin afectar al microcontrolador |

| | | | |
|-----------|----------------------------|---|--|
| 12 | Jack Dc | 1 | Es un adaptador de corriente Dc para no afectar la polaridad |
| 13 | Adaptador de corriente 12V | 1 | Ayuda alimentar nuestro sistema de forma segura |
| 14 | RTC 1307 | 1 | Este componente ayuda almacenar y llevar la cuenta de la fecha y hora de manera automática |

Nota: Tabla obtenida de fuente propia.

Capítulo 2

2. Marco teórico y Estado del Arte

Se realiza una recopilación de los diferentes conceptos y temas que hacen parte en la ejecución de la automatización de alimentos y bebidas para recintos avícolas, así mismo los materiales, equipos y/o herramientas a emplear y que uso tendrá cada una de ellas.

2.1. Ave de corral

El termino aves de corral son especies de aves domesticadas que pueden criarse por sus huevos, carne y/o plumas. El término "aves de corral" abarca una amplia gama de aves, desde las razas autóctonas y comerciales de pollos hasta los patos criollos, las ánades reales, los pavos, las pintadas, los gansos, las codornices, las palomas, los avestruces y los faisanes. (FAO, *Especies de aves de corral*, 2017)

Figura 10
Sistema de dosificación manual



Nota: imagen obtenida de <http://www.fao.org/>.

2.2. Manejo y alojamiento

Las aves de corral, para maximizar su potencial de producción de carne o huevos, necesitan un entorno que satisfaga sus necesidades fisiológicas, esto incluye:

1. Un entorno físico adecuado en cuanto a temperatura, humedad, ventilación y las superficies en donde viven.
2. Los alimentos y el agua adecuados.
3. Un grado de exposición mínimo a los organismos patógenos.
4. La no exposición al estrés derivado del entorno físico y social.

los factores que influyen estos elementos están determinados en buena medida por el alojamiento y el manejo de las aves. (FAO, *Manejo y alojamiento*, 2017)

2.3. Sistema de control lazo cerrado

Un sistema que mantiene una relación determinada entre la salida y la entrada de referencia, comparándolas y usando la diferencia como medio de control, se denomina sistema de control realimentado.

Los sistemas de control realimentados se denominan también sistemas de control en lazo cerrado. En la práctica, los términos control realimentado y control en lazo cerrado se usan indistintamente. En un sistema de control en lazo cerrado, se alimenta al controlador la señal de error de actuación, que es la diferencia entre la señal de entrada y la señal de realimentación (que puede ser la propia señal de salida o una función de la señal de salida y sus derivadas y/o integrales), con el fin de reducir el error y llevar la salida del sistema a un valor deseado. El término control en lazo cerrado siempre implica el uso de una acción de control realimentado para reducir el error del sistema. (Ogata, 2010, pp. 7)

2.4. Sistema de control de lazo abierto

Los sistemas en los cuales la salida no tiene efecto sobre la acción de control se denominan sistemas de control en lazo abierto. En otras palabras, en un sistema de control en lazo abierto no se mide la salida ni se realimenta para compararla con la entrada. En cualquier sistema de control en lazo abierto, la salida no se compara con la entrada de referencia. Así, a cada entrada de referencia le corresponde una condición de operación fija; como resultado de ello, la precisión del sistema depende de la calibración. Ante la presencia de perturbaciones, un sistema de control en lazo abierto no realiza la tarea deseada. En la práctica, el control en lazo abierto sólo se usa si se conoce la relación entre la entrada y la salida y si no hay perturbaciones internas ni externas. Es evidente que estos sistemas no son de control realimentado. Obsérvese que cualquier sistema de control que opere con una base de tiempo está en lazo abierto. Por ejemplo, el control de tráfico mediante señales operadas con una base de tiempo es otro ejemplo de control en lazo abierto. (Ogata, 2010, pp. 8)

2.5. Sistema de dosificación de alimentos

En la producción de aves de corral, los grandes productores implementan sistemas de comederos automáticos, en la figura 2, se observa uno de los modelos que se utilizan el cual consta de un mecanismo de transporte, almacenamiento y distribución permitiendo una alimentación eficiente y disminución de una pérdida de alimento.

Estos sistemas se caracterizan por tener un sistema de retroalimentación que permite conocer el estado del comedero. Estos comederos cuentan con sensores de proximidad que se utilizan para saber si hay alimento en el tubo de entrega.

Figura 11
Sistema de comederos automatizados



Nota: Imagen obtenida de <https://www.globaltechavicultura.com>

2.6. Sistema de dosificación de agua

En la industria se implementan diversos sistemas de bebedores dependiendo de la infraestructura de las granjas, como todo sistema eficiente busca el mayor aprovechamiento de los recursos y un menor costo. En la figura 3 se observa uno de estos modelos, el cual posee nipples, las cuales tienen las siguientes ventajas: mínimo desperdicio de agua, baja humedad, menos índice de amoníaco. El agua que se dosifica a los animales debe tener una baja presión y una temperatura ambiente entre 25-29°C. Estos sistemas también pueden sensor el nivel de líquido y el flujo de agua en las tuberías para el control del líquido.

Figura 12
Sistema de bebederos automatizados



Nota: imagen obtenida de <https://peigganadera.com/avicola/>

2.7. Sistema de ventilación

La ventilación de las granjas previene que los animales tengan un ambiente óptimo para las aves de corral, estos sistemas de ventilación pueden ser de dos tipos:

Ventilación natural: este sistema se utiliza en galpones abiertos, o de cortinas, donde no poseen paredes solidas permitiendo un mayor flujo de aire.

Ventilación forzada: este sistema se utiliza en galpones de ambiente cerrado o controlado, normalmente estos galpones son cerrados o son muy calurosos debido a su ubicación normalmente se utilizan dos ventilaciones para la entrada y salida de aire del galpón.

Para cada uno de estos sistemas hay diferentes tecnologías que varían en su implementación y costo. Por lo general se utilizan ventiladores extractores los cuales introducen aire al galpón.

Figura 13
Extractor de aire industrial

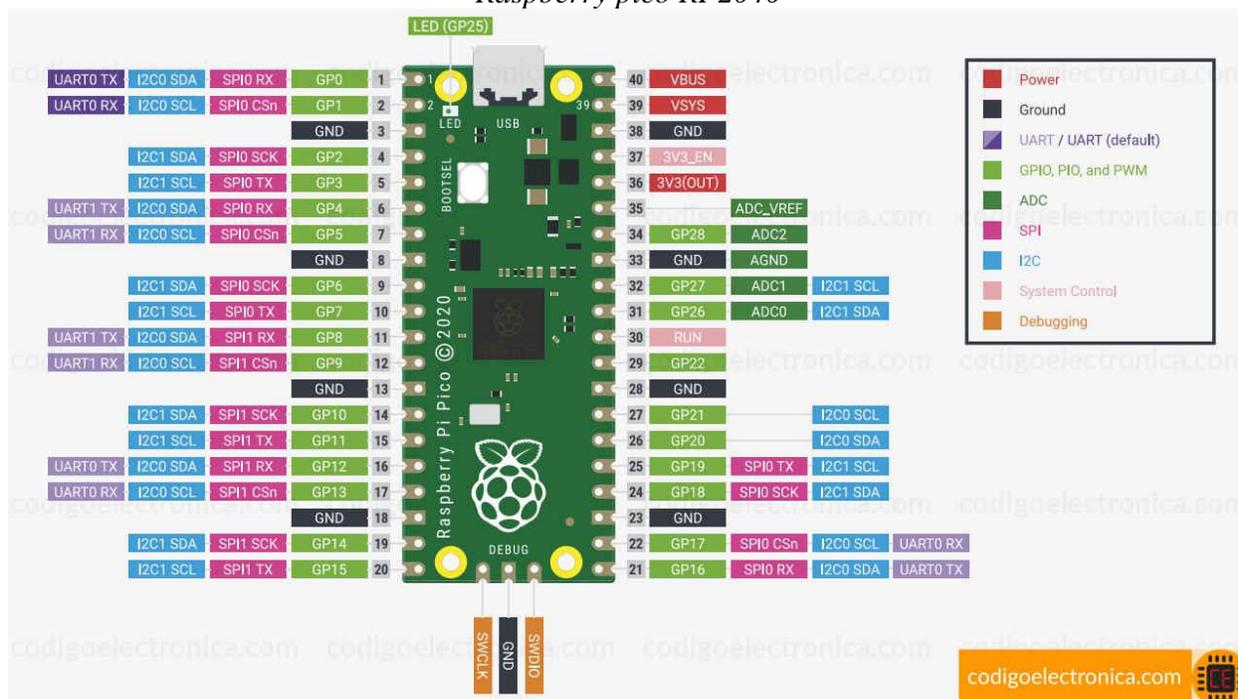


Nota: imagen obtenida de https://http2.mlstatic.com/D_NQ_NP_2X_862829-MCO31826069806_082019-F.webp

2.8. Raspberry Pico

La Raspberry Pi Pico es una placa de microcontrolador basada en el chip microcontrolador Raspberry Pi RP2040, este chip tiene todo lo necesario para iniciarse fácilmente en el mundo de la electrónica y la programación, además de tener todo lo necesario para crear un proyecto, con esta placa el límite es la imaginación del programador.

Figura 14
Raspberry pico RP2040



Nota: Imagen obtenida de <https://cdn.electronilab.co/wp-content/uploads/2021/02/Raspberry-Pi-Pico-electronilab.co-4.jpg>

Raspberry Pi Pico ha sido diseñado para ser una plataforma de desarrollo flexible, pero de bajo costo para RP2040, (Alzate, 2021)

2.9.LCD 20x4

Las pantallas LCD 20x4 de 4 filas y 20 columnas de dígitos alfanuméricos, funciona con el controlador interno HD44780, el cual es un integrado muy utilizado y para el cual existe amplia documentación. Se necesitan 6 pines para conectar este LCD a la Raspberry los cuales 2 de ellos son para la parte del control y los 4 restantes para los datos. Con ella se podrá visualizar el menú diseñado, en el cual se observará los niveles de los bebederos y comederos, la temperatura, el peso de los pollos y el estado de los actuadores. (*Display LCD 2004*, s. f.)

Figura 15
display LCD 20x4



Nota: imagen obtenida de <https://www.iberobotics.com/images/lcd20x4b.png>

2.10. Modulo I2C

La pantalla LCD 20x4 basada en el controlador HD44780 de Hitachi es un dispositivo muy común, el problema es que este tipo de pantallas requieren muchos pines del microcontrolador para ser controlada, por esto se crea un adaptador basado en el PCF8574 que permite conectar la pantalla a la Raspberry usando solamente dos líneas digitales a través del bus I2C. Dichos pines, pueden además ser compartidos por otros periféricos como el RTC o memorias EEPROM entre otros. El módulo de conversión lcd i2c cómo realiza este tipo de comunicación en el bus necesita una dirección para poder acceder a él y enviar la información necesaria para visualizar datos en la pantalla, como vimos anteriormente está basado en el chip. (Alzate, 2021)

Figura 16
Modulo conversor I2C



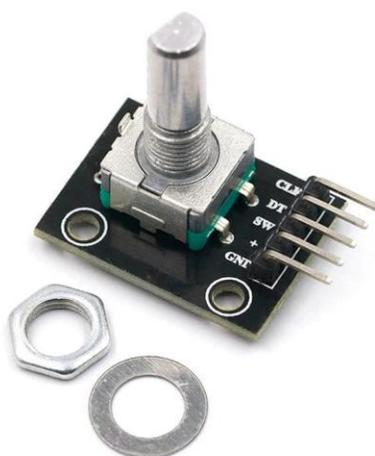
Nota: imagen obtenida de https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcT5QaUEvILtRAa2RETjcFqgG1G_P24ASw-YWQ&usqp=CAU

2.11. Módulo encoder Ky-40

Módulo KY-040 es un encoder rotativo es un elemento que indica mediante posiciones codificadas su posición. Es un encoder rotativo con 12 posiciones (cada 30°) e infinito, es decir, que podemos dar vueltas hacia ambos lados sin límite. Cuando pasamos por cada paso se nota un pequeño resalte que indica que se ha llegado a la nueva posición. Estos codificadores constan de dos pines para el pulsador (funciona como un pulsador normal) y tres pines para el codificador. Los tres pines del codificador van conectados uno a masa y los otros dos a las respectivas entradas que designemos en la placa Arduino. Estas dos señales que salen del encoder nos dan un total de 4 combinaciones. 00, 01, 10, y 11. Esto se conoce como 2 bits de código Grey. Si tratamos a los pines en código binario, las leemos como 00, 01, 10, o 11. La secuencia de las salidas del codificador mientras giramos en sentido de las agujas del reloj es 00, 01, 11, 10. Así que, si se tiene una lectura de 01, la siguiente lectura puede ser 00 o 11 dependiendo de la dirección en que se gira. Así que, mediante la adición del valor codificado anteriormente se obtiene 1 de 8 posibles números (0001, 0010, 0100, 0111, 1000, 1011, 1110 y 1101). Estas cuatro combinaciones 1101,

0100, 0010 y 1011 indican un movimiento horario y 1110, 0111, 0001 y 1000 un movimiento antihorario, con este se podrá pasar entre menús seleccionando ya sea el nivel de los comederos y bebederos, la temperatura del galpón, el peso de los pollos o el estado de los actuadores. (UNIT Electronics, s. f.)

Figura 17
Encoder rotativo Ky-40.

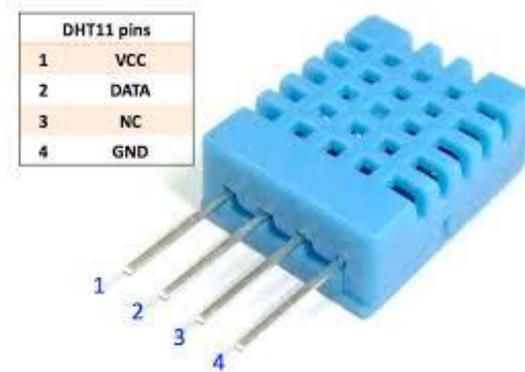


Nota: imagen obtenida de <https://uelectronics.com/producto/modulo-ky-040-sensor-encoder-rotativo/>

2.12. Modulo DTH-11

El sensor de temperatura y humedad DHT11 presenta un complejo de sensores de temperatura y humedad con una salida de señal digital calibrada. Al utilizar la técnica exclusiva de adquisición de señal digital y la tecnología de detección de temperatura y humedad, garantiza una alta fiabilidad y una excelente estabilidad a largo plazo. Este sensor incluye un componente de medición de humedad de tipo resistivo y un componente de medición de temperatura NTC, y se conecta a un microcontrolador de 8 bits de alto rendimiento, que ofrece excelente calidad, respuesta rápida, capacidad antinterferente y rentabilidad. Se uso para medir la temperatura relativa y la humedad relativa del galpón. (Mouser, s. f.)

Figura 18
Sensor DTH11



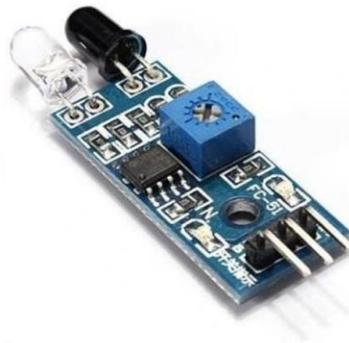
Nota: imagen obtenida de https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcRUa2KVHi5-IQkZI6U06Ffynu_R8zq-f4FIRg&usqp=CAU

2.13. Modulo infrarrojo Fc-51

El sensor de obstáculos reflectivo infrarrojo es un dispositivo optoelectrónico activo capaz de medir proximidad por infrarrojo IR, este compuesto por un transmisor que emite energía infrarroja IR y un receptor que detecta la energía IR reflejada por la presencia de cualquier obstáculo en la parte frontal del módulo. El sensor puede ser usado con luz ambiente o en la oscuridad. Se emplearon 4 módulos infrarrojos, 2 para cada comedero, con este podremos saber el nivel de cada comedero, es decir, cuando está vacío, por la mitad o lleno y mostrarlo en el LCD.

(UNIT Electronics, s. f.-a)

Figura 19
Sensor infrarrojo FC-51



Nota: imagen obtenida de <http://www.servotronic.com.co/wp-content/uploads/2018/01/sensor-infrarojo.jpg>

2.14. Módulo RTC 1307

El reloj de tiempo real DS1307, es un dispositivo de bajo consumo de energía, completo con código binario decimal (BCD), el reloj/calendario provee información de, segundos, minutos, horas, día, fecha, mes y año. El final de fecha de mes se ajusta automáticamente durante meses menores de 31 días, incluyendo correcciones para el año bisiesto. El reloj funciona en cualquiera formato de 24 horas o en 12 horas con indicador AM/PM. El DS1307 tiene incorporado un circuito de sensor de tensión que detecta fallas de energía y cambia automáticamente al suministro de batería de respaldo. Este módulo nos ayuda a mantener la fecha del sistema y además nos permite tener el control del sistema de iluminación ya que cuando sean las 5 p.m. se encenderán las luces y cuando sean las 4 a.m. se apagarán las mismas. (Alzate, 2019b).

Figura 20
Reloj de tiempo real Ds 307

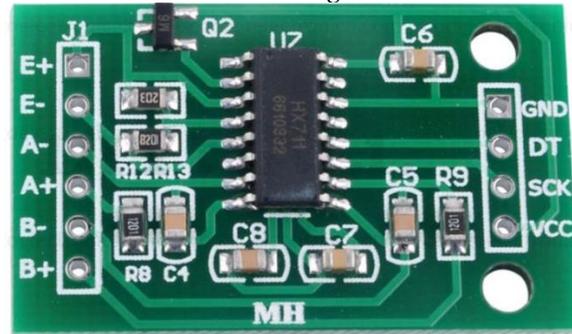


Nota: imagen obtenida de https://http2.mlstatic.com/D_NQ_NP_20339-MCO20189306449_102014-O.jpg

2.15. Módulo Hx-711

El módulo HX711 es un convertidor analógico a digital de precisión de 24 bits (ADC) diseñado para básculas de pesaje y aplicaciones de control industrial para interactuar directamente con un sensor de puente (Sparkfun, s. f.). El módulo HX711 es un transmisor entre las celdas de carga y un microcontrolador como Arduino, permitiendo leer el peso en la celda de manera sencilla. Es compatible con las celdas de carga de 5kg, 20kg y 50kg. Utilizado en sistemas de medición automatizada, procesos industriales, industria médica. El chip HX711 posee internamente la electrónica para la lectura del puente de Wheatstone formado por la celda de carga y también un conversor ADC de 24 bits. Se comunica con el microcontrolador por medio de un protocolo de tipo serial mediante 2 pines. (Clock y Data). (Alzate, 2019)

Figura 21
Módulo de carga Hx711

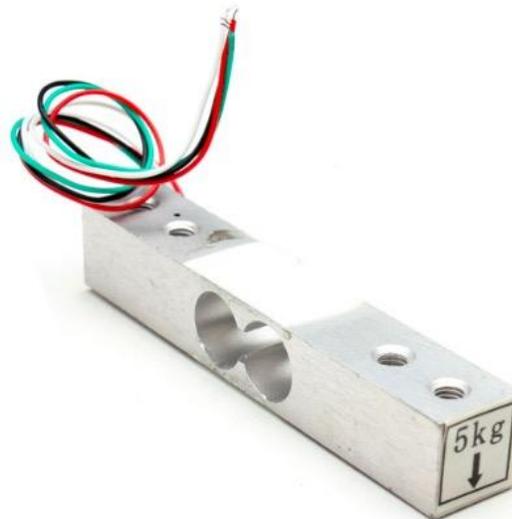


Nota: imagen obtenida de (Alzate, 2019).

2.16. Celda de carga

La celda de carga es un transductor que convierte la fuerza aplicada sobre ella en una señal eléctrica medible. Este instrumento está conectado a una viga o miembro estructural, que es aplicar peso para deformar el tensiómetro. Cuando el manómetro se deforma, la resistencia cambia en proporción a la carga. Esto se logra mediante el puente Wheelstone utilizado para medir la resistencia. Se utilizó una celda de 20kg para conocer el peso de los pollos. (Alzate, 2020).

Figura 22
Celda de carga tipo barra



Nota: imagen obtenida de https://www.electronicoscaldas.com/3057-large_default/celda-de-carga-para-5-kg-yzc-131a.jpg

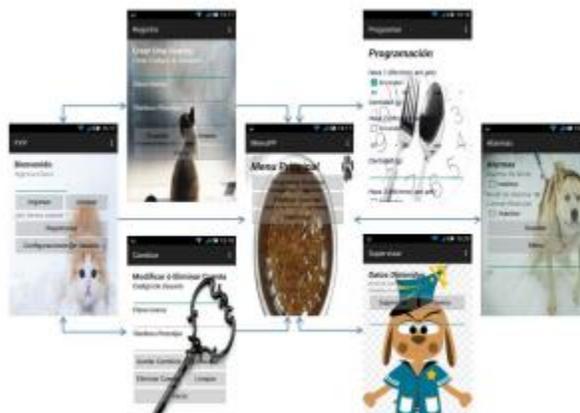
2.17. Estado del Arte

En primera instancia se sabe que actualmente ya se cuenta con proyectos destinados a la dosificación de alimentos implementados para mascotas, especies animales silvestres y de granja, pero no existe uno enfocado solamente para pollos de engorde que sea de bajo costo. Con esto empezamos a mencionar algunos de los proyectos ya existentes:

En su investigación “dispensador automático de comida para mascotas programable y controlado remotamente”. El sistema consiste en el desarrollo de un sistema que dosifica el alimento para mascotas de manera programada y que se pueda controlar a distancia desde un dispositivo móvil. El sistema dosificador funciona con base en un motor DC el cual regula la dosificación del alimento activando una banda transportadora y el modelo de controlador consta de un microcontrolador, un sistema de reloj de tiempo y una interfaz local. (León & Rueda, 2013)

figura 23

Dispensador Automático De Comida Para Mascotas Programable Y Controlado Remotamente



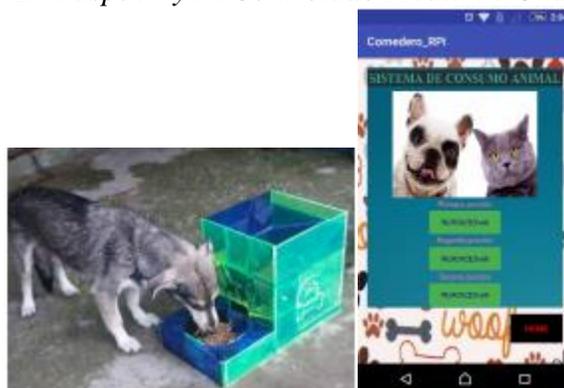
Nota: imagen obtenida de

<https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/bitstream/handle/10893/9148/CB-0527751.pdf;jsessionid=FF29E3DA3FF59614D65354AF0609BAF4?sequence=1>

En la investigación “Diseño e implementación de un prototipo de dispensador automático de comida para animales basado en Raspberry pi controlado mediante una aplicación móvil”. Donde la función del comedero para alimentar mascotas se fundamenta en el desarrollo de una aplicación móvil que realiza ciertas tareas de forma rápida y eficiente. La función primordial de la aplicación es entablar comunicación vía datos o wifi desde cualquier punto con el comedero, dando así acceso al servidor web y otorgando un control pleno sobre el funcionamiento de la Raspberry pi y las instrucciones establecidas dentro de esta. (Zapata & Gil, 2017)

Figura 24

Diseño E Implementación De Un Prototipo De Dispensador Automático De Comida Para Animales Basado En Raspberry Pi Controlado Mediante Una Aplicación Móvil



Nota: imagen obtenida de

<http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/8054/6817664Z35.pdf?sequence=1>

En esta investigación “sistema de dosificación de alimento para el mono marimonda gris con monitoreo inalámbrico mediante una aplicación web”. Un sistema automatizado con la capacidad de medir, controlar y realizar una correcta y adecuada dosificación de alimentos para poder garantizar el mejoramiento de la nutrición del Mono Marimonda Gris y poder controlar el nivel de alimentación de dicho animal. Además, el sistema posee un monitoreo en tiempo real a través de una aplicación de Web, con el fin de monitorear la cantidad total de alimento dosificado, la cantidad de alimento que tiene almacenado el sistema (ya sea que esté lleno o este

vacío) y si ya se le entregó la ración de comida al mono marimonda teniendo en cuenta el horario de comida establecido para esta especie animal. (Arteta & Vera, 2019)

Figura 25
Sistema De Dosificación De Alimento Para El Mono Marimonda Gris Con Monitoreo Inalámbrico Mediante Una Aplicación Web



Nota: imagen obtenida de <https://www.youtube.com/watch?v=avayB5V0ORs>

Capítulo 3

3. Análisis de Resultados y Propuesta Ingenieril

En este capítulo se describe cómo se realizó lo planeado en la metodología. Se basa en la interpretación de lo que se llevó a cabo.

3.1 Análisis de resultados

Posteriormente a la implementación del sistema de control se recolectaron muestras de las variables de control y el proceso de crecimiento de las aves, por un periodo de cuatro semanas, con 20 pollos de engorde, los cuales están contenidos en la siguiente tabla:

Tabla 3
Condiciones Del Galpón Sin Control.

| Día | Temperatura | Humedad | Peso promedio |
|------------|--------------------|----------------|----------------------|
| 01/04/2021 | 31°C | 56% | 40gr |
| 04/04/2021 | 32°C | 54% | 100gr |
| 07/04/2021 | 28°C | 62% | 225gr |
| 10/04/2021 | 31°C | 58% | 375gr |
| 13/04/2021 | 32°C | 52% | 500gr |
| 16/04/2021 | 32°C | 55% | 625gr |
| 19/04/2021 | 31°C | 57% | 750gr |
| 22/04/2021 | 32°C | 55% | 875gr |
| 25/04/2021 | 32°C | 53% | 1000gr |
| 28/04/2021 | 29°C | 60% | 1125gr |
| 01/05/2021 | 32°C | 54% | 1250gr |

Nota: Tabla de fuente propia

Las aves de engorde al estar en una zona cálida tienden a consumir mayor líquido, por lo que es de sumo cuidado mantenerlas hidratadas, además para engordar de manera eficiente y se debe tener cuidado de que no se ahoguen. En (la tabla 3) se observa las mediciones realizadas por un periodo de cuatro semanas donde ve evidencia la variación de temperatura y peso promedio de las aves en su etapa de crecimiento y el peso ideal que deben tener para culminar la etapa de desarrollo y empezar la etapa de engorde.

Tabla 4

Condiciones Del Galpón Con Control.

| Día | Temperatura | Humedad | Peso promedio |
|------------|--------------------|----------------|----------------------|
| 05/05/2021 | 28°C | 60% | 45gr |
| 08/05/2021 | 29°C | 58% | 150gr |
| 11/05/2021 | 29°C | 61% | 325gr |
| 14/05/2021 | 30°C | 59% | 375gr |
| 17/05/2021 | 30°C | 58% | 550gr |
| 20/05/2021 | 31°C | 55% | 675gr |
| 23/05/2021 | 29°C | 60% | 800gr |
| 26/05/2021 | 30°C | 55% | 925gr |
| 29/05/2021 | 29°C | 63% | 1050gr |
| 01/06/2021 | 29°C | 60% | 1175gr |
| 04/06/2021 | 29°C | 64% | 1300gr |

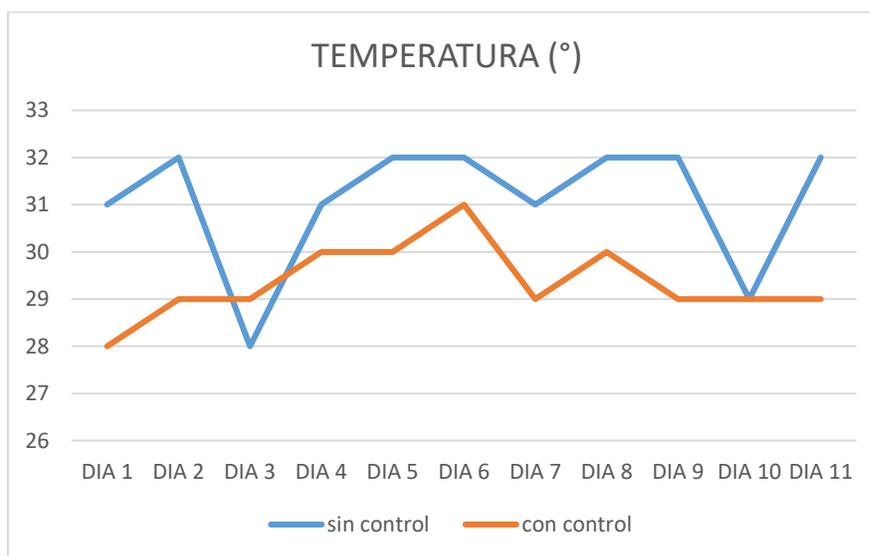
Nota: tabla de fuente de autor.

Se observa en la (tabla 4) que al aplicar el control del galpón se observa una mejora en el control de temperatura y peso lo que mejora el desarrollo de las aves como se observa en el (anexo 27).

Ahora se procede a realizar una breve comparación de los valores con y sin control

Tabla 5

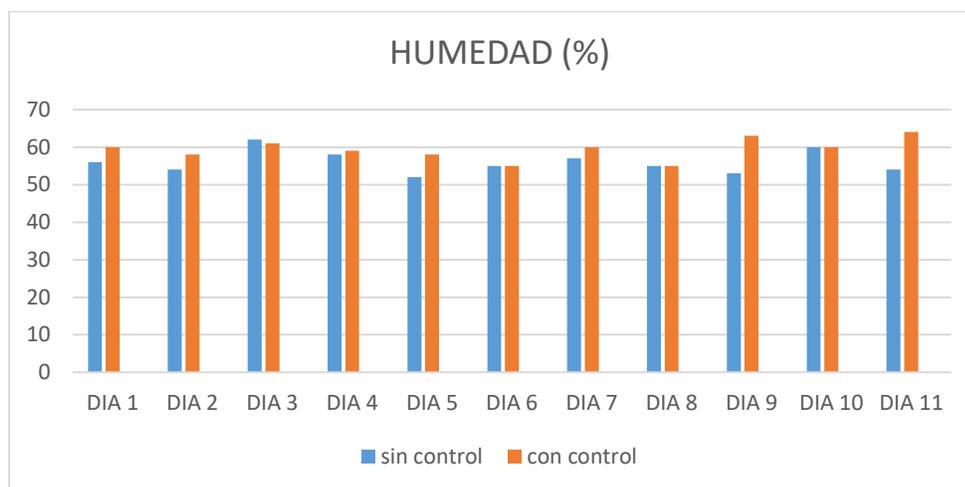
Comparación de temperatura.



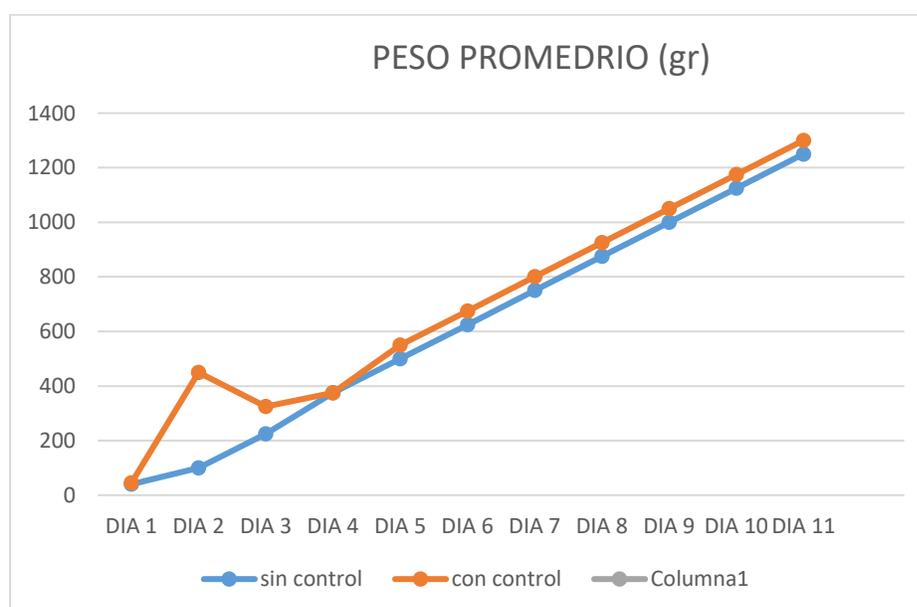
Nota: Tabla de fuente de autor.

Se puede observar en la gráfica correspondiente a los datos de la temperatura previamente obtenidos por los dos estudios se tiene que al momento que se implementó el control se tiene mejor manejo de la temperatura.

Este tipo de aves (pollos de engorde) cuando superan los 35° empiezan a sofocarse y esto genera un infarto propiciando así su deceso debido a esto se estableció que la temperatura del galpón ideal fuera menor a 30° y en dado caso que se aumentará encenderá extractores y ventiladores.

Tabla 6*Comparación de humedad.**Nota:* Tabla de fuente de autor.

Se puede observar en la gráfica correspondiente a los datos de la humedad obtenidos por los dos estudios se tiene que al implementar el control se tiene una mejoría de la humedad en el galpón

Tabla 7*Comparación de peso promedio.**Nota:* Tabla de fuente de autor.

Se tiene que en la gráfica correspondiente a los datos del peso promedio obtenidos por los dos estudios se observa que al implementar el control se tiene una mejoría del peso en los 20 pollos que se realizó el estudio

Por otro lado, se redujo las pérdidas de animales por sofocamiento de un (15%) a un (5%) de menor mortalidad debido a que en las pruebas que se realizaron sin el control murieron 3 pollos de 20 pollos.

Tabla 8

Costo Del Galpón Y Control.

| Materiales | Costos |
|---------------------------------------|------------------|
| Componentes electrónicos | \$150.000 |
| Insumos para adecuación del galpón | \$335.000 |
| Insumos para la instalación eléctrica | \$82.000 |
| Gastos de transporte | \$100.000 |
| Gastos de insumos varios | \$100.000 |
| TOTAL | \$767.000 |

Nota: Tabla de fuente de autor.

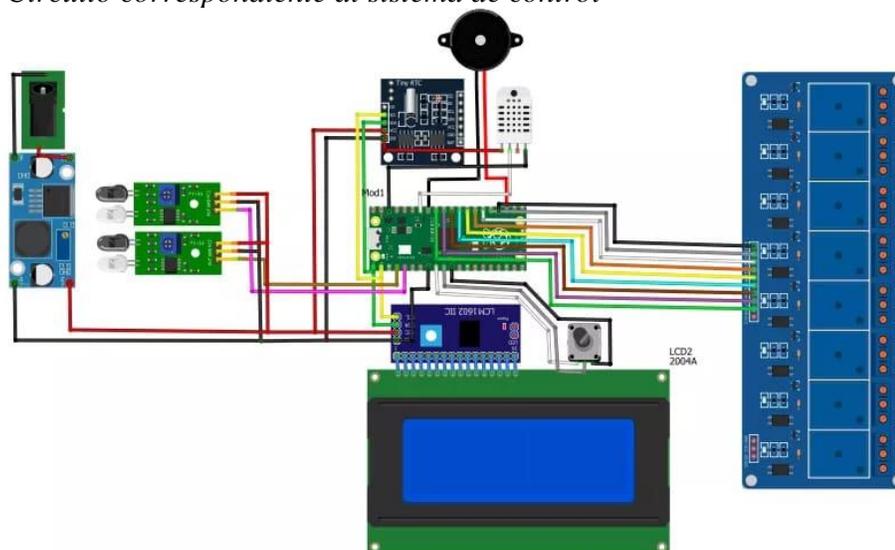
Una vez finalizados la implementación se dedujeron los costos del proyecto como se observa en la (tabla 5) donde se evidencia que la implementación electrónica del sistema no genero mayor gasto que la adecuación del sitio.

Tras finalizar y pasar a vender y distribuir los animales el productor puede estar ganando entre \$17.000 a \$20.000 por cada ave lo que le deja una ganancia de \$340.000 a \$400.000.

3.2 Propuesta ingenieril

Ahora se empieza a especificar la propuesta

Figura 1
Circuito correspondiente al sistema de control



fritzing

Nota: imagen obtenida de fuente de autor

En la figura 26 describe todo el sistema de control en general, este sistema tiene como elemento controlador a una Raspberry pico, además de sus elementos de entradas y salida, como son la pantalla que se utiliza para visualizar los estados de las variables de control, además de a través de un encoder rotativo se podrá seleccionar un menú para cambiar la vistas de las variables, como elemento de control de potencia se usó un módulo de relé de 8 canales, por si se desean ampliar los elementos de salida. Aparte de esto posee un módulo buzzer para generar alerta cuando los tanques estén vacíos, como también un módulo de celdas de cargas que nos permitirá obtener el peso de los animales y los sensores de nivel de líquido, los cuales no se encuentran en la librería del programa.

A continuación, se procede a explicar el código

Como primer paso se empezó con la parte de las librerías y definición de pines (Anexo 40) en el cual se declararon las librerías y elementos que se utilizaran de esta además los pines de trabajo que se utilizaron, para el control de entradas y salidas del sistema.

Segundo se definen las variables de control (Anexo 41) Se inicia el programa definiendo los estados iniciales de las variables y los elementos de control apagados.

Tercero se definieron las funciones del menú (Anexo 42) se estará definiendo la función inicial que será la primera que se mostrará en nuestro menú. Además, se muestra la función de control del tanque bebedero esta función revisa el estado del tanque y activa o desactiva el bebedero.

Cuarto se define la función monitor de comederos (Anexo 43) en esta función se ejecuta el sistema de monitoreo del tanque 1 el cual al verificar el estado de los sensores genera una alerta visual y auditiva para que sea rellenado.

Quinto se define la función del monitoreo del tanque 2 (Anexo 44) esta función es similar a la del tanque 1 pero con la diferencia que estado de los sensores se ha invertido debido a que los sensores de ambos tanques generan un estado diferente con la misma señal.

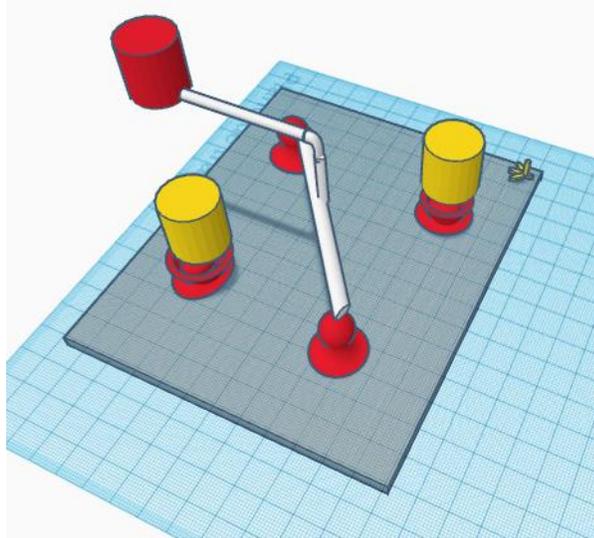
Sexto se define la función que revisa la temperatura (Anexo 45) en esta Función se evalúa la temperatura relativa que posee el galpón, y dependiendo de esta activará o no el ventilador para minimizar la temperatura y que no se sofoquen los animales.

Séptimo se define el inicio del ciclo de la máquina de estado (Anexo 46) se evalúa de manera cíclica el estado de Encoder, visualizando así las funciones anteriormente descritas, permitiéndonos desplazarnos por el menú.

Octavo se define la visualización de la báscula (Anexo 47) en la última opción del menú tenemos a la medición de la báscula para el control del peso de los animales.

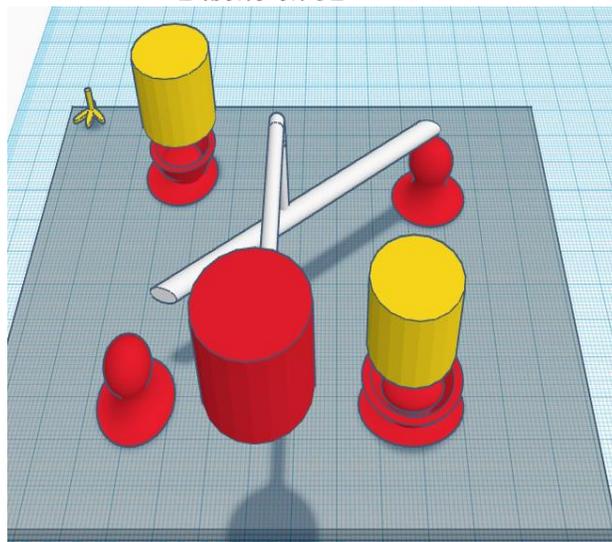
A continuación, se presenta el diseño del montaje en 3D el cual tiene una distribución de comederos por puntos que nos ayuda con su buena alimentación debido que tenemos del lado derecho un bebedero y un comedero y del lado izquierdo

Figura 2
Diseño en 3D



Nota: imagen obtenida de fuente de autor

Figura 3
Diseño en 3D



Nota: imagen obtenida de fuente de autor

Procede a mostrar en los anexos el diseño general del proceso realizado para el suministro vital de las aves de corral

A continuación, se especificará en detalle la implementación del sistema

Primero se realizó una visita a la granja para observar las condiciones de los pollos (Anexo 2) en el cual observamos malas condiciones de los pollos de engorde

Segundo se procedió a la acomodación del espacio (Anexo 4 al Anexo 8) en este punto se realiza la reestructuración del suelo, el montaje de la malla, y acople de la poli sombra

*Anexo.
ajuste de malla*



Nota: imagen obtenida de fuente de autor

Tercero se instalan los comederos y bebederos para los pollos de engorde (Anexo 11 al Anexo 14) en este punto se observa el ajuste de orificio, montaje de guayas y visualización del montaje

Cuarto se realiza montaje del tanque y mangueras para los bebederos (Anexo 17)

Quinto montaje del circuito (Anexo 18 al Anexo 22)

Adicional a esto realizamos un manual de usuario o guía para que la persona encargada se encuentre en condiciones de entender su funcionamiento.

Figura 4
Hoja 1 del manual de usuario



Manual de usuario

Diseño e implementación de un sistema automatizado de suministro de alimento y bebida para el galpón de la granja avícola ubicada en calle 110 # 38- 700, de la ciudad de barranquilla

Jennifer Carreño, Jesús Sepúlveda
05/2021

Por favor lea las siguientes instrucciones antes de operar con la unidad. La producción de este dispositivo sigue un principio de mejora para la calidad de vida de los pollos de engorde.

UNIDAD PRINCIPAL



1. Pantalla LCD 20x4
2. Módulo encoder Ky-40

FUENTE DE PODER
La unidad contiene sus conexiones a corriente alterna. Conecté el adaptador a la red eléctrica para tener energizado el dispositivo.

NOTA:

- Durante el uso del dispositivo mantener conectado a la energía
- Dado el caso de alguna emergencia con el agua utilizar la válvula manual.



Operando el dispositivo

Esta unidad cuenta con un método el cual facilita su operación

1. Conecte el dispositivo a la energía
2. Encienda la unidad rotando el módulo encoder Ky-40
3. El indicador LED parpadeará rápidamente cuando se encuentre encendida
4. Cuando se haya encendido correctamente empieza la configuración del primer paso
5. Verificar la hora que estén correctas
6. Verificar que el tanque 1 y 2 estén llenos
7. Verificar que la manguera de la gúa este abierta

RECUERDE!!

SIEMPRE DARLE BUEN USO AL DISPOSITIVO Y EN ZONA NO HUMEDA O LIBRE DE AGUA

1

Jennifer Carreño Díaz y Jesús Sepúlveda Donado



UNIVERSIDAD
**AUTÓNOMA
DEL CARIBE**
Barranquilla, Atlántico

Nota: imagen obtenida de fuente de autor

Figura 5
Hoja 2 del manual de usuario

Luego de esto verificamos que cada configuración esta acertada o tal cual está configurada en el código

Con esto empezamos observar cada una de la ventana (LCD) que arroja el sistema. En las ventanas o LCD observaremos lo siguiente

- Primero nos indicara el estado de los dosificadores de agua y de comida



- Como segunda instancia encontramos el estado de los actuadores el cual nos indica el estado del ventilador



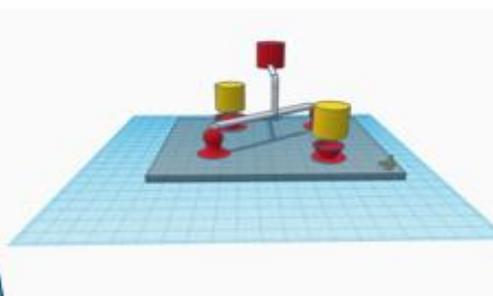
- En tercer lugar observamos los valores de la temperatura



- Como última instancia sale la báscula la cual nos estará mostrando el peso que tenga



Y al momento de entregar el peso del pollo te da un mensaje en el cual te indica que lo retires



Por favor darle un buen uso al dispositivo y en dado caso de algún error enseguida comunicarse con las personas que realizaron el dispositivo.

MANTENER ALEJADO DEL AGUA Y NO CMABIR EL LUGAR DONDE SE INSTALO

Capítulo 4

4. Conclusiones

En conclusión, la automatización de los sistemas de dosificación de agua y comida minimizan el estrés y la tensión de las aves, debido a que no se ven interrumpida su alimentación durante el periodo de crecimiento y engorde, además, que durante el este periodo se lograr mantener una climatización idónea para estas aves lo que permite el menor número de calorías pérdidas durante la etapa de engorde así el animal consume el alimento necesario. Por otro lado, también se observó que, que el suministro constante de alimento y bebida además de la climatización disminuyó los problemas de salud en las aves, disminuyendo la tasa de mortalidad de un 15% a 5%, además que el peso promedio de las aves aumento en un 4% en las primeras 4 semanas de desarrollo.

Otro además de los beneficios antes mencionados se observa que la perdida de alimento se convirtió de aproximadamente 500gr a 100gr por pollo a la semana, como también el flujo constante del agua en nuestro sistema aumento el crecimiento y redujo la tasa de mortalidad por ahogamiento.

Capítulo 5

5. Recomendaciones

- Se recomienda tener presente la capacidad máxima () de trabajo de almacenamiento de la tolva, ya que puede ocasionar una posible rebose o escape de alimento
- Se recomienda aislar los sensores. Actuadores y otros del agua, debido a que el contacto con superficies húmedas ocasiona daños en los mismos
- Se recomienda investigar otros tipos de materiales de construcción para ofrecer variedad en el diseño del dosificador de alimento
- Mejorar en el futuro la capacidad del motor y electroválvulas de 12v a 24v, teniendo en cuenta los periodos de trabajo a los que va a estar expuesto

6. Bibliografía

- Alzate, O. F. (2019a, mayo 1). *Modulo HX711*. Codigo Electronica. <http://codigoelectronica.com/blog/modulo-hx711>
- Alzate, O. F. (2019b, junio 12). *DS1307*. Codigo Ectronica. <http://codigoelectronica.com/blog/ds1307-datasheet>
- Alzate, O. F. (2019c, octubre 23). *DHT11*. Codigo Electronica. <http://codigoelectronica.com/blog/dht11-datasheet>
- Alzate, O. F. (2020a, marzo 4). *Raspberry pico*. Codigo Electronica. <http://codigoelectronica.com/blog/hoja-de-datos-raspberry-pi-pico>
- Alzate, O. F. (2020b, noviembre 17). *Celda de carga*. Codigo Electronica. <http://codigoelectronica.com/blog/celda-de-carga>
- Alzate, O. F. (2021, 31 diciembre). *Conversor lcd i2c*. Codigo Electronica. <http://codigoelectronica.com/blog/conversor-lcd-i2c>
- Cabrera, O. (2018, 9 enero). Fenavi, Consumo histórico de huevo y pollo en Colombia. aviNews, la revista global de avicultura. <https://avicultura.info/fenavi-consumo-historico-huevo-pollo-colombia/>
- Especies de aves de corral*. (2017). FAO. <http://www.fao.org/poultry-production-products/production/poultry-species/es/>
- León, J., & Rueda, D. (2013). DISPENSADOR AUTOMÁTICO DE COMIDA PARA MASCOTAS, PROGRAMABLE Y CONTROLADO REMOTAMENTE. <https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/bitstream/handle/10893/9148/CB-0527751.pdf;jsessionid=7769A5C5BC1FB226BB307F316116E335?sequence=1>
- Manejo y alojamiento*. (2017). FAO. <http://www.fao.org/poultry-production-products/production/management-and-housing/es/>
- Mouser. (s. f.). *DTH11*. Recuperado 10 de mayo de 2021, de <https://www.mouser.com/datasheet/2/758/DHT11-Technical-Data-Sheet-Translated-Version-1143054.pdf>

- Ogata, K. (2010). *Ingeniería de control moderna* (5.^a ed., Vol. 1) [Libro electrónico]. Pearson Educación. https://www.u-cursos.cl/usuario/78303fe04da8e4eb340eae09f1840b2/mi_blog/r/Ingenieria_de_Control_Moderna_Ogata_5a_ed.pdf
- Sparkfun. (s. f.). *Converter (ADC) for Weigh Scales*. Recuperado 10 de mayo de 2021, de https://cdn.sparkfun.com/datasheets/Sensors/ForceFlex/hx711_english.pdf
- UNIT Electronics. (s. f.-a). *FC-51 Sensor De Obstáculos Reflectivo Infrarrojo*. Recuperado 28 de mayo de 2021, de <https://uelectronics.com/producto/fc-51-sensor-de-obstaculos-reflectivo-infrarojo/>
- UNIT Electronics. (s. f.-b). *Modulo KY-040 Sensor Encoder Rotativo*. Recuperado 28 de mayo de 2021, de <https://uelectronics.com/producto/modulo-ky-040-sensor-encoder-rotativo/>
- Zapata, J., & Gil, D. (2017). Diseño e implementación de un prototipo de dispensador automático de comida para animales basado en raspberry pi controlado mediante una aplicación móvil. <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/8054/6817664Z35.pdf?sequence=1>

7. Anexos

1 Anexo. Primera vista del galpón



2 Anexo. Visita para ver las condiciones de los pollos



3 Anexo. Mini galpón provisional



4 Anexo. Acomodación del espacio



5Anexo. montaje de la malla**6Anexo. ajuste de malla**

7 Anexo. Visualización de la malla



8 Anexo. Ajuste de la poli sombra



9 Anexo. Enterramos la manguera



10 Anexo. Instalación de luz



11 Anexo. Ajuste del dispensador de agua



12 Anexo. Ajuste de orificios



13 Anexo. Ajuste de guayas



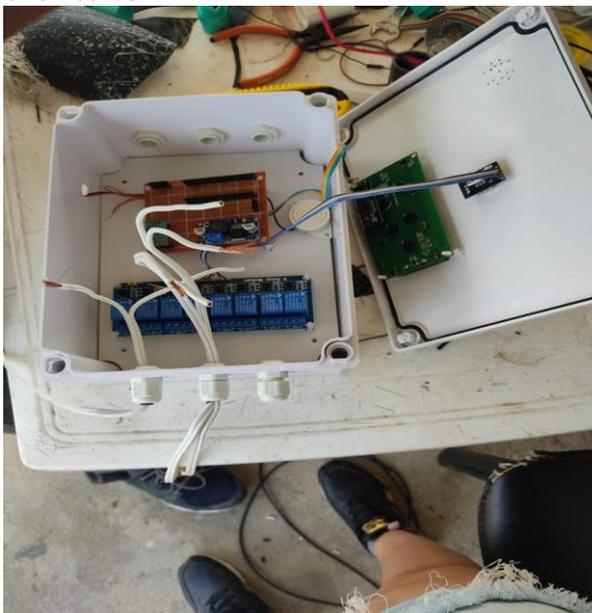
14 Anexo. Primer montaje de comederos y bebederos



15 Anexo. Instalación de cableado



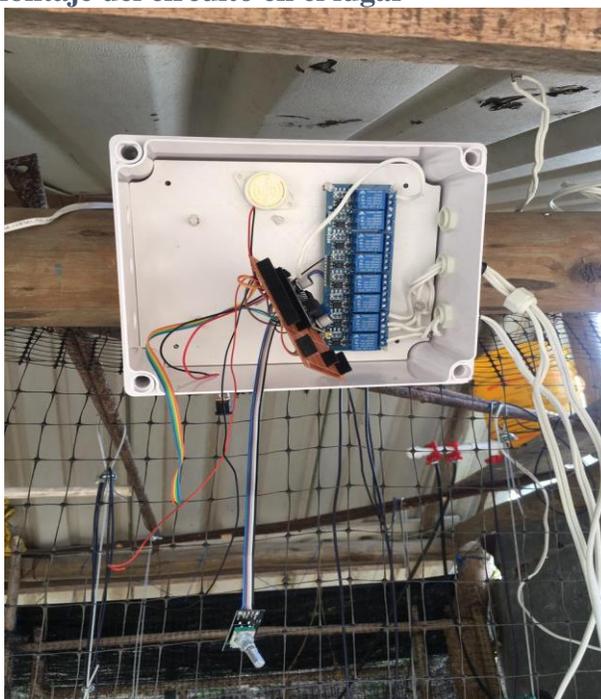
16Anexo. Primer montaje de caja**17Anexo. Instalación de tanque y mangueras**

18Anexo. Montaje del circuito**19Anexo. Montaje del circuito**

20 Anexo. Primera prueba de la bascula



21 Anexo. Primer montaje del circuito en el lugar

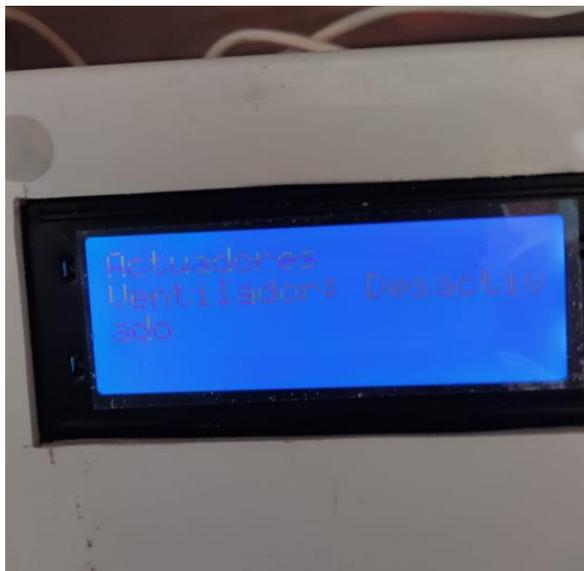


22 Anexo. Segundo montaje del circuito e inicio de pruebas



23 Anexo. Prueba



24 Anexo. Prueba**25 Anexo. Prueba**

26 Anexo. Pruebas**27 Anexo. Prueba**

28Anexo. Prueba



29Anexo. prueba



30 Anexo. Prueba



31 Anexo. Prueba del tanque principal lleno



32 Anexo. Prueba y sincronización de sensores



33 Anexo. Prueba de sensores



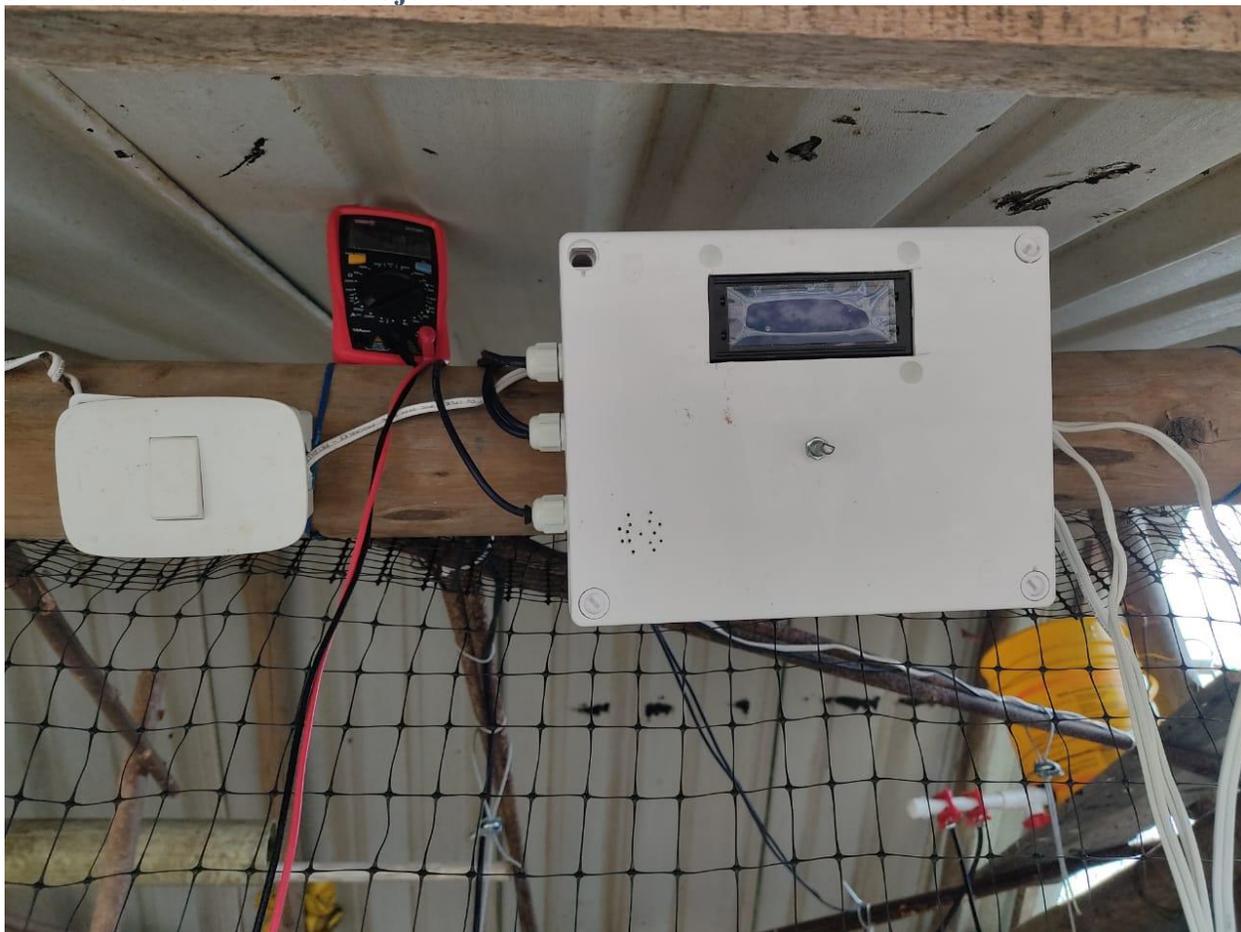
34 Anexo. sincronización de sensores tolva 2**35 Anexo. sincronización de sensores tolva 1**

36 Anexo. Ajuste de sensor**37 Anexo. Muestra de sensores parte interna**

38 Anexo. prueba de pollo tomando agua



39 Anexo. Muestra de montaje final



40. Anexo. Librerías y definición de pines

```

main.py * x pico_i2c_lcd.py x hx711.py x dht.py x ds1307.py x
1 from machine import I2C, Pin
2 from utime import sleep
3 from pico_i2c_lcd import I2cLcd
4 from ds1307 import DS1307
5 from dht import DHT11
6 from rotary_irq_rp2 import RotaryIRQ
7 from hx711 import HX711
8
9 driver = HX711(d_out = 18, pd_sck = 19)
10 i2c = I2C(0, scl = Pin(1), sda = Pin(0), freq = 400000)
11 lcd = I2cLcd(i2c, 0x27, 4, 20)
12 i2c_rtc = I2C(1, scl = Pin(3), sda = Pin(2), freq = 400000)
13 result = I2C.scan(i2c_rtc)
14 rtc=DS1307(result)
15 dht = DHT11(Pin(4), Pin.IN, Pin.PULL_DOWN))
16 sw = Pin(7, Pin.IN, Pin.PULL_UP)
17 b0 = Pin(8, Pin.OUT) #buzzer
18 r0 = Pin(9, Pin.OUT) #Electrovalvula
19 r1 = Pin(10, Pin.OUT) # Luz
20 r2 = Pin(11, Pin.OUT) #ventilacion
21 s0 = Pin(12, Pin.IN, Pin.PULL_UP) #tanque lvl bajo
22 s1 = Pin(13, Pin.IN, Pin.PULL_UP) #tanque lvl alto
23 s2 = Pin(14, Pin.IN) #sensor LVL_lleno tanque 1
24 s3 = Pin(15, Pin.IN) #sensor LVL_vacio tanque 1

```

41. Anexo. Definiciones de las variables de control

```

main.py * x pico_i2c_lcd.py x hx711.py x dht.py x ds1307.py x
25 s4 = Pin(16, Pin.IN) #sensor LVL_lleno tanque 2
26 s5 = Pin(17, Pin.IN) #sensor LVL_vacio tanque 2
27 rtc.datetime(2021,6,8,2,10,25,20,0)
28
29 r0.value(1)
30 r1.value(1)
31 r2.value(1)
32 lcd.clear()
33 day=['Dom', 'Lun', 'Mar', 'Mie', 'Jue', 'Vie', 'Sab']
34 r = RotaryIRQ(pin_num_clk = 5,
35               pin_num_dt = 6,
36               min_val = 0,
37               max_val = 3,
38               reverse=False,
39               range_mode=RotaryIRQ.RANGE_WRAP)
40 def Inicio():
41     (Y,m,d,D,H,M,S,p1) = rtc.datetime()
42     lcd.move_to(0, 0)
43     lcd.putstr(str(d)+'/'+str(m)+'/'+str(d)+' '+str(H)+':'+str(M)+':'+str(S))
44     lcd.move_to(0, 1)
45     lcd.putstr(day[D])
46     lcd.move_to(0, 2)
47     lcd.putstr('TR = '+str(t)+chr(223)+'C')
48     lcd.move_to(0, 3)

```

Consola

```

>>>

```

42. Anexo. Funciones del menú

```

main.py * x pico_i2c_lcd.py x hx711.py x dht.py x ds1307.py x
39         range_mode=RotaryIRQ.RANGE_WRAP)
40     def Inicio():
41         (Y,m,d,D,H,M,S,p1) = rtc.datetime()
42         lcd.move_to(0, 0)
43         lcd.putstr(str(d)+'/'+str(m)+'/'+str(d)+' '+str(H)+':'+str(M)+':'+str(S))
44         lcd.move_to(0, 1)
45         lcd.putstr(day[D])
46         lcd.move_to(0 ,2)
47         lcd.putstr('TR = '+str(t)+chr(223)+'C')
48         lcd.move_to(0, 3)
49         lcd.putstr('Hr = '+str(h)+'%')
50     # Condicional para el tanque del bebedero
51     def Tan3():
52         if s0.value() == 0 and s1.value() == 0:
53             Message = 'Vacio'
54             r0.value(1)
55         elif s0.value() == 1 and s1.value() == 0:
56             Message = 'Medio'
57             r0.value(1)
58         elif s0.value() == 1 and s1.value() == 1:
59             Message = 'Lleno'
60             r0.value(0)
61         else:
62             Message = 'Error'

```

Consola

```

>>> |

```

Python 3.7.9

43. Anexo. Función monitor de comederos

```

main.py * x pico_i2c_lcd.py x hx711.py x dht.py x ds1307.py x
63         r0.value(1)
64         return Message
65     # Condicional para primer tanque
66     def Tan1():
67         if s2.value() == 0 and s3.value() == 0:
68             Message = 'Lleno'
69             b0.value(0)
70         elif s2.value() == 1 and s3.value() == 0:
71             Message = 'Medio'
72             b0.value(0)
73         elif s2.value() == 1 and s3.value() == 1:
74             Message = 'Vacio'
75             b0.value(1)
76             sleep(0.5)
77             b0.value(0)
78             sleep(0.5)
79         else:
80             Message = 'Error'
81             b0.value(0)
82         return Message
83     #Condicional para segundo tanque
84     def Tan2():
85         if s4.value() == 1 and s5.value() == 1:
86             b0.value(0)

```

Consola

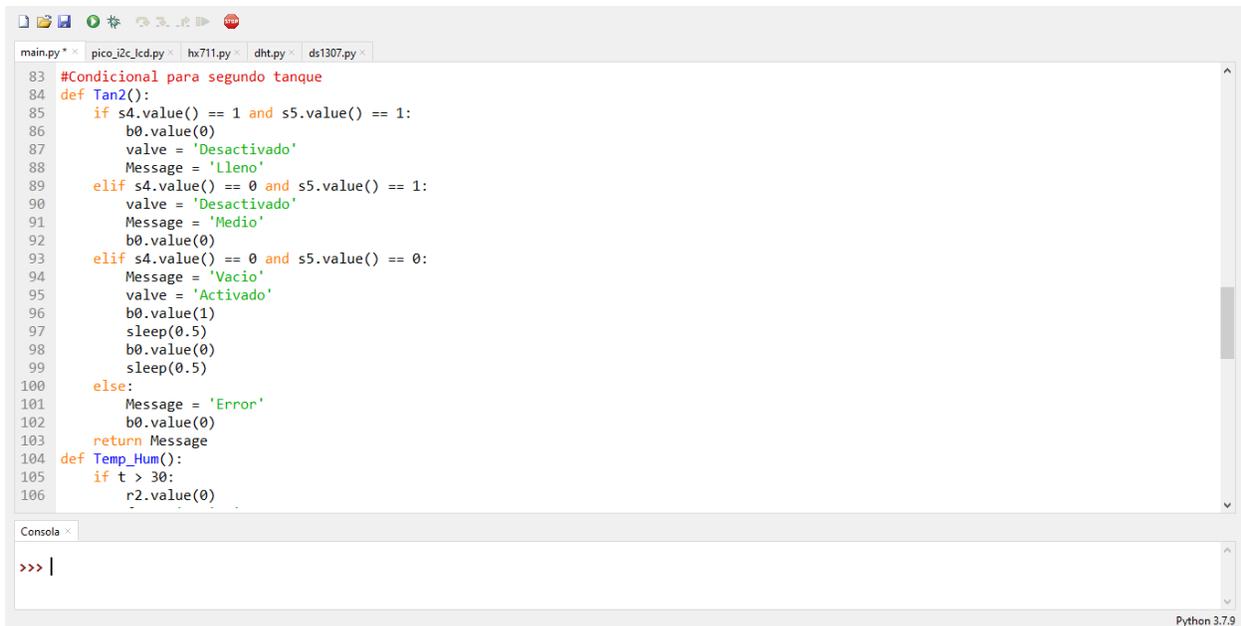
```

>>> |

```

Python 3.7.9

44. Anexo. función de monitoreo del tanque 2



```

main.py * x pico_i2c_lcd.py x hx711.py x dht.py x ds1307.py x
83 #Condicional para segundo tanque
84 def Tan2():
85     if s4.value() == 1 and s5.value() == 1:
86         b0.value(0)
87         valve = 'Desactivado'
88         Message = 'Lleno'
89     elif s4.value() == 0 and s5.value() == 1:
90         valve = 'Desactivado'
91         Message = 'Medio'
92         b0.value(0)
93     elif s4.value() == 0 and s5.value() == 0:
94         Message = 'Vacío'
95         valve = 'Activado'
96         b0.value(1)
97         sleep(0.5)
98         b0.value(0)
99         sleep(0.5)
100     else:
101         Message = 'Error'
102         b0.value(0)
103     return Message
104 def Temp_Hum():
105     if t > 30:
106         r2.value(0)

```

Consola

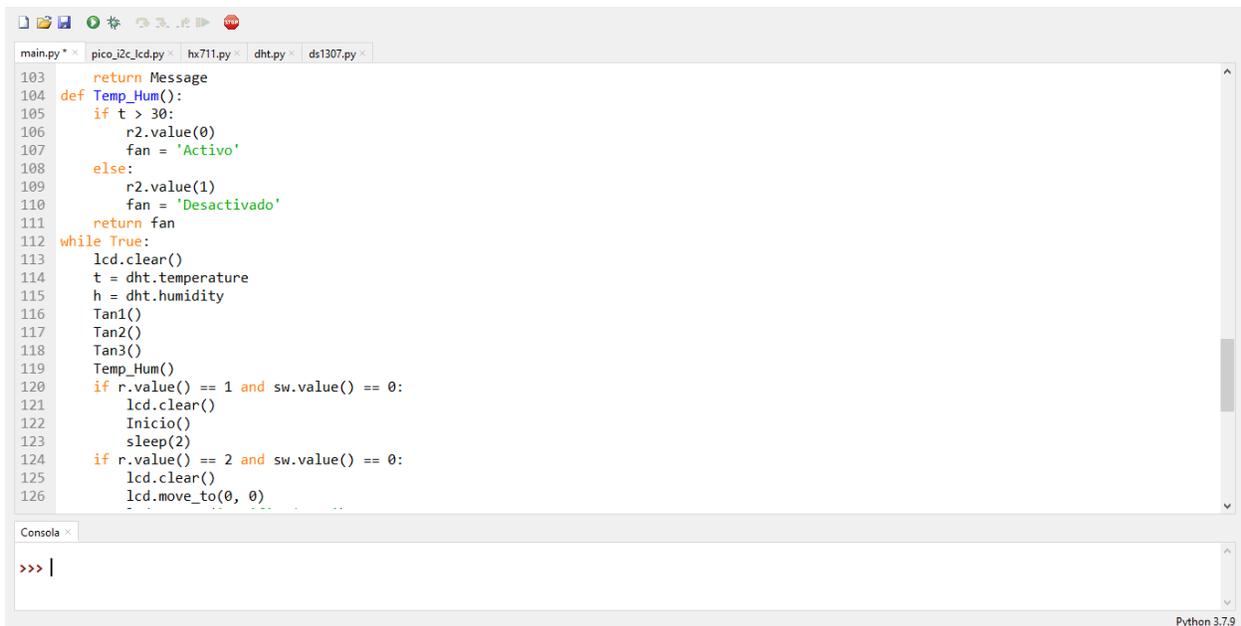
```

>>> |

```

Python 3.7.9

45. Anexo. función que revisa la temperatura



```

main.py * x pico_i2c_lcd.py x hx711.py x dht.py x ds1307.py x
103     return Message
104 def Temp_Hum():
105     if t > 30:
106         r2.value(0)
107         fan = 'Activo'
108     else:
109         r2.value(1)
110         fan = 'Desactivado'
111     return fan
112 while True:
113     lcd.clear()
114     t = dht.temperature
115     h = dht.humidity
116     Tan1()
117     Tan2()
118     Tan3()
119     Temp_Hum()
120     if r.value() == 1 and sw.value() == 0:
121         lcd.clear()
122         Inicio()
123         sleep(2)
124     if r.value() == 2 and sw.value() == 0:
125         lcd.clear()
126         lcd.move_to(0, 0)

```

Consola

```

>>> |

```

Python 3.7.9

46. Anexo. Inicio del ciclo de la máquina de estado

```

main.py × pico_i2c_lcd.py × hx711.py × dht.py × ds1307.py ×
119 Temp_Hum()
120 if r.value() == 1 and sw.value() == 0:
121     lcd.clear()
122     Inicio()
123     sleep(2)
124 if r.value() == 2 and sw.value() == 0:
125     lcd.clear()
126     lcd.move_to(0, 0)
127     lcd.putstr('Dosificadores')
128     lcd.move_to(0, 1)
129     lcd.putstr('Tanque 1: '+Tan1())
130     sleep(0.5)
131     lcd.move_to(0, 2)
132     lcd.putstr('Tanque 2: '+Tan2())
133     sleep(0.5)
134     lcd.move_to(0, 3)
135     lcd.putstr('Tanque 3: '+Tan3())
136     sleep(2)
137 if r.value() == 3 and sw.value() == 0:
138     lcd.clear()
139     lcd.move_to(0, 0)
140     lcd.putstr('Actuadores')
141     lcd.move_to(0, 1)
142     lcd.putstr('Ventilador: '+Temp_Hum())
143
144
145
146
147
148
149
150
151
152
153
154
155
156
157
158
159
160
161
162
163
164
165
166
167
168
169
170
171
172
173
174
175
176
177
178
179
180
181
182
183
184
185
186
187
188
189
190
191
192
193
194
195
196
197
198
199
200
201
202
203
204
205
206
207
208
209
210
211
212
213
214
215
216
217
218
219
220
221
222
223
224
225
226
227
228
229
230
231
232
233
234
235
236
237
238
239
240
241
242
243
244
245
246
247
248
249
250
251
252
253
254
255
256
257
258
259
260
261
262
263
264
265
266
267
268
269
270
271
272
273
274
275
276
277
278
279
280
281
282
283
284
285
286
287
288
289
290
291
292
293
294
295
296
297
298
299
300
301
302
303
304
305
306
307
308
309
310
311
312
313
314
315
316
317
318
319
320
321
322
323
324
325
326
327
328
329
330
331
332
333
334
335
336
337
338
339
340
341
342
343
344
345
346
347
348
349
350
351
352
353
354
355
356
357
358
359
360
361
362
363
364
365
366
367
368
369
370
371
372
373
374
375
376
377
378
379
380
381
382
383
384
385
386
387
388
389
390
391
392
393
394
395
396
397
398
399
400
401
402
403
404
405
406
407
408
409
410
411
412
413
414
415
416
417
418
419
420
421
422
423
424
425
426
427
428
429
430
431
432
433
434
435
436
437
438
439
440
441
442
443
444
445
446
447
448
449
450
451
452
453
454
455
456
457
458
459
460
461
462
463
464
465
466
467
468
469
470
471
472
473
474
475
476
477
478
479
480
481
482
483
484
485
486
487
488
489
490
491
492
493
494
495
496
497
498
499
500
501
502
503
504
505
506
507
508
509
510
511
512
513
514
515
516
517
518
519
520
521
522
523
524
525
526
527
528
529
530
531
532
533
534
535
536
537
538
539
540
541
542
543
544
545
546
547
548
549
550
551
552
553
554
555
556
557
558
559
560
561
562
563
564
565
566
567
568
569
570
571
572
573
574
575
576
577
578
579
580
581
582
583
584
585
586
587
588
589
590
591
592
593
594
595
596
597
598
599
600
601
602
603
604
605
606
607
608
609
610
611
612
613
614
615
616
617
618
619
620
621
622
623
624
625
626
627
628
629
630
631
632
633
634
635
636
637
638
639
640
641
642
643
644
645
646
647
648
649
650
651
652
653
654
655
656
657
658
659
660
661
662
663
664
665
666
667
668
669
670
671
672
673
674
675
676
677
678
679
680
681
682
683
684
685
686
687
688
689
690
691
692
693
694
695
696
697
698
699
700
701
702
703
704
705
706
707
708
709
710
711
712
713
714
715
716
717
718
719
720
721
722
723
724
725
726
727
728
729
730
731
732
733
734
735
736
737
738
739
740
741
742
743
744
745
746
747
748
749
750
751
752
753
754
755
756
757
758
759
760
761
762
763
764
765
766
767
768
769
770
771
772
773
774
775
776
777
778
779
780
781
782
783
784
785
786
787
788
789
790
791
792
793
794
795
796
797
798
799
800
801
802
803
804
805
806
807
808
809
810
811
812
813
814
815
816
817
818
819
820
821
822
823
824
825
826
827
828
829
830
831
832
833
834
835
836
837
838
839
840
841
842
843
844
845
846
847
848
849
850
851
852
853
854
855
856
857
858
859
860
861
862
863
864
865
866
867
868
869
870
871
872
873
874
875
876
877
878
879
880
881
882
883
884
885
886
887
888
889
890
891
892
893
894
895
896
897
898
899
900
901
902
903
904
905
906
907
908
909
910
911
912
913
914
915
916
917
918
919
920
921
922
923
924
925
926
927
928
929
930
931
932
933
934
935
936
937
938
939
940
941
942
943
944
945
946
947
948
949
950
951
952
953
954
955
956
957
958
959
960
961
962
963
964
965
966
967
968
969
970
971
972
973
974
975
976
977
978
979
980
981
982
983
984
985
986
987
988
989
990
991
992
993
994
995
996
997
998
999
1000
1001
1002
1003
1004
1005
1006
1007
1008
1009
1010
1011
1012
1013
1014
1015
1016
1017
1018
1019
1020
1021
1022
1023
1024
1025
1026
1027
1028
1029
1030
1031
1032
1033
1034
1035
1036
1037
1038
1039
1040
1041
1042
1043
1044
1045
1046
1047
1048
1049
1050
1051
1052
1053
1054
1055
1056
1057
1058
1059
1060
1061
1062
1063
1064
1065
1066
1067
1068
1069
1070
1071
1072
1073
1074
1075
1076
1077
1078
1079
1080
1081
1082
1083
1084
1085
1086
1087
1088
1089
1090
1091
1092
1093
1094
1095
1096
1097
1098
1099
1100
1101
1102
1103
1104
1105
1106
1107
1108
1109
1110
1111
1112
1113
1114
1115
1116
1117
1118
1119
1120
1121
1122
1123
1124
1125
1126
1127
1128
1129
1130
1131
1132
1133
1134
1135
1136
1137
1138
1139
1140
1141
1142
1143
1144
1145
1146
1147
1148
1149
1150
1151
1152
1153
1154
1155
1156
1157
1158
1159
1160
1161
1162
1163
1164
1165
1166
1167
1168
1169
1170
1171
1172
1173
1174
1175
1176
1177
1178
1179
1180
1181
1182
1183
1184
1185
1186
1187
1188
1189
1190
1191
1192
1193
1194
1195
1196
1197
1198
1199
1200
1201
1202
1203
1204
1205
1206
1207
1208
1209
1210
1211
1212
1213
1214
1215
1216
1217
1218
1219
1220
1221
1222
1223
1224
1225
1226
1227
1228
1229
1230
1231
1232
1233
1234
1235
1236
1237
1238
1239
1240
1241
1242
1243
1244
1245
1246
1247
1248
1249
1250
1251
1252
1253
1254
1255
1256
1257
1258
1259
1260
1261
1262
1263
1264
1265
1266
1267
1268
1269
1270
1271
1272
1273
1274
1275
1276
1277
1278
1279
1280
1281
1282
1283
1284
1285
1286
1287
1288
1289
1290
1291
1292
1293
1294
1295
1296
1297
1298
1299
1300
1301
1302
1303
1304
1305
1306
1307
1308
1309
1310
1311
1312
1313
1314
1315
1316
1317
1318
1319
1320
1321
1322
1323
1324
1325
1326
1327
1328
1329
1330
1331
1332
1333
1334
1335
1336
1337
1338
1339
1340
1341
1342
1343
1344
1345
1346
1347
1348
1349
1350
1351
1352
1353
1354
1355
1356
1357
1358
1359
1360
1361
1362
1363
1364
1365
1366
1367
1368
1369
1370
1371
1372
1373
1374
1375
1376
1377
1378
1379
1380
1381
1382
1383
1384
1385
1386
1387
1388
1389
1390
1391
1392
1393
1394
1395
1396
1397
1398
1399
1400
1401
1402
1403
1404
1405
1406
1407
1408
1409
1410
1411
1412
1413
1414
1415
1416
1417
1418
1419
1420
1421
1422
1423
1424
1425
1426
1427
1428
1429
1430
1431
1432
1433
1434
1435
1436
1437
1438
1439
1440
1441
1442
1443
1444
1445
1446
1447
1448
1449
1450
1451
1452
1453
1454
1455
1456
1457
1458
1459
1460
1461
1462
1463
1464
1465
1466
1467
1468
1469
1470
1471
1472
1473
1474
1475
1476
1477
1478
1479
1480
1481
1482
1483
1484
1485
1486
1487
1488
1489
1490
1491
1492
1493
1494
1495
1496
1497
1498
1499
1500
1501
1502
1503
1504
1505
1506
1507
1508
1509
1510
1511
1512
1513
1514
1515
1516
1517
1518
1519
1520
1521
1522
1523
1524
1525
1526
1527
1528
1529
1530
1531
1532
1533
1534
1535
1536
1537
1538
1539
1540
1541
1542
1543
1544
1545
1546
1547
1548
1549
1550
1551
1552
1553
1554
1555
1556
1557
1558
1559
1560
1561
1562
1563
1564
1565
1566
1567
1568
1569
1570
1571
1572
1573
1574
1575
1576
1577
1578
1579
1580
1581
1582
1583
1584
1585
1586
1587
1588
1589
1590
1591
1592
1593
1594
1595
1596
1597
1598
1599
1600
1601
1602
1603
1604
1605
1606
1607
1608
1609
1610
1611
1612
1613
1614
1615
1616
1617
1618
1619
1620
1621
1622
1623
1624
1625
1626
1627
1628
1629
1630
1631
1632
1633
1634
1635
1636
1637
1638
1639
1640
1641
1642
1643
1644
1645
1646
1647
1648
1649
1650
1651
1652
1653
1654
1655
1656
1657
1658
1659
1660
1661
1662
1663
1664
1665
1666
1667
1668
1669
1670
1671
1672
1673
1674
1675
1676
1677
1678
1679
1680
1681
1682
1683
1684
1685
1686
1687
1688
1689
1690
1691
1692
1693
1694
1695
1696
1697
1698
1699
1700
1701
1702
1703
1704
1705
1706
1707
1708
1709
1710
1711
1712
1713
1714
1715
1716
1717
1718
1719
1720
1721
1722
1723
1724
1725
1726
1727
1728
1729
1730
1731
1732
1733
1734
1735
1736
1737
1738
1739
1740
1741
1742
1743
1744
1745
1746
1747
1748
1749
1750
1751
1752
1753
1754
1755
1756
1757
1758
1759
1760
1761
1762
1763
1764
1765
1766
1767
1768
1769
1770
1771
1772
1773
1774
1775
1776
1777
1778
1779
1780
1781
1782
1783
1784
1785
1786
1787
1788
1789
1790
1791
1792
1793
1794
1795
1796
1797
1798
1799
1800
1801
1802
1803
1804
1805
1806
1807
1808
1809
1810
1811
1812
1813
1814
1815
1816
1817
1818
1819
1820
1821
1822
1823
1824
1825
1826
1827
1828
1829
1830
1831
1832
1833
1834
1835
1836
1837
1838
1839
1840
1841
1842
1843
1844
1845
1846
1847
1848
1849
1850
1851
1852
1853
1854
1855
1856
1857
1858
1859
1860
1861
1862
1863
1864
1865
1866
1867
1868
1869
1870
1871
1872
1873
1874
1875
1876
1877
1878
1879
1880
1881
1882
1883
1884
1885
1886
1887
1888
1889
1890
1891
1892
1893
1894
1895
1896
1897
1898
1899
1900
1901
1902
1903
1904
1905
1906
1907
1908
1909
1910
1911
1912
1913
1914
1915
1916
1917
1918
1919
1920
1921
1922
1923
1924
1925
1926
1927
1928
1929
1930
1931
1932
1933
1934
1935
1936
1937
1938
1939
1940
1941
1942
1943
1944
1945
1946
1947
1948
1949
1950
1951
1952
1953
1954
1955
1956
1957
1958
1959
1960
1961
1962
1963
1964
1965
1966
1967
1968
1969
1970
1971
1972
1973
1974
1975
1976
1977
1978
1979
1980
1981
1982
1983
1984
1985
1986
1987
1988
1989
1990
1991
1992
1993
1994
1995
1996
1997
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008
2009
2010
2011
2012
2013
2014
2015
2016
2017
2018
2019
2020
2021
2022
2023
2024
2025
2026
2027
2028
2029
2030
2031
2032
2033
2034
2035
2036
2037
2038
2039
2040
2041
2042
2043
2044
2045
2046
2047
2048
2049
2050
2051
2052
2053
2054
2055
2056
2057
2058
2059
2060
2061
2062
2063
2064
2065
2066
2067
2068
2069
2070
2071
2072
2073
2074
2075
2076
2077
2078
2079
2080
2081
2082
2083
2084
2085
2086
2087
2088
2089
2090
2091
2092
2093
2094
2095
2096
2097
2098
2099
2100
2101
2102
2103
2104
2105
2106
2107
2108
2109
2110
2111
2112
2113
2114
2115
2116
2117
2118
2119
2120
2121
2122
2123
2124
2125
2126
2127
2128
2129
2130
2131
2132
2133
2134
2135
2136
2137
2138
2139
2140
2141
2142
2143
2144
2145
2146
2147
2148
2149
2150
2151
2152
2153
2154
2155
2156
2157
2158
2159
2160
2161
2162
2163
2164
2165
2166
2167
2168
2169
2170
2171
2172
2173
2174
2175
2176
2177
2178
2179
2180
2181
2182
2183
2184
2185
2186
2187
2188
2189
2190
2191
2192
2193
2194
2195
2196
2197
2198
2199
2200
2201
2202
2203
2204
2205
2206
2207
2208
2209
2210
2211
2212
2213
2214
2215
2216
2217
2218
2219
2220
2221
2222
2223
2224
2225
2226
2227
2228
2229
2230
2231
2232
2233
2234
2235
2236
2237
2238
2239
2240
2241
2242
2243
2244
2245
2246
2247
2248
2249
2250
2251
2252
2253
2254
2255
2256
2257
2258
2259
2260
2261
2262
2263
2264
2265
2266
2267
2268
2269
2270
2271
2272
2273
2274
2275
2276
2277
2278
2279
2280
2281
2282
2283
2284
2285
2286
2287
2288
2289
2290
2291
2292
2293
2294
2295
2296
2297
2298
2299
2300
2301
2302
2303
2304
2305
2306
2307
2308
2309
2310
2311
2312
2313
2314
2315
2316
2317
2318
2319
2320
2321
2322
2323
2324
2325
2326
2327
2328
2329
2330
2331
2332
2333
2334
2335
2336
2337
2338
2339
2340
2341
2342
2343
2344
2345
2346
2347
2348
2349
2350
2351
2352
2353
2354
2355
2356
2357
2358
2359
2360
2361
2362
2363
2364
2365
2366
2367
2368
2369
2370
2371
2372
2373
2374
2375
2376
2377
2378
2379
2380
2381
2382
2383
2384
2385
2386
2387
2388
2389
2390
2391
2392
2393
2394
2395
2396
2397
2398
2399
2400
2401
2402
2403
2404
2405
2406
2407
2408
2409
2410
2411
2412
2413
2414
2415
2416
2417
2418
2419
2420
2421
2422
2423
2424
2425
2426
2427
2428
2429
2430
2431
2432
2433
2434
2435
2436
2437
2438
2439
2440
2441
2442
2443
2444
2445
2446
2447
2448
2449
2450
2451
2452
2453
2454
2455
2456
2457
2458
2459
2460
2461
2462
2463
2464
2465
2466
2467
2468
2469
2470
2471
2472
2473
2474
2475
2476
2477
2478
2479
2480
2481
2482
2483
2484
2485
2486
2487
2488
2489
2490
2491
2492
2493
2494
2495
2496
2497
2498
2499
2500
2501
2502
2503
2504
2505
2506
2507
2508
2509
2510
2511
2512
2513
2514
2515
2516
2517
2518
2519
2520
2521
2522
2523
2524
2525
2526
2527
2528
2529
2530
2531
2532
2533
2534
2535
2536
2537
2538
2539
2540
2541
2542
2543
2544
2545
2546
2547
2548
2549
2550
2551
2552
2553
2554
2555
2556
2557
2558
2559
2560
2561
2562
2563
2564
2565
2566
2567
2568
2569
2570
2571
2572
2573
2574
2575
2576
2577
2578
2579
2580
2581
2582
2583
2584
2585
2586
2587
2588
2589
2590
2591
2592
2593
2594
2595
2596
2597
2598
2599
2600
2601
2602
2603
2604
2605
2606
2607
2608
2609
2610
2611
2612
2613
2614
2615
2616
2617
2618
2619
2620
2621
2622
2623
2624
2625
2626
2627
2628
2629
2630
2631
2632
2633
2634
2635
2636
2637
2638
2639
2640
2641
2642
2643
2644
2645
2646
2647
2648
2649
2650
2651
2652
2653
2654
2655
2656
2657
2658
2659
2660
2661
2662
2663
2664
2665
2666
2667
2668
2669
2670
2671
2672
2673
2674
2675
2676
2677
2678
2679
2680
2681
2682
2683
2684
2685
2686
2687
2688
2689

```

