

**DESARROLLO DE UN SISTEMA DE MONITOREO Y CONTROL PARA UNA  
PLATAFORMA DE DESHIDRATACIÓN DE GUINEO PASO MEDIANTE  
APLICATIVO MÓVIL EN LA FINCA LAS MERCEDES, UBICADA EN EL  
MUNICIPIO DE PUEBLO BELLO CESAR**

**KATLIN MARCELA RAMOS COLPAS  
IVAN DAVID RODRIGUEZ GARRIDO**

**UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR  
FACULTAD DE INGENIERIA Y TECNOLÓGICAS  
PROGRAMA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA  
VALLEDUPAR/CESAR  
2024**

**DESARROLLO DE UN SISTEMA DE MONITOREO Y CONTROL PARA UNA  
PLATAFORMA DE DESHIDRATACIÓN DE GUINEO PASO MEDIANTE  
APLICATIVO MÓVIL EN LA FINCA LAS MERCEDES, UBICADA EN EL  
MUNICIPIO DE PUEBLO BELLO CESAR.**

**KATLIN MARCELA RAMOS COLPAS  
IVAN DAVID RODRIGUEZ GARRIDO**

**TRABAJO PRESENTADO COMO PROYECTO DE GRADO PARA OPTAR POR EL  
TÍTULO DE INGENIERO ELECTRÓNICO**

**DIRECTOR**

**M.Sc. JORGE ELIECER QUINTERO ESCOBAR**

**CO DIRECTOR**

**M.Sc. EDWIN RIVERA**

**ASESOR**

**M.Sc. HUGO ALBERTO PEREIRA**

**ASESOR**

**M.Sc. EDWIN SMITH RIVERA FERNÁNDEZ**

**UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR  
FACULTAD DE INGENIERIA Y TECNOLÓGICAS  
PROGRAMA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA  
VALLEDUPAR/CESAR**

**2024**

**FACULTAD DE INGENIERIA Y TECNOLÓGICAS  
PROGRAMA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA  
PROYECTO DE GRADO**

**DESARROLLO DE UN SISTEMA DE MONITOREO Y CONTROL PARA UNA PLATAFORMA DE DESHIDRATACIÓN DE GUINEO PASO MEDIANTE APLICATIVO MÓVIL EN LA FINCA LAS MERCEDES, UBICADA EN EL MUNICIPIO DE PUEBLO BELLO CESAR.**

**PRESENTADO A:** COMITÉ DE EVALUCIÓN DE PROYECTO DE GRADO.

**DEPARTAMENTO:** INGENIERÍA ELECTRÓNICA.

**ELABORADO POR:**

**FIRMA**

**DIRECTOR:**

M.Sc. JORGE ELIECER QUINTERO ESCOBAR



**ESTUDIANTES:**

IVAN DAVID RODRIGUEZ GARRIDO



KATLIN MARCELA RAMOS COLPAS



## **DEDICATORIA**

### **Ivan David Rodriguez Garrido**

A mis queridos padres y hermanos, por su amor incondicional, apoyo y sacrificio constante.

A mis abuelos, que ahora me miran desde el cielo, por los valores y enseñanzas que me inculcaron. Siempre estarán en mi corazón y su memoria me ha acompañado en cada momento de este recorrido.

### **Katlin Marcela Ramos Colpas**

La presente tesis se la dedico principalmente a Dios quien fue mi guía en todo el camino, a mi padre Miguel Ramos Carvajal quien dio todo para verme toda una profesional, además de ser mi fuente de inspiración y motivación para este logro, a mi madre Yolima Isabel Colpas Navarros por sé quién me guio, fue mi soporte, y mi ayuda en todo momento, a mis hermanos por su amor y comprensión en los momentos difícil. A mis abuelos por estar en todo momento para mí; a mis profesores quienes me guiaron en los momentos que más los necesite, brindándome su conocimiento.

Por ultimo y nos menos importante a mi pareja Daimir Jose Angulo Diaz, por ser mi soporte en mis momentos de crisis, por ser la persona que me dio aliento, fue quien me transporto todas esas madrugadas cuando me reunía hacer mis proyectos, a quien siempre estuvo cuando más lo necesite.

## **AGRADECIMIENTOS**

### **Ivan David Rodriguez Garrido**

Agradezco al ingeniero M.Sc. Jorge Eliécer Quintero Escobar, nuestro director de tesis, por su guía para exitosa de este proyecto.

A la Universidad Popular del Cesar y Docentes por darme los conocimientos necesarios para realizar esta tesis de grado

Finalmente, agradezco a todos aquellos que de alguna manera contribuyeron a la realización de este sueño de ser Ingeniero Electrónico. Su colaboración y apoyo han sido esenciales para alcanzar este logro.

### **Katlin Marcela Ramos Colpas**

Agradezco a Dios principalmente, Agradezco al ingeniero M.Sc. Jorge Eliécer Quintero Escobar, nuestro director de tesis, por su guía para exitosa de este proyecto.

Finalmente, agradezco a mis compañeros de clase que hicieron parte de todo mi proceso, y le agradezco a todos aquello que aportaron su granito de arena en mi carrera como profesional.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

TITULO.....	1
RESUMEN.....	2
ABSTRACT.....	3
INTRODUCCION.....	4
1. LÍNEA DE INVESTIGACIÓN.....	5
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	6
3. JUSTIFICACION.....	7
4. OBJETIVOS.....	9
4.1. OBJETIVO GENERAL.....	9
4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	9
5. ESTADO DEL ARTE.....	10
5.1. ANTECEDENTES.....	10
5.1.1. A nivel de Sudamérica.....	10
5.1.2. A nivel internacional.....	13
5.1.3. A nivel de Colombia.....	15
5.2. MARCO TEÓRICO.....	16
5.2.1. Plátano.....	16
5.2.2. Actividad del agua.....	17
5.2.3. Deshidratación.....	17
5.2.4. Tipo de deshidratación.....	18
5.2.5. Temperatura.....	19
5.2.6. Humedad Relativa.....	19
5.2.7. Control de temperatura.....	19
5.2.8. Control de humedad relativa.....	19

5.2.9. Convección.....	20
5.2.10. Equipos deshidratadores.....	20
5.2.11. Microcontrolador.....	20
5.2.12. Controlador on/off.....	21
5.2.13. Bluetooth.....	21
5.2.14. Sensor de temperatura.....	22
5.2.15. Sensores de humedad.....	23
5.2.16. Ide Arduino.....	24
5.2.17. Ionic 6.....	24
5.2.18. Proteus.....	24
5.3. NORMATIVA.....	24
6.3.1. Requisitos Generales según la Resolución 3929 de 2013.....	25
6.3.2. Requisitos Generales según la Resolución 2674 de 2013.....	25
6. DESARROLLO METODOLÓGICO.....	26
6.1. DESARROLLO DEL SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS.....	26
6.1.1. Modulo dht22 sensor de temperatura y humedad.....	26
6.1.2. Termocupla MAX6675.....	28
6.1.3. Diagrama de bloque.....	29
6.1.4. Diseño del sistema de adquisición de datos.....	30
6.2. MONITOREO.....	35
6.2.1. Pantalla LCD 16x2.....	35
6.2.2. Modulo hc-06 bluetooth Arduino Uno.....	36
6.3. SISTEMA DE CONTROL.....	37
6.3.1. Arduino Uno R3.....	38
6.3.2. Relé de estado sólido SSR-40DA.....	39

6.3.3. Código Arduino.....	40
6.3.4. Conexión física del SSR y el horno.....	41
6.4. DESARROLLO DE LA APLICACIÓN MÓVIL.....	42
6.4.1. Diseño de la aplicación y funciones. ....	43
6.4.2. Pruebas de la aplicación móvil. ....	47
6.5. INTEGRACIÓN DEL HORNO AL SISTEMA .....	48
6.5.1. Horno de encimera Hamilton Beach 31197.....	48
6.5.2. Pruebas y validación del sistema. ....	50
6.6. INSTALACIÓN DEL PROTOTIPO.....	50
7. RESULTADOS Y ANÁLISIS .....	53
7.1. RESULTADOS DE PRUEBA DEL SISTEMA.....	53
7.2. RESULTADOS DEL PROCESO DE DESHIDRATACIÓN .....	56
7.3. ANÁLISIS DE RESULTADOS .....	61
8. CONCLUSIONES .....	64
BIBLIOGRAFÍA .....	65
ANEXO .....	68

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Funcionamiento de transferencia por convección.....	20
Figura 2. Red dispersa Bluetooth formada de dos picoredes. El maestro de la picored A es un esclavo en la picored B.....	22
Figura 3. Modulo Dht22 Sensor de temperatura y humedad.....	27
Figura 4. Termocupla Max6675. ....	28
Figura 5. Diagrama bloque de Proceso de Deshidratación de Guineo paso.....	29
Figura 6. Diagrama de bloque sistema de adquisición de datos.....	30
Figura 7. Circuito simulado.....	31
Figura 8. Circuito mostrando la temperatura en grados Celsius y humedad %.....	31
Figura 9. Diagrama de bloques del código Arduino.....	32
Figura 10. Circuito físico de prueba.....	33
Figura 11. Esquema PCB KiCad.....	34
Figura 12. Circuito PCB.....	34
Figura 13. Montaje soldado y conectado.....	35
Figura 14. Pantalla LCD 16X2.....	36
Figura 15. Modulo Hc-06 Bluetooth Arduino UNO.....	36
Figura 16. Diagrama de bloques sistema de control.....	38
Figura 17. Arduino Uno R3.....	38
Figura 18. SSR-40DA.....	40
Figura 19. Condición de Humedad.....	40
Figura 20. Control On-Off con Histeresis para la Temperatura.....	41
Figura 21. Diseño físico del sistema de control.....	42
Figura 22. Pantalla principal Aplicación Móvil.....	43
Figura 23. Icono de búsqueda Bluetooth.....	43
Figura 24. Lista de dispositivos Bluetooth.....	44
Figura 25. Conectando dispositivo Bluetooth.....	44
Figura 26. Mostrando lecturas de los sensores.....	45
Figura 27. Gráfico de barra Aplicación Móvil.....	45
Figura 28. Registro fuera de rango temperatura y humedad.....	46
Figura 29. Diagrama de bloques lógica aplicación móvil.....	47
Figura 30. Prueba de la Aplicación móvil.....	48
Figura 31. Horno de encimera Hamilton beach 31197.....	49
Figura 32. Sensores conectados.....	50
Figura 33. Sistema integrado en el horno y funcionando.....	50
Figura 34. Montaje de equipos.....	51
Figura 35. Pruebas iniciales.....	52
Figura 36. Capture de Aplicación Móvil.....	52
Figura 37. Sistema de adquisición de datos en prueba.....	54
Figura 38. Sistema de adquisición de datos alimentado a 9V.....	54
Figura 39. Gráfico de desempeño en la prueba.....	56
Figura 40. Horno con sistema de adquisición de datos.....	57
Figura 41. Bandejas dentro del horno durante el proceso de deshidratación.....	58
Figura 42. Resultado con el Guineo.....	59

Figura 43. Gráfico de Temperatura vs. tiempo.....	59
Figura 44. Gráfico de Humedad vs. tiempo.....	60
Figura 45. Serial Plotter de Arduino.....	61

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Valores para garantizar una deshidratación efectiva y segura de las frutas .....	18
Tabla 2. Especificaciones técnicas del sensor de temperatura y humedad DHT22.....	27
Tabla 3. Especificaciones técnicas de Termocupla Max6675.....	29
Tabla 4. Especificaciones técnicas del módulo Bluetooth HC-06.....	37
Tabla 5. Especificaciones técnicas del Arduino Uno R3 .....	39
Tabla 6. Oven Fahrenheit to Celsius Conversion .....	49
Tabla 7. Datos recolectados en diferentes ambientes. ....	55
Tabla 8. Datos recolectados durante el proceso de deshidratación.....	58
Tabla 9. Descripción General del Guineo en cada paso. ....	63

## LISTA DE ANEXO

Anexo A. Carta de aceptación. ....	68
Anexo B. Código de Arduino .....	70
Anexo C. Manual de usuario .....	72
Anexo D. Fotos y Evidencias .....	85

## **TITULO**

DESARROLLO DE UN SISTEMA DE MONITOREO Y CONTROL PARA UNA PLATAFORMA DE DESHIDRATACIÓN DE GUINEO PASO MEDIANTE APLICATIVO MÓVIL EN LA FINCA LAS MERCEDES, UBICADA EN EL MUNICIPIO DE PUEBLO BELLO CESAR.

## RESUMEN

La presente investigación se centró en el desarrollo de un sistema de monitoreo y control para una plataforma de deshidratación de guineo en la finca Las Mercedes, ubicada en el municipio de Pueblo Bello, César. El objetivo fue diseñar un sistema que permitiera monitorear en tiempo real la temperatura y la humedad relativa durante el proceso de deshidratación, optimizando el uso de un horno de encimera Hamilton Beach 31197. El sistema propuesto fue controlado por un Arduino Uno R3, el cual integró sensores DHT22 y una termocupla Max6675 para la adquisición de datos. Adicionalmente, se utilizó un relé de estado sólido SSR-40DA para controlar el horno, permitiendo una regulación precisa del horno. Los datos eran transmitidos mediante un módulo Bluetooth HC-06 a una aplicación móvil que facilitaba la visualización de las variables. La metodología incluyó el diseño e implementación del sistema, así como un manual de usuario para su correcta operación. Los resultados demostraron que el sistema proporcionó una monitorización eficaz, mejorando el control del proceso de deshidratación y asegurando la calidad del producto final.

**Palabras clave:** Deshidratación, monitoreo, control, Arduino Uno, sensores.

## ABSTRACT

This research focused on the development of a monitoring and control system for a banana dehydration platform at Las Mercedes farm, located in Pueblo Bello, Cesar. The main objective was to design a system that allows real-time monitoring of temperature and relative humidity during the dehydration process, optimizing the use of a Hamilton Beach 31197 countertop oven. The proposed system was controlled by an Arduino Uno R3, which integrated DHT22 sensors and a Max6675 thermocouple for data acquisition. Additionally, a solid-state relay SSR-40DA was used to control the oven, enabling precise regulation of the heating source. This data was transmitted via a Bluetooth HC-06 module to a mobile application that allowed real-time visualization. The methodology included the system's design and implementation, as well as a user manual for proper operation. The results showed that the system provided efficient monitoring, improving control of the dehydration process and ensuring the quality of the final product.

**Key words:** Dehydration, monitoring, control, Arduino Uno, sensors.

## INTRODUCCION

La deshidratación de frutas, como el guineo paso, es un proceso crucial para preservar su calidad y prolongar su vida útil. En este contexto, se ha desarrollado el proyecto para mejorar el proceso de deshidratación en la finca Las Mercedes, ubicada en el municipio de Pueblo Bello, Cesar. Este proyecto se centra en el desarrollo de un sistema de monitoreo y control para una plataforma de deshidratación de guineo paso mediante aplicativo móvil que permitirá una gestión más eficiente y precisa del proceso de deshidratación.

El sistema propuesto estará controlado por un Arduino Uno R3, que recibirá datos de dos sensores, un sensor de temperatura y humedad DHT22 y una termocupla MAX6675. Estos datos serán visualizados en tiempo real en una pantalla LCD 16x2 y transmitidos de manera inalámbrica a través de un módulo Bluetooth HC-06 conectado al Arduino Uno R3. La comunicación inalámbrica permitirá el monitoreo remoto de las variables del proceso (temperatura y la humedad relativa), mediante una aplicación móvil desarrollada específicamente para este propósito.

Además, se implementó una plataforma, un horno de encimera Hamilton Beach 31197, para la producción de guineo paso deshidratado. El horno será controlado mediante un sistema on-off, manteniendo la temperatura dentro del rango de 60°C a 70°C, que es el margen requerido para este proceso. Este control asegura que las condiciones de deshidratación sean eficaces, preservando la calidad del producto final.

## **1. LÍNEA DE INVESTIGACIÓN**

En la Facultad de Ingeniería y Tecnológicas, específicamente en el programa de Ingeniería Electrónica, se desarrolla una línea de investigación energía, automática e instrumentación electrónica. Esta línea se enfoca en el estudio y desarrollo de tecnologías y metodologías para mejorar la eficiencia, calidad y automatización de los procesos agroindustriales. Tomando como sub-línea automatización y control de procesos industriales.

## 2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La deshidratación de fruta es uno de los métodos más utilizados para la preservación de las propiedades nutricionales de estas, este proceso consiste en remover la mayor cantidad de humedad del fruto sin perder las propiedades y evitar la generación de microorganismos y prevenir el desarrollo de actividad enzimática en los mismos [1]. La deshidratación origina una estabilidad microbiológica y química, baja el peso y volumen, disminuye el empaque, el valor del almacenamiento y el transporte, igualmente permite almacenar el producto a temperatura ambiente por un período de tiempo extenso[2][3].

En la finca Las Mercedes, situada en el municipio de Pueblo Bello, Cesar, el proceso de deshidratación del guineo paso enfrenta desafíos significativos que afectan su rentabilidad y productividad. Actualmente, este proceso se lleva a cabo de manera manual, lo que genera una alta dependencia de la mano de obra. Esta dependencia no solo puede resultar costosa, sino que también conlleva problemas de disponibilidad de trabajadores, impactando directamente en la productividad de la finca.

Además, las condiciones climáticas desfavorables en ciertas épocas dificultan aún más el proceso de deshidratación, comprometiendo la calidad y eficiencia del producto final. Esta inconsistencia en la calidad del producto, junto con una capacidad de producción limitada, son manifestaciones directas de estos desafíos. La finca Las Mercedes se ve obligada a mantener una fuerza laboral constante, lo que representa una carga financiera adicional y limita su capacidad para satisfacer la demanda de guineo paso deshidratado.

Estas limitaciones no solo afectan la rentabilidad y productividad de la finca, sino que también obstaculizan su capacidad para ofrecer un producto de alta calidad y en cantidades suficientes. En un contexto donde la competitividad y la calidad son fundamentales para la permanencia en el mercado, abordar estos desafíos se vuelve crucial para el éxito a largo plazo de la finca Las Mercedes.

### 3. JUSTIFICACION

En el mercado existen una gran cantidad de deshidratadores tanto industriales como caseros, la mayoría de ellos cuentan con controles básicos o inexistentes. El proceso de deshidratación requiere mantener un constante flujo de aire caliente, la temperatura debe ser la suficiente para generar la deshidratación sin causar un efecto de cocción en los alimentos[4].

Con base en lo anterior, este proyecto se fundamenta en la necesidad de mejorar la eficiencia, calidad y competitividad de la producción de guineos de paso en la Finca Las Mercedes, ubicada en el municipio de Pueblo Bello, Cesar. Actualmente, el proceso de deshidratación se lleva a cabo de manera manual, lo que conlleva diversas limitaciones y dificultades. Los beneficios que se obtendrán con el desarrollo de este proyecto son significativos. En primer lugar, El control del proceso de deshidratación permitirá obtener un guineo deshidratado de mayor calidad, con características más uniformes en humedad, textura y sabor, lo que aumentará la satisfacción del cliente [5]. En segundo lugar, se logrará una mayor eficiencia y productividad al reducir la intervención humana, optimizar los tiempos de producción y minimizar los errores. Esto se traducirá en un aumento de la capacidad de procesamiento y en una reducción de los costos asociados, donde los principales beneficiarios serán los productores de la finca Las Mercedes, quienes podrán acceder a nuevos mercados, aumentar sus ingresos y mejorar su sustento económico, al tiempo que los consumidores finales disfrutarán de un producto de calidad.

Por último, la implementación de una aplicación móvil para el seguimiento del proceso de deshidratación proporcionará beneficios adicionales. Esta aplicación permitirá un monitoreo en tiempo real de los parámetros del proceso, brindando a los productores la capacidad de detectar desviaciones o problemas de manera temprana. Además, la aplicación móvil facilitará la gestión y el registro de datos, optimizando la trazabilidad y facilitando la implementación de medidas de mejora continua. Esto contribuirá a una mayor eficiencia operativa y a la toma de decisiones informadas.

Para la constancia y veracidad de la solicitud de la Finca Las Mercedes, ubicada en el municipio de Pueblo Bello, Cesar., ante el excelentísimo comité técnico de evaluación de

proyectos de grado de Ingeniería Electrónica de la Universidad Popular del Cesar en la sede Sabanas de Valledupar; se vincula a esta propuesta la carta por parte del dueño de la finca donde se ratifica el requerimiento a la implementación de este proyecto. (Véase, Anexo A)

## **4. OBJETIVOS**

### **4.1. OBJETIVO GENERAL**

Desarrollar un sistema de monitoreo y control para una plataforma de deshidratación de guineo paso mediante aplicativo móvil.

### **4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Desarrollar un sistema de adquisición de datos para el monitoreo y control de las variables temperatura y humedad relativa.
- Desarrollar una aplicación móvil mediante comunicación inalámbrica para el monitoreo de las variables implícitas en el proceso (temperatura, humedad relativa).
- Implementar una plataforma tipo horno para la producción de guineo paso.
- Diseñar un manual de usuario del sistema propuesto.

## 5. ESTADO DEL ARTE

### 5.1. ANTECEDENTES

A continuación, se presenta una investigación a nivel Internacional, Sudamérica y Colombia que enfatiza el alcance que se quiere.

**5.1.1. A nivel de Sudamérica.** El trabajo realizado por **PERCIDA PATRICIO PEÑARANDA** como Proyecto de Grado de la UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS DE BOLIVIA (Ingeniería Industrial) Titulado ESTUDIO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UNA PLANTA DESHIDRATADORA DE BANANO EN EL MUNICIPIO DE SAN BUENAVENTURA.

En el presente proyecto tiene como objetivo principal realizar un estudio técnico económico para determinar la factibilidad de implementación de una planta deshidratadora de banano (*Musa Paradisiaca*) en el Municipio de San Buenaventura. El deshidratado consiste en disminuir considerablemente la concentración posible del agua mediante un proceso de exposición al calor, conservando su sabor y propiedades naturales. Para determinar el análisis de la demanda se utiliza la metodología basada en un censo, se conoce el tamaño y la ubicación de las empresas seleccionadas de elaboración de otros productos alimenticios dedicadas a la elaboración de cereales, chocolaterías, pastelerías, barras energéticas y otros. El producto va enfocado al mercado nacional de industrias alimenticias, razón por la cual se lo considera como insumo que se venderá a granel en cajas de cartón que contiene 4 bolsas trilaminadas y metalizadas de 10 (kg). Para determinar la localización se emplea el método localización por puntos, con ponderaciones variables, que estará ubicado en el Municipio de San Buenaventura, Comunidad Santa Rosita. Para el desarrollo de la ingeniería se realizaron pruebas de laboratorio para determinar la cantidad necesaria de materia prima e insumos necesarios para obtener el producto, para el proceso de deshidratación se emplearán dos métodos de deshidratación uno que será utilizando una deshidratadora eléctrica con una capacidad de 600 (kg/día) y el otro que será diseñando una deshidratadora solar con una capacidad de 400 (kg). Posteriormente se elaborará el diagrama de flujo, distribución de planta, lista de equipos necesarios, y programa de producción. Para también se toma en cuenta Evaluación de Impactos Ambientales [6].

A demás de este estudio realizado nos muestra **Sistemas de Deshidratación**

Existen dos grandes métodos de deshidratación: el deshidratado solar y el deshidratado artificial. A continuación, se detalla cada uno de ellos.

**Deshidratado Solar.** Utilizando como fuente de energía el sol, la mayor ventaja es que se utiliza una fuente de energía inagotable, sin costo y utiliza una tecnología más amigable con el medio ambiente, pero tiene por desventajas que depende de las fuerzas naturales, son procesos lentos (2-6días), requiere superficies extensas, es poco controlado, es susceptible a contaminación, no es uniforme (requiere rotación constante), y es difícil para obtener productos de alta calidad. (FIAFRO, 2012) [6].

**Deshidratado Artificial.** Se obtienen procesos más rápidos y eficientes, mayor control de las variables del proceso, muy independientes de las condiciones ambientales. Pero, como desventaja se tiene el alto costo de inversión y funcionamiento del equipo. El deshidratado artificial puede realizarse por diferentes métodos:

**Aire caliente.** A los deshidratadores que trabajan bajo este principio se les conoce como deshidratadores de armario y lecho. Consiste en colocar el alimento en una cámara equipada con un ventilador y canales que permiten la circulación del aire caliente alrededor del alimento, este aire es calentado mediante intercambiadores de calor o mezclado con gases de combustión a la entrada del deshidratador (BARBOSA & VEGA, 2010) [6].

**Deshidratación por Ósmosis.** La concentración de alimentos mediante la inmersión del producto en una solución hipertónica (azúcar, sal, sorbitol o glicerol) se conoce como deshidratación osmótica. El proceso consiste en el movimiento molecular de ciertos componentes de una solución, a través de una membrana semipermeable, hacia otra solución de menor concentración, de cierto tipo particular de moléculas. Se logran obtener productos de humedad intermedia con muy buena calidad organoléptica. Los solutos que se utilizan en la elaboración de los jarabes son de bajo costo y el consumo energético involucrado es mínimo (FIAFRO, 2012) [6].

Este trabajo se relaciona con la investigación realizada ya que se hace un análisis del impacto que este tendría (económico y de producción), además de que nos proporciona datos de pruebas elaboradas en laboratorio con los diferentes métodos de deshidratación ya mencionados y los porcentajes de humedad y temperatura según el clima en este caso el Municipio de San Buenaventura, el cual nos da la información necesaria para analizar la estrategia más rentable de deshidratado Artificial ,usando resistencia calefactora en su diseño.

Con base en esta información, se puede llegar a la conclusión de que el proyecto de **PERCIDA PATRICIO PEÑARANDA** proporciona información valiosa que puedo relacionar con mi investigación y me ayuda a reflexionar sobre los métodos de deshidratación, la localización, las pruebas de laboratorio y los diferentes métodos de deshidratación artificial en el contexto de la deshidratación de guineo que se quiere en la Finca Las Mercedes.

El trabajo realizado por **LEÓN RODRÍGUEZ, ANGEL JESÚS** como Proyecto de Grado de la UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DEL PERÚ (Ingeniería Mecatrónica) Titulado **DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN DESHIDRATADOR HÍBRIDO CON PANELES FOTOVOLTAICOS.**

En el presente proyecto tiene como objetivo principal el diseño y construcción de una máquina deshidratadora de ajos con una capacidad de al menos 10 kg por proceso, aunque puede emplearse para diversos tipos de vegetales o frutas. En el diseño se consideró las propiedades de los materiales, como el de la elaboración de la cámara de secado que es de acero inoxidable, debido a que este material está directamente en contacto con los alimentos. La máquina está gobernada por un microcontrolador de gama media PIC16F877A encargado de la maniobra, control y señalización de las variables temperatura y humedad que se muestran en una pantalla LCD 16x2 la cual se encuentra en la parte baja de la máquina. Para optimizar el proceso de deshidratado, se diseñó un control PID para mantener la temperatura constante. Además, esta máquina está diseñada de un modo más amigable para el usuario, ya que cuenta con una interfaz detallada en el LCD y una distribución de botones muy fáciles de entender. El suministro de energía del deshidratador se obtiene por medio de la energía producida por centrales hidroeléctricas,

sin embargo, en caso de existir deficiencias o fallas en dicho suministro de energía, se ha diseñado y dimensionado un sistema alternativo por medio de paneles fotovoltaicos [7].

En este proyecto se abordó el diseño y construcción de una máquina deshidratadora de ajos, y aunque se trata de un producto diferente al guineo, las similitudes en el proceso de deshidratación son evidentes. Se consideraron aspectos clave, como los materiales utilizados en la cámara de secado, que es de acero inoxidable, un material que es fundamental debido al contacto directo con los alimentos. Esto destaca la importancia de la seguridad alimentaria y la elección de materiales adecuados para mi plataforma de deshidratación de guineo. Además, el proyecto menciona el uso de un microcontrolador PIC16F877A para el control y monitoreo de variables de temperatura y la humedad. Lo que podría ser relevante, por la aplicación de un enfoque similar en mi plataforma.

Se puede analizar y concluir que el proyecto de **LEÓN RODRÍGUEZ, ANGEL JESÚS** resalta la importancia de la selección de materiales adecuados, una interfaz de usuario amigable y técnicas eficientes de control de temperatura en el diseño de sistemas de deshidratación. Estas consideraciones son fundamentales para garantizar un diseño óptimo y seguro en la plataforma de deshidratación de guineo en la Finca Las Mercedes.

**5.1.2. A nivel internacional.** El trabajo realizado por **AMAURI VIDAL CASTREJÓN** como Tesis de Grado del INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL MÉXICO, D.F (Ingeniería Electromecánica) Titulado **DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN DESHIDRATADOR HIBRIDO CON ENERGÍAS ALTERNAS.**

En el presente proyecto tiene como objetivo principal mostrar la necesidad de deshidratar frutas de manera eficiente, económica y ecológica; para obtener productos de calidad que beneficien a pequeños productores y microempresas rurales familiares. Se realizó un estado del arte acerca del deshidratado; es decir, se investigaron los prototipos de deshidratadores, los tipos de deshidratado y los problemas que se tienen en el proceso, para plantear un nuevo diseño del deshidratador, incorporando tecnologías apropiadas. Se diseñó y construyó un deshidratador híbrido que aprovecha la energía solar, energía eólica y el gas LP, con el fin de obtener un deshidratado de alimentos limpios y eficiente. Se realizaron los planos en 2D y 3D, así como los cálculos sobre el diseño termodinámico y

mecánico, se armó el prototipo, se hicieron pruebas experimentales en laboratorio y campo, se obtuvo como resultado que el flujo de aire es indispensable para el deshidratado correcto de los alimentos, la temperatura y humedad afectan directamente al proceso, la temperatura registrada en las pruebas es de 41.5°C en promedio. El porcentaje de humedad del producto final depende de cada tipo de alimento [8].

Las Velocidades constante de secado La superficie contiene humedad, la vaporización se lleva a cabo a partir de ahí. En esta etapa de secado se lleva a cabo la difusión del vapor del agua a través de la interface aire/humedad y la velocidad a la cual la superficie por difusión es eliminada. Hacia el final del periodo constante, la humedad tuvo que ser transportada del interior del sólido hacia la superficie por fuerzas capilares. Cuando el promedio del contenido de humedad ha alcanzado el contenido de humedad crítico  $X_{cr}$ , la película de humedad en la superficie ha sido tan reducida por evaporación que más allá del secado causa distorsiones más allá de la superficie, entonces, el proceso se controla por las resistencias exteriores[8].

La Clasificación de los secadores Debido a que la humedad es uno de los factores que contribuye seriamente a la descomposición de alimentos, se han diseñado secadores orientados al secado de cierto tipo de alimentos. Por ejemplo: granos, carne, frutas y vegetales, entre otros. Dichos dispositivos constan con las características necesarias para lograr el secado óptimo. La clasificación para los secadores es muy amplia, sin embargo, la más general está dada por el método con el que se lleva a cabo la transferencia de calor, que puede ser: a) Convección (secadores en bandejas o charolas, de túnel, rotatorios, por aspersión, etc.). b) Conducción (secadores de tambor, indirectos al vacío con anaqueles, etc.) c) Radiación (secadores solares) [8].

En este proyecto se abordó el diseño termodinámico y mecánico de su deshidratador híbrido, que subraya la necesidad de realizar cálculos precisos en mi proyecto para garantizar un funcionamiento eficiente. Esto destaca la importancia de calcular y controlar cuidadosamente la temperatura y humedad durante el proceso de deshidratación del guineo en la Finca Las Mercedes. La clasificación de secadores según el método de transferencia de calor (convección, conducción y radiación) que es relevante al elegir el enfoque de deshidratación adecuado para el proyecto. Cada método tiene sus propias

implicaciones en el diseño del sistema de monitoreo y control, lo que me lleva a considerar cuál es el método más apropiado para lograr los resultados deseados.

Se puede concluir con la importancia de la transferencia de calor y humedad en el proceso de deshidratación de alimentos que destaca la necesidad de un control preciso y monitoreo constante. La necesidad de deshidratar frutas de manera eficiente, económica y ecológica.

**5.1.3. A nivel de Colombia.** El trabajo realizado por **ANDRÉS MAURICIO VIVEROS FOLLECO, ERIKA LORENA MAYORGA CASTELLANOS** Monografía para el título de Ingenieros Eléctricos Titulado **DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO DE DESHIDRATADOR HÍBRIDO (SOLAR-ELÉCTRICO) E IMPLEMENTACIÓN DE SU SISTEMA DE CONTROL DE LA UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS BOGOTÁ, COLOMBIA**

En la presente Monografía tiene como objetivo exponer el proceso necesario para la implementación de un prototipo de deshidratador híbrido de mango para el municipio de Anapoima ubicado en el departamento de Cundinamarca. En el desarrollo del prototipo se incluyen aspectos determinantes para su funcionamiento tales como la escogencia del tipo de deshidratador, dimensionamiento del mismo teniendo en cuenta aspectos propios del lugar de ubicación y la adecuada selección del método de control de temperatura y humedad. Finalmente se realiza un análisis de los datos recolectados a partir de las pruebas realizadas al prototipo con el método de control implementado [9].

Al realizar y evaluar el diseño de un prototipo de deshidratador híbrido, así como la implementación de su sistema de control. El deshidratador debe ser replicable en el Departamento de Cundinamarca, para darle un aprovechamiento agroindustrial al mango, con el fin de generar valor agregado a los productos, ampliar la oferta y mejorar la calidad de vida de los productores [9].

Este trabajo se relaciona con la investigación realizada en la selección cuidadosa del tipo de deshidratador que es fundamental. Esto me hace pensar en la importancia de elegir el

deshidratador adecuado para el guineo, considerando sus características específicas y los objetivos de mi proyecto. El dimensionamiento adecuado del deshidratador es otro aspecto clave que se destaca en esta monografía. Esto me recuerda la necesidad de calcular y diseñar la plataforma de deshidratación de guineo de manera que se adapte a la cantidad de producto que se procesará en la Finca Las Mercedes. La elección del método de control de temperatura y humedad es un aspecto que también resalta en el proyecto. Esto es relevante para la investigación, ya que se está trabajando en un sistema de monitoreo y control para garantizar condiciones óptimas de deshidratación del guineo. Para eso se debe considerar cuidadosamente qué método de control será más efectivo en el contexto. Finalmente, el enfoque en la replicabilidad del deshidratador y su contribución al aprovechamiento agroindustrial del mango.

En conclusión, en esta monografía, los autores se embarcan en un viaje de diseño e implementación de un deshidratador híbrido, aprovechando fuentes de energía solar y eléctrica, con el objetivo de deshidratar mangos para el beneficio de los agricultores locales. Su enfoque meticuloso y detallado aborda aspectos críticos de deshidratación. Un punto crucial destacado en esta investigación es la importancia de seleccionar cuidadosamente el tipo de deshidratador, un aspecto que resuena en cada investigación realizada anteriormente sobre la deshidratación de guineo. Además, la monografía pone énfasis en el dimensionamiento adecuado del deshidratador, una consideración clave que recordaré al diseñar la plataforma de deshidratación en la Finca Las Mercedes.

## **5.2. MARCO TEÓRICO**

En esta sección se desarrollan todas las consideraciones básicas que conforman la estructura teórica del trabajo para permitirle al lector interpretar el contenido del proyecto de una forma general.

**5.2.1. Plátano.** El plátano o banano es una planta nativa de India, Australia y África tropical. Puede crecer hasta 20 pies o más. El banano es de la familia de las Musáceas, la cual incluye al guineo y al plátano (también conocido como plátano macho). Su cultivo se ha extendido a los países tropicales en Latinoamérica y el Caribe [10].

La pulpa de plátano contiene diversas propiedades, como lo han demostrado estudios realizados sobre este. De manera general, la pulpa de plátano es una excelente fuente de potasio. El potasio se puede encontrar en una variedad de frutas, verduras o incluso carnes, sin embargo, un solo plátano puede proporcionar hasta el 23% de potasio que se necesita al día. El potasio beneficia a los músculos, ya que ayuda a mantener su buen funcionamiento y evita los espasmos musculares. Además, estudios recientes muestran que el potasio puede ayudar a disminuir la presión arterial y también reduce el riesgo de accidentes cerebrovasculares. El plátano es rico en vitaminas A, B6, C y D, dando beneficios especialmente a los huesos y músculos del cuerpo humano. Ya que uno solo de estos frutos [11].

**5.2.2. Actividad del agua.** La actividad del agua es la cantidad de agua disponible para el crecimiento microbiano y la actividad química, describe también la humedad relativa de una mezcla de aire-vapor de agua[12].

El conocimiento de las características de sorción de un alimento facilita la predicción de su vida útil. Este dato permite también predecir los tiempos de secado y la energía necesaria para un proceso de este tipo. En el diseño de los sistemas de secado por aire caliente, no se puede disminuir la riqueza en agua del producto por debajo de la que tiene cuando se halla en equilibrio con el aire utilizado para el secado. Para secar hasta contenidos en agua muy bajos, hay que suministrar más energía que el calor latente de vaporización[12].

**5.2.3. Deshidratación.** La reducción del contenido de agua en los alimentos es uno de los métodos comúnmente empleados para su preservación. Actualmente el secado de frutas y hortalizas es un proceso industrial muy importante en la preservación de la calidad de los productos agrícolas. La eliminación del agua proporciona una excelente protección frente a las principales causas de alteración de los alimentos, ya que de esta forma los microorganismos no pueden desarrollarse en un medio sin agua. Además, en estas condiciones tampoco es posible la actividad enzimática y la mayor parte de las reacciones químicas se hacen mucho más lentas de lo normal. El secado o deshidratación consiste en la extracción del agua contenida en los alimentos por medios físicos hasta que el nivel de agua sea adecuado para su conservación por largos periodos. Para lograr este

propósito, se recurre al calor natural (exposición al sol) o bien al artificial (combustión de leña o de carbón, gas o electricidad) [13].

Los valores presentados en esta Tabla 1 corresponden a los rangos óptimos de temperatura que deben mantenerse durante el proceso de deshidratación de frutas.

Tabla 1. Valores para garantizar una deshidratación efectiva y segura de las frutas

Fruta	Temperatura Mínima (°C)	Temperatura Máxima (°C)
Bananos	50	70
Plátanos	50	70
Manzanas	50	70
Uvas	35	60
Mangos	50	65

*Nota.* Fuente: Tomado de [14]

**5.2.4. Tipo de deshidratación.** Dentro de los procesos más comunes de deshidratación de alimentos se encuentran:

**Deshidratación solar.** En este proceso las frutas se dejan secar al aire libre, por radiación solar directa o indirecta, por lo cual sólo se puede llevar a cabo en las regiones muy favorecidas por el clima. Este procedimiento da excelentes resultados y conserva todo el sabor y las cualidades de la fruta [13]

**Deshidratación Mecánica.** En este tipo de deshidratación el secado de los alimentos puede implicar varios modos de transferencia de calor como convección, conducción o radiación. Este método consiste en la circulación de aire caliente a través del fruto por medios artificiales como la combustión de carbón o gas o la utilización de energía eléctrica, pero su principio de funcionamiento es el mismo; entre este tipo de deshidratadores tenemos:

- Deshidratadores de tambor.
- Deshidratadores de Plato, Túnel y Banda [13].

**Deshidratación Osmótica.** La deshidratación Osmótica es un proceso de eliminación de agua basado en el gradiente de agua y actividad de solubilidad a través de la membrana semipermeable de una célula. Se ha propuesto la aplicación de tratamientos osmóticos como paso intermedio antes del secado o la congelación, para reducir la carga de agua del producto con una mejora simultánea de la calidad [13].

**5.2.5. Temperatura.** Es una magnitud escalar que indica el valor calórico de un cuerpo, por lo que es una de las principales propiedades estudiadas en el campo de la termodinámica [7].

**5.2.6. Humedad Relativa.** Es el porcentaje de humedad que el aire puede retener. Varía entre 0% a 100%, donde 0% significa que tiene la capacidad total de absorber agua y 100% nos dice que el aire está completamente saturado y por consecuencia no puede absorber agua ya que se alcanzó su máximo contenido de vapor de agua [7].

**5.2.7. Control de temperatura.** Es el responsable que el agua contenida dentro del producto salga hacia la superficie a través de los tubos capilares que tiene. La variación progresiva por etapas y sin cambios bruscos de este parámetro garantiza el éxito en el proceso y más aún cuando, se usa controles con retroalimentación [7].

**5.2.8. Control de humedad relativa.** Al contenido de agua en el aire se le conoce como humedad relativa y se define como el porcentaje de saturación del aire con vapor de agua, es decir, es la relación entre la cantidad de vapor de agua que contiene un metro cúbico de aire en condiciones determinadas de temperatura y presión, para medir la humedad relativa del aire se emplea el higrómetro y los diversos tipos de psicrómetros que existen [7].

**5.2.9. Convección.** Es el mecanismo de transferencia de calor causada mediante el movimiento de masa o circulación dentro de la sustancia como se observa en la figura 1, puede ser natural (debido a la diferencia de densidades ocasionados por expansión térmica, como el ascenso de aire caliente) o forzada (cuando la materia es obligada a moverse de un lugar a otro, por ejemplo, el agua por medio de una bomba o el aire mediante un ventilador). El mecanismo de transferencia de calor más significativo dentro del cuerpo humano es la convección forzada de sangre, bombeada por el corazón, por ello que se puede mantener la temperatura constante en diferentes entornos[7].

Figura 1. Funcionamiento de transferencia por convección.



*Nota.* Fuente: Tomado de[7]

**5.2.10. Equipos deshidratadores.** La configuración básica de un deshidratador constituye: Una cámara donde se coloca el producto en bandejas, equipado con un ventilador que permite la circulación del aire a través de todas las bandejas que estarán dentro de la cámara de secado, el aire es calentado a la entrada de la cabina mediante una fuente de calor y es recirculado constantemente[7].

**5.2.11. Microcontrolador.** Es un circuito integrado usado para gobernar uno o varios procesos, tiene incorporado varios elementos como: un procesador, memoria RAM, Memoria (EPROM/ EEPROM/ROM), generador de impulsos, líneas de I/O y módulos para el control de periféricos (conversión A/D, I2C, PWM, temporizadores, bluetooth, etc.) que lo asemejan a un minicomputador[7].

**5.2.12. Controlador on/off.** La salida del controlador ON-OFF, o de dos posiciones, solo puede cambiar entre dos valores al igual que dos estados de un interruptor. El controlador no tiene la capacidad para producir un valor exacto en la variable controlada para un valor de referencia dado pues el controlador produce una continua desviación del valor de referencia. La acción del controlador de dos posiciones tiene un simple mecanismo de construcción, por esa razón este tipo de controladores es de los de más amplio uso, y comúnmente utilizados en sistemas de regulación de temperatura[15].

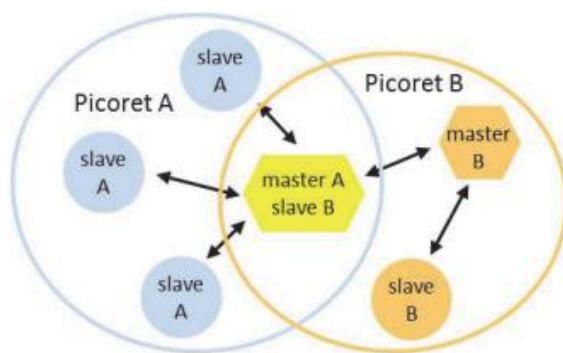
Los controladores mecánicos de dos posiciones normalmente poseen algo de histéresis, por el contrario, los controladores electrónicos usualmente funcionan sin histéresis. La histéresis está definida como la diferencia entre los tiempos de apagado y encendido del controlador. El usar un controlador de acción de dos posiciones da como resultado una oscilación de la variable controlada,  $x$ [15].

Para determinar la regulación del controlador, son importantes los parámetros amplitud y período de tiempo de la oscilación. La oscilación depende de muchos factores, el período de tiempo está en función del tiempo muerto del sistema y la posible histéresis del controlador. La histéresis también está directamente influenciada por la amplitud de la oscilación la cual es adicionalmente dependiente de los valores del factor de histéresis y la magnitud del escalón en la variable de entrada[15].

**5.2.13. Bluetooth.** Bluetooth pertenece al estándar IEEE 802.15.1. Originalmente Bluetooth fue diseñado para comunicaciones omnidireccionales (punto a multipunto), de bajo consumo de energía, corto alcance y con dispositivos baratos, reemplazando el uso de cables y conectando los dispositivos a través de una conexión ad hoc por radio. Hoy en día los desarrolladores están diseñando componentes y sistemas habilitados para Bluetooth para una gama de aplicaciones adicionales. Los dispositivos que incorporan esta tecnología se clasifican en tres grupos diferentes según su alcance máximo: Clase 1, Clase 2 y Clase 3, donde el rango es de unos 100 metros, 10 metros y 1 metro, respectivamente. El uso de la banda de 2,4 GHz, permite que dos dispositivos dentro del rango de cobertura de cada uno puedan compartir hasta 720 Kbps de velocidad de transferencia. La clase 2 es la más utilizada[16].

Una red Bluetooth también se denomina picored (piconet), y se compone de hasta 8 dispositivos activos en una relación maestro-esclavo (master-slave). El primer dispositivo de Bluetooth en la picored es el maestro y todos los demás dispositivos son esclavos que se comunican con el maestro. Una picored típicamente tiene un alcance de 10 metros, aunque se puede llegar a rangos de hasta 100 metros en circunstancias ideales. Para garantizar la seguridad, cada enlace se codifica y protege contra escuchas e interferencias. Dos picoredes pueden conectarse para formar una red dispersa (scatternet). Un dispositivo Bluetooth puede participar en varias picoredes al mismo tiempo, permitiendo así la posibilidad de que la información pudiera fluir más allá de la zona de cobertura de una única picored. En una red dispersa, un dispositivo podría ser un esclavo en varias de las picoredes, pero actuar como maestro en sólo una de ellas[16].

Figura 2. Red dispersa Bluetooth formada de dos picoredes. El maestro de la picored A es un esclavo en la picored B.



*Nota.*Fuente: Tomado de[16]

**5.2.14. Sensor de temperatura.** Los sensores de temperatura son componentes eléctricos y electrónicos que, en calidad de sensores, permiten medir la temperatura mediante una señal eléctrica determinada. Dicha señal puede enviarse directamente o mediante el cambio de la resistencia. También se denominan sensores de calor o termosensores. Un sensor de temperatura se usa, entre otras aplicaciones, para el control de circuitos. Los sensores de temperatura también se llaman sensores de calor, detectores de calor o sondas térmicas[17].

**Tipos de sensores de temperatura.** Se distinguen dos tipos principales: los sensores de temperatura que cambian una resistencia y los que trabajan directamente mediante una señal emitida.

Sensores de temperatura con cambio de la resistencia o cambio de otras propiedades físicas. Los termistores PTC señalizan un aumento de la temperatura con una mayor resistencia[17].

Los termistores NTC señalizan un aumento de la temperatura con una reducción de la resistencia basándose en óxidos de metales o semiconductores. El término termistor proviene del inglés Thermally Sensitive Resistor[17].

Dependiendo de los materiales empleados se distingue entre resistencias de medición de platino, silicio y cerámica. Pueden emplearse para diferentes rangos de temperatura. Los semiconductores de cerámica también funcionan muy bien como elementos de calefacción o termofusible independientes[17].

Los materiales piroeléctricos reaccionan a un cambio de la densidad del portador de carga en su superficie cuando se producen cambios en la temperatura. Se produce una polarización espontánea. Los pirómetros miden la radiación de calor. Los interruptores bimetalicos trabajan de forma mecánica y activan un interruptor mediante la curvatura de un bimetálico en caso de aumento de temperatura. Los sensores de temperatura ferromagnéticos disponen de un imán permanente que, dependiendo de la temperatura, se adhiere o vuelve a un estado de reposo. En este caso se sostiene magnéticamente una tensión de muelle o se activa un conmutador. Los sensores de temperatura de fibra óptica crean un perfil de temperatura con una fibra de vidrio. Usan el efecto raman[17].

**5.2.15. Sensores de humedad.** Un sensor de humedad es un aparato que permite detectar y controlar el porcentaje de agua del aire o de cualquier material o superficie. Su nombre técnico es higrómetro y resulta un elemento indispensable en meteorología. Sin embargo, cada vez es incluido con mayor asiduidad en los sistemas de climatización domésticos y comerciales. Suele medir también la temperatura ya que son dos valores necesarios para calcular la sensación térmica[18].

Estos dispositivos, generalmente, transforman las magnitudes de humedad detectadas en una señal eléctrica de entre 4 y 20mA. Después, un material semiconductor se encarga de determinarlas con precisión a través de un valor numérico. En función de él, el usuario puede actuar para incrementar o reducir el porcentaje de humedad[18].

**5.2.16. Ide Arduino.** La IDE Arduino, o Entorno de Desarrollo Integrado Arduino, es una plataforma de software libre y de código abierto para programar y desarrollar proyectos utilizando placas Arduino. Dispone de una interfaz fácil de usar para crear, compilar y cargar código en los microcontroladores Arduino. El IDE de Arduino se ha convertido en la opción preferida de aficionados, estudiantes y profesionales por su facilidad y versatilidad[19].

**5.2.17. Ionic 6.** Ionic Framework es un SDK de frontend de código abierto para desarrollar aplicaciones híbridas basado en tecnologías web (HTML, CSS y JS). Es decir, un framework que nos permite desarrollar aplicaciones para iOS nativo, Android y la web, desde una única base de código. Su compatibilidad y, gracias a la implementación de Cordova e Ionic Native, hacen posible trabajar con componentes híbridos. Se integra con los principales frameworks de frontend, como Angular, React y Vue, aunque también se puede usar Vanilla JavaScript. Este framework fue creado en 2013 por Drifty Co. y hasta la llegada de React Native ha sido una de las tecnologías líderes para el desarrollo de aplicaciones móviles híbridas[20].

**5.2.18. Proteus.** Proteus es un software para la ejecución de diferentes proyectos electrónicos, sus principales etapas son: diseño del esquema electrónico, simulación del circuito y diseño del circuito impreso. La principal ventaja es la facilidad de uso para el depurado de errores[7].

### **5.3. NORMATIVA**

A continuación, se presentan las diferentes resoluciones impartidas y/o recomendaciones establecidas desde entes gubernamentales regionales en Colombia.

**6.3.1. Requisitos Generales según la Resolución 3929 de 2013.** Los productos incluidos en este grupo de alimentos deben contener mínimo 12% de humedad[21].

Las frutas antes de ser deshidratadas pueden ser sometidas a pretratamiento con el objetivo de inactivar enzimas, destruir sustratos, limpiar el producto o favorecer la rehidratación. Estos procesos dependerán de las propiedades de las frutas y del método de secado a utilizar[21].

**6.3.2. Requisitos Generales según la Resolución 2674 de 2013.** Artículo 18. Fabricación. Las operaciones de fabricación deben cumplir con los siguientes requisitos[22]:

Todo el proceso de fabricación del alimento, incluyendo las operaciones de envasado y almacenamiento, deben realizarse en óptimas condiciones sanitarias, de limpieza y conservación y con los controles necesarios para reducir el crecimiento de microorganismos y evitar la contaminación del alimento. Para cumplir con este requisito, se deben controlar factores, tales como tiempo, temperatura, humedad, actividad acuosa ( $A_w$ ), pH, presión y velocidad de flujo. Adicionalmente, se deben vigilar las operaciones de fabricación, tales como congelación, deshidratación, tratamiento térmico, acidificación y refrigeración, asegurando que los tiempos de espera, las fluctuaciones de temperatura y otros factores, no contribuyan a la alteración o contaminación del alimento[22].

Las áreas y equipos usados en la fabricación de alimentos para consumo humano no deben ser utilizados para la elaboración de alimentos o productos de consumo animal o destinados a otros fines[22].

No se permite el uso de utensilios de vidrio en las áreas de elaboración debido al riesgo de ruptura y contaminación del alimento[22].

## 6. DESARROLLO METODOLÓGICO

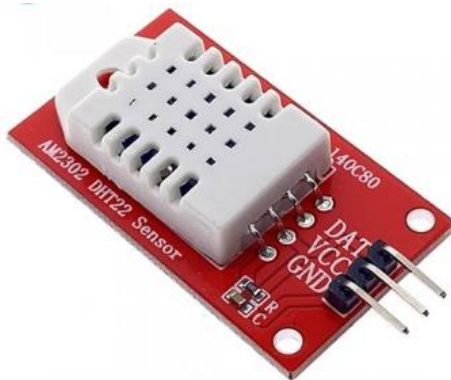
En este capítulo se expone el diseño del sistema de monitoreo y control para la deshidratación de guineo paso mediante aplicativo móvil, en línea con los objetivos específicos del proyecto. Se describen los componentes utilizados para cada parte del sistema, así como el desarrollo de una aplicación móvil para su monitoreo inalámbrico. También se detalla la implementación de una plataforma tipo horno para la producción de guineo paso y se diseñó un manual de usuario.

### 6.1. DESARROLLO DEL SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS

La elección de componentes para el desarrollo del sistema de adquisición de datos para una plataforma de deshidratación de guineo paso mediante aplicativo móvil, se optó por elementos que cumplieran con las características necesarias en un rango de precio moderado.

**6.1.1. Modulo dht22 sensor de temperatura y humedad.** Es un sensor digital de medición de temperatura y humedad. Este sensor posee un termistor interno que le sirve para medir la temperatura y también tiene un sensor capacitivo interno para la medición de humedad. La puesta en funcionamiento del Módulo Sensor de Temperatura y Humedad DHT22 es sencilla, sin embargo, requiere una sincronización para la adquisición de datos. Este sensor transmite tramas o bloques de datos de 40 bits y es usado para aplicaciones en las que se necesita medir los niveles de temperatura y humedad de ciertos ambientes. El Módulo Sensor de Temperatura y Humedad DHT22 es pequeño y de bajo consumo de energía y también tiene una muy buena distancia de transmisión de datos que puede llegar hasta los 20 metros[27].

Figura 3. Modulo Dht22 Sensor de temperatura y humedad.



Nota.Fuente: Tomado de[27]

A continuación, en la Tabla 2 se especifican las características fundamentales para el funcionamiento y aplicación del sensor de temperatura y humedad DHT22.

Tabla 2. Especificaciones técnicas del sensor de temperatura y humedad DHT22.

Ítem	Descripción
Modelo	DHT22
Fuente de alimentación	3.3-6V DC
Señal de salida	Señal digital a través de bus único
Elemento sensor	Condensador de polímero
Rango de funcionamiento	Humedad: 0-100% HR; Temperatura: -40 ~ 80°C
Precisión	Humedad: ±2% HR (Máx. ±5% HR); Temperatura: < ±0.5°C
Resolución o sensibilidad	Humedad: 0.1% HR; Temperatura: 0.1°C
Repetibilidad	Humedad: ±1% HR; Temperatura: ±0.2°C
Histéresis de humedad	±0.3% HR
Estabilidad a largo plazo	±0.5% HR / año
Período de detección promedio	2 segundos
Intercambiabilidad	Totalmente intercambiable
Dimensiones	Tamaño pequeño: 14 * 18 * 5.5 mm; Tamaño grande: 22 * 28 * 5 mm

Nota.Fuente: Tomado de[28]

**6.1.2. Termocupla MAX6675.** El circuito integrado MAX6675 es un convertidor analógico a digital para termopares (termocuplas) tipo K. Bueno, la verdad es que este circuito tras su apariencia inocente con un encapsulado SOIC de 8 pines, esconde mucho más que un ADC y nos ahorrará bastante espacio al momento de diseñar un circuito impreso. Dentro de este pequeño circuito se encuentra la electrónica necesaria para amplificar, compensar y convertir a digital el voltaje generado por el termopar, lo que hace muy sencilla la tarea de conectar un termopar a un microcontrolador[30].

Figura 4. Termocupla Max6675.



*Nota.*Fuente: Tomado de[30]

A continuación, en la Tabla 3 se especifican las características fundamentales para el funcionamiento y aplicación de la Termocupla Max6675

Tabla 3. Especificaciones técnicas de Termocupla Max6675

Características	Descripción
Longitud de la termocupla	50 cm
Interfaz	Compatible con SPI solo de lectura
Resolución	12 bits, 0.25 grados centígrados
Rango de medición	Hasta 1024 grados centígrados
Alimentación	3.3 a 5 volts
Frecuencia de reloj SPI máxima	Fscl 4.3 MHz
Tiempo de conversión	0.17 s (máximo 0.22 segundos)
Consumo máximo	1.5 mA
Compensación de unión fría	Rango -20 ~ +80 grados centígrados
Corrección de linealidad	Integrada
Detección de rotura de termopar	Incorporada para termopar tipo K
Voltaje de funcionamiento	3.0 ~ 5.5 V
Resolución de temperatura	0.25 grados centígrados
Tipo de sonda de temperatura	Tipo K
Rango de temperatura de la sonda tipo K	0-600 grados centígrados
Interfaz de comunicación	SPI comunicación de 3 hilos
Conversión de señal	Señal de temperatura convertida en bits digitales
Compensación de unión fría interna	Circuito de compensación de unión fría interno integrado

Nota.Fuente. Tomado de[30]

A continuación, se presenta el esquema del sistema desde diagrama de bloques hasta su integración.

**6.1.3. Diagrama de bloque.** El Diagrama de la Figura 5 es una representación visual del flujo de actividades involucradas en el proceso de deshidratación del Guineo, desde su estado inicial como fruta fresca hasta su transformación en producto final deshidratado. Este diagrama proporciona una visión general de las etapas clave del proceso

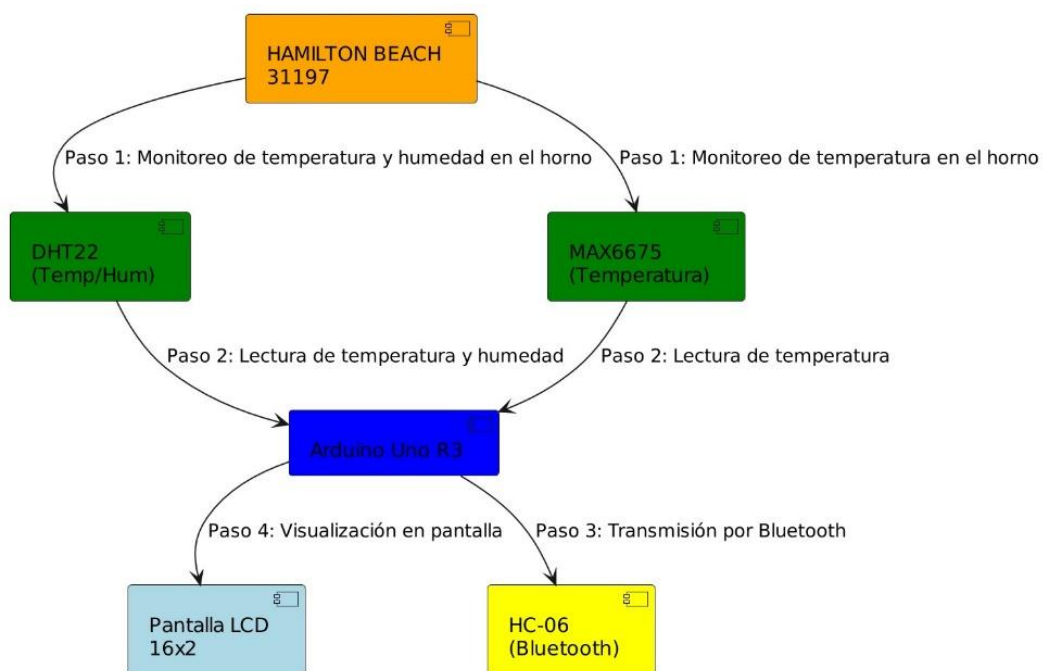
Figura 5. Diagrama bloque de Proceso de Deshidratación de Guineo paso.



Nota.Fuente propia

El sistema de la Figura 6 consta de varios componentes interconectados: el horno Hamilton Beach 31197, una termocupla MAX6675, un sensor de temperatura y humedad DHT22, un microcontrolador Arduino Uno R3, una pantalla LCD 16x2 para visualización, y un módulo Bluetooth HC-06 para la comunicación inalámbrica. El proceso comienza con la monitorización de la temperatura y humedad en el horno, pasando luego a la lectura de estos datos por el Arduino, seguido por la transmisión inalámbrica a través del módulo Bluetooth y la visualización en la pantalla LCD para evitar que el horno supere la temperatura máxima (70 grados Celsius).

Figura 6. Diagrama de bloque sistema de adquisición de datos.

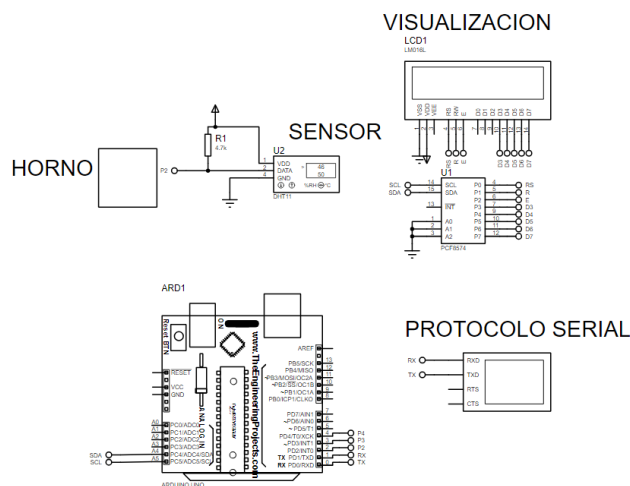


*Nota.* Fuente propia

**6.1.4. Diseño del sistema de adquisición de datos.** A continuación, se muestran los diferentes pasos y funciones para la adquisición de datos

**Simulación.** Para el inicio del proceso se realizó una simulación mostrada en la Figura 7 y Figura 8. Este con el objetivo de tener un punto de partida en Proteus, donde el sistema entrará en un bucle continuo de leer el dato la temperatura y la humedad del horno mediante el sensor DHT22 y Se validarán estos datos. Además, los valores de temperatura y humedad se mostrarán en la pantalla LCD y se enviarán por el puerto serie. Durante la simulación, se observó el funcionamiento en este ámbito.

Figura 7. Circuito simulado.



*Nota.* Fuente propia

Figura 8. Circuito mostrando la temperatura en grados Celsius y humedad %.

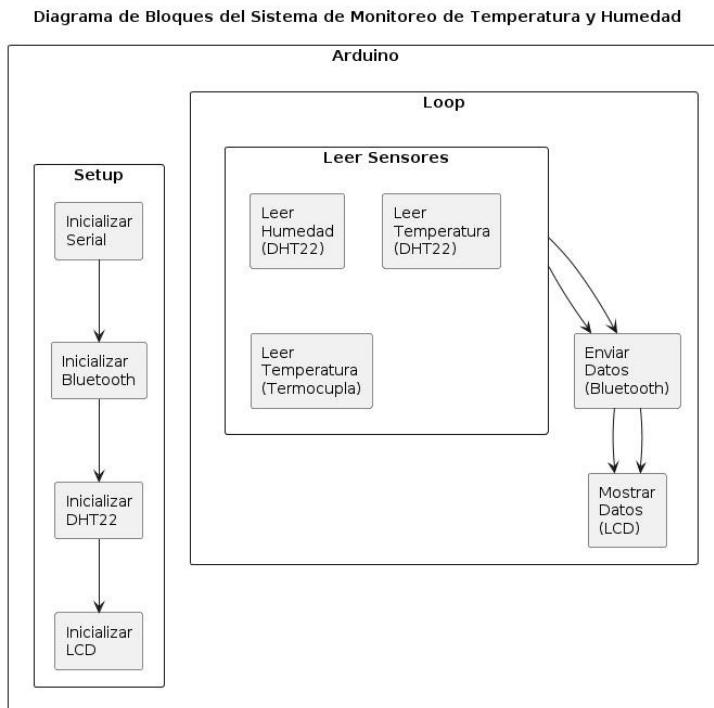


*Nota.* Fuente propia

**Descripción del algoritmo Arduino.** El proceso del código Arduino recopila datos de temperatura y humedad de un horno de encimera Hamilton Beach 31197. Este utiliza las bibliotecas SoftwareSerial, DHT y LiquidCrystal\_I2C para leer y mostrar datos de temperatura y humedad. Se define el tipo de sensor DHT22 y su pin de conexión, así como los pines para la termocupla MAX6675. El objeto SoftwareSerial configura la comunicación Bluetooth en los pines 10 y 11, y el objeto LiquidCrystal\_I2C inicializa la pantalla LCD. En la función setup, se inician la comunicación serie, el sensor DHT, la pantalla LCD y la conexión Bluetooth. En el loop, se leen los valores de temperatura y

humedad del DHT22 y la temperatura de la termocupla, enviándolos por Bluetooth y mostrándolos en la LCD. La función leerTermocupla gestiona la lectura de la temperatura desde el sensor MAX6675, asegurando la correcta comunicación y conversión de los datos, para una mejor comprensión de este se creó un diagrama mostrado en la Figura 9.

Figura 9. Diagrama de bloques del código Arduino.



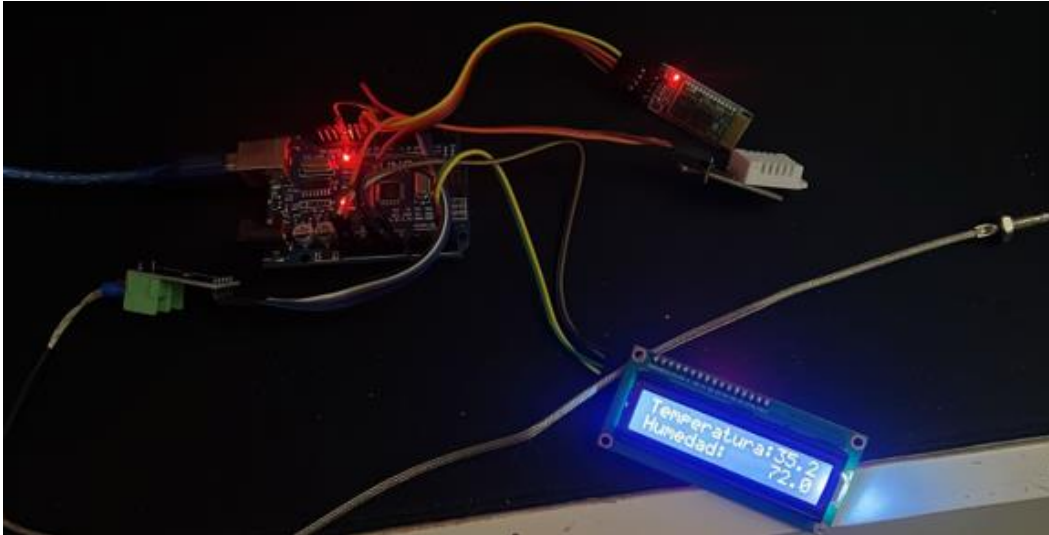
*Nota.* Fuente propia

Para ver código ir a (Anexo B)

**Montaje del sistema.** Para el sensor DHT22 y la termocupla MAX6675 se utilizó cableado adecuado para conectarlo al Arduino Uno R3, asegurando una transmisión de señal estable y sin interferencias. El módulo Bluetooth HC-06 se conectó al Arduino Uno R3 a través de la interfaz serial, configurado para enviar datos de los sensores al aplicativo móvil. La pantalla LCD 16x2 se ubica visible para permitir la lectura fácil de los datos de temperatura y humedad en tiempo real. A continuación, se muestra como quedó el sistema.

En la Figura 10 se muestra el montaje utilizado para probar el sistema sin el uso de nuestra PCB. Los componentes principales, como los sensores y LCD, se conectaron directamente al Arduino. Esto nos permitió realizar pruebas preliminares de funcionamiento y detectar posibles fallas antes de proceder con la implementación en la PCB definitiva.

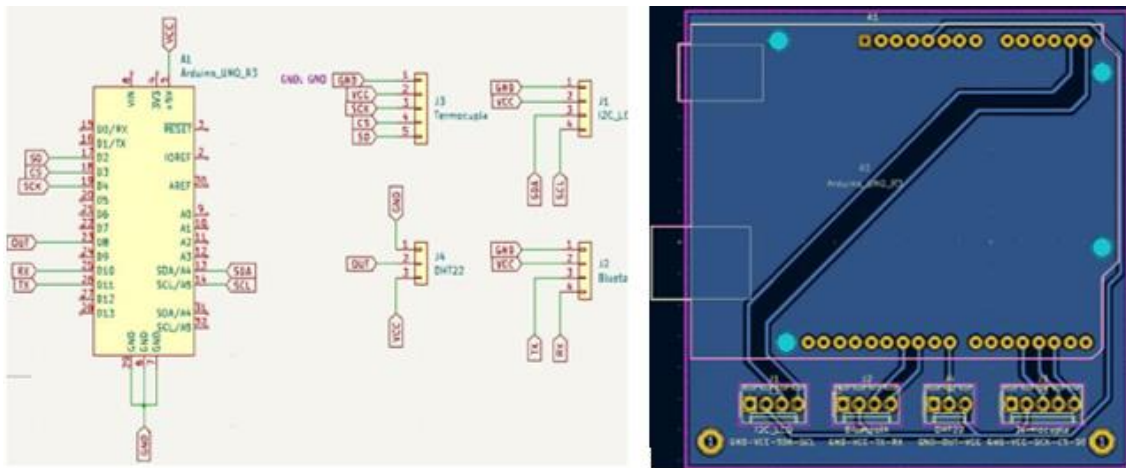
Figura 10. Circuito físico de prueba.



*Nota.*Fuente propia

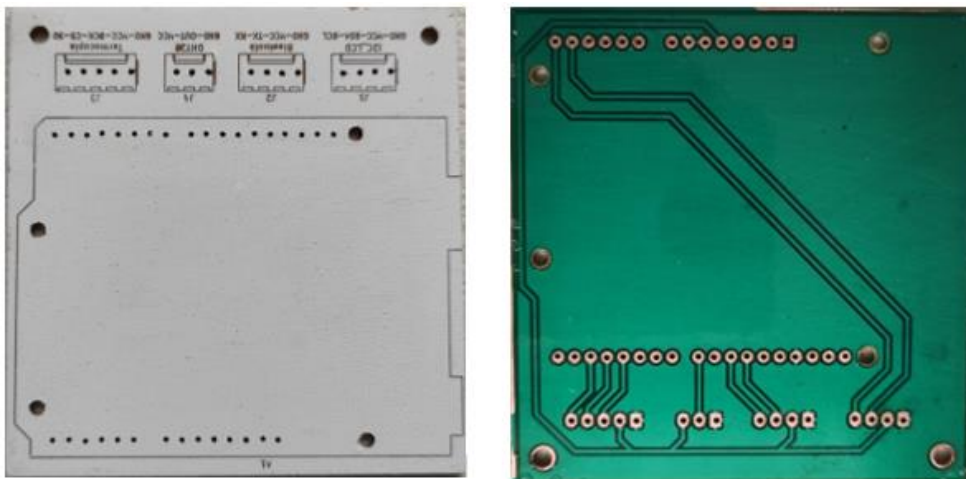
La Figura 11 y Figura 12 presentan el diseño de nuestra PCB, elaborado en KiCad. El diseño fue realizado de forma manual y fabricado mediante el método del planchado. Este método implicó la transferencia del esquema directamente sobre el cobre, seguido del grabado y perforación manual.

Figura 11. Esquema PCB KiCad.



*Nota.* Fuente propia

Figura 12. Circuito PCB.



*Nota.* Fuente propia

En la Figura 13 se muestra el montaje final de la PCB, donde los componentes han sido cuidadosamente soldados y conectados. Esta etapa aseguró la integración completa del circuito y verificado para asegurar que todas las conexiones estuvieran correctas sin cortocircuitos o malas conexiones.

Figura 13. Montaje soldado y conectado.



*Nota.*Fuente propia

## 6.2. MONITOREO

En esta sección de la metodología, se describirán en detalle los componentes utilizados para el monitoreo, además, de su función.

**6.2.1. Pantalla LCD 16x2.** Las pantallas LCD son ampliamente utilizadas debido a su bajo consumo de energía, capacidad de mostrar caracteres y gráficos, y su compatibilidad con microcontroladores y sistemas integrados. Se pueden personalizar para mostrar datos específicos del proceso[29].

Figura 14. Pantalla LCD 16X2.



*Nota.*Fuente: Tomado de[29]

**6.2.2. Módulo hc-06 bluetooth Arduino Uno.** Módulo Bluetooth HC-06 es un dispositivo que soporta conexiones inalámbricas a través del protocolo bluetooth. Los módulos Bluetooth se pueden comportar como esclavo o maestro, los cuales sirven para escuchar peticiones de conexión y otros para generar peticiones de conexión. Si algún dispositivo se conecta, el módulo transmite a este todos los datos que recibe desde nuestro microcontrolador y viceversa[25].

Figura 15. Módulo Hc-06 Bluetooth Arduino UNO.



*Nota.*Fuente: Tomado de[25]

A continuación, en la Tabla 4 se especifican las características fundamentales para el funcionamiento y aplicación del módulo Bluetooth HC-06

Tabla 4. Especificaciones técnicas del módulo Bluetooth HC-06

<b>Característica</b>	<b>Especificación</b>
Firmware	HC-06-20210910
Voltaje de operación	5V
Corriente de operación	< 40 mA
Corriente en modo sleep	< 1 mA
Chip	BC417143
Alcance máximo	10 metros
Velocidad de transmisión	1200 bps hasta 1.3 Mbps
Baudrate por defecto	9600, 8, 1, N
Bluetooth	V2.0 + EDR
Longitud de cable	21.5 cm
Frecuencia	Banda ISM de 2.4 GHz
Modulación	GFSK (Gaussian Frequency Shift Keying)
Potencia de emisión	4 dBm, clase 2
Sensibilidad	-84 dBm a 0.1% VER
Velocidad asíncrona	2.1 Mbps (máx.) / 160 kbps
Velocidad síncrona	1 Mbps / 1 Mbps
Seguridad	Autenticación y encriptación
Interfaz	Bluetooth - Puerto serie UART TTL

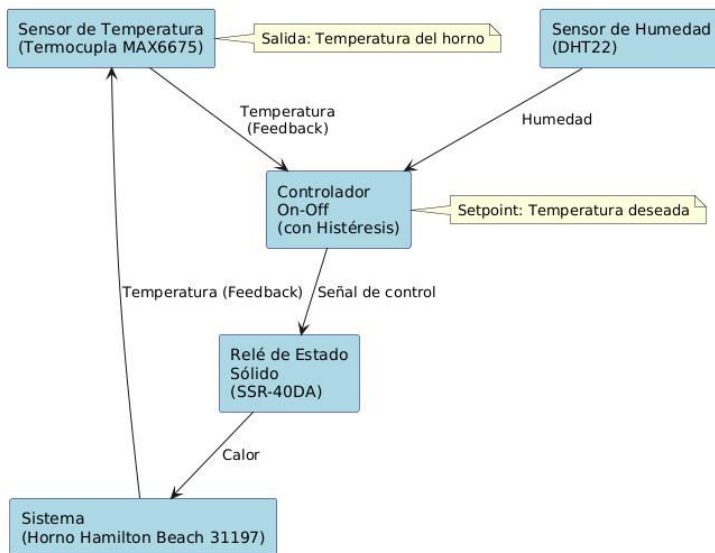
*Nota.*Fuente: Tomado de[26]

El monitoreo del sistema se realiza mediante el módulo Bluetooth HC-06, que permite la comunicación inalámbrica, transmitiendo las variables de temperatura y humedad a nuestra aplicación móvil. Esto, junto con la pantalla LCD 16x2 para la visualización, lo que es fundamental para asegurar un control eficiente del proceso de deshidratación y facilitar la supervisión, optimizando la calidad y eficiencia del proceso.

### 6.3. SISTEMA DE CONTROL

El sistema de control implementado en este proyecto está basado en un controlador on-off con histéresis para gestionar el proceso de deshidratación, manteniendo la temperatura dentro de un rango óptimo y controlando la humedad relativa. El control del horno se realiza utilizando un Arduino Uno R3, que recibe las mediciones de temperatura a través de una termocupla MAX6675 y de humedad relativa mediante un sensor DHT22. Diagrama de bloques Figura 16.

Figura 16. Diagrama de bloques sistema de control.

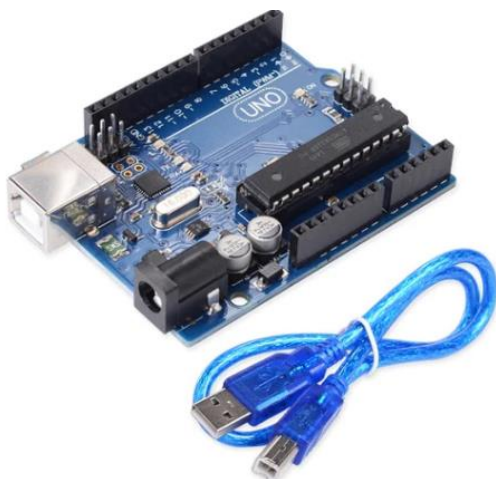


*Nota.*Fuente propia

A continuación, se especifica los componentes y la programación usada para el sistema de control.

**6.3.1. Arduino Uno R3.** Es una placa basada en el microcontrolador ATmega328P. Posee 14 pines de entrada y salida digital, de los cuales 6 pueden ser utilizados como pines PWM, 6 entradas analógicas, Un cristal de cuarzo de 16MHz, conexión a usb, puerto de electricidad, un header ISCP y un botón de reinicio[23]

Figura 17. Arduino Uno R3.



*Nota.*Fuente: Tomado de[23]

A continuación, en la Tabla 5 se especifican las características fundamentales para el funcionamiento y aplicación Arduino UNO R3.

Tabla 5. Especificaciones técnicas del Arduino Uno R3

Característica	Especificación
Microcontrolador	ATmega328P
Voltaje de operación	5V
Voltaje de entrada	7-12V
Pines digitales	14 (6 de los cuales proporcionan salida PWM)
Pines de entrada/salida analógica	6
Corriente máxima por pin de entrada/salida	20mA
Corriente máxima por pin 3.3V	50mA
Memoria Flash	32KB (0.5KB se reserva para el bootloader)
SRAM	2KB
EEPROM	1KB
Velocidad de reloj	16MHz
Interfaces de comunicación	UART, I2C, SPI
Dimensiones	68.6mm x 53.4mm

*Nota.*Fuente: Tomado de[24]

**6.3.2. Relé de estado sólido SSR-40DA.** Relé de estado sólido que te permitirá controlar cargas de alto consumo de corriente AC por medio de pequeños voltajes en DC. Los relés de estado sólido tienen grandes ventajas respecto a los mecánicos como un nivel mucho más bajo de voltaje para la activación de la carga y una corriente de sostenimiento más pequeña de la mano con una conmutación más rápida y una vida útil de funcionamiento más prolongada sin fallos al no tener piezas mecánicas[31].

Este relevo soporta corrientes de carga de hasta 40 Amperios y el control se hace mediante un voltaje de 3-32VDC. Cada terminal este acoplado a un tornillo de fijación[31].

Características:

- Corriente Máxima de carga 40Amperios[31].
- Voltaje de carga 24-380VAC[31]
- Voltaje de control 3-32VDC[31]

- Tiempo de respuesta ON<10ms, OFF<10ms[31]
- Resistencia de aislamiento sobre 50Mohms/500VDC[31]

Figura 18. SSR-40DA.



Nota.Fuente: Tomado de[31].

**6.3.3. Código Arduino.** En primer lugar, se establece un control sobre la humedad relativa. Si el valor de la humedad es menor o igual al 12%, el sistema desactiva el calentador para evitar una deshidratación excesiva del guineo paso. Esta acción es crucial, ya que mantener la humedad por encima de este valor es esencial para evitar que el producto se deteriore. Cuando esta condición se cumple, el sistema apaga el horno y muestra el mensaje “Apagado” en la pantalla LCD, indicando que el horno está apagado y el proceso a terminado. Para ver proceso Figura 19.

Figura 19. Condición de Humedad.

```
if(humedad <= 12) {
  digitalWrite(pin_calentador, LOW); // Apagar calentador
  lcd.clear();
  lcd.backlight();
  lcd.setCursor(0,0);
  lcd.print("Apagado");
}
```

Nota.Fuente propia

Si la humedad relativa se encuentra por encima del 12%, se activa el sistema de control on-off con histéresis para gestionar la temperatura del horno. El setpoint para el control de temperatura se ha definido en 63°C, con una histeresis de 5°C. Esto significa que el horno se encenderá cuando la temperatura medida por la termocupla descienda por debajo

de 58°C (setpoint menos histéresis). En este caso, el horno es activado por el Arduino mediante un relé de estado sólido (SSR-40DA).

Por otro lado, si la temperatura excede los 68°C (setpoint más histéresis), el horno se desactiva automáticamente. Este control de encendido y apagado garantiza que la temperatura del proceso de deshidratación se mantenga dentro del rango óptimo de 60°C a 70°C, lo que asegura un proceso uniforme y eficiente. La implementación del control de histéresis evita oscilaciones bruscas de temperatura, lo que contribuye a la estabilidad del sistema y a la calidad del producto final. Para ver paso Figura 20.

Figura 20. Control On-Off con Histéresis para la Temperatura.

```

}else{
  // Control ON/OFF con histéresis
  if (temperatura_termocupla < (setpoint - histéresis)) {
    digitalWrite(pin_calentador, HIGH); // Encender calentador
    Serial.println("Calentador ENCENDIDO");
  }
  else if (temperatura_termocupla > (setpoint + histéresis)) {
    digitalWrite(pin_calentador, LOW); // Apagar calentador
    Serial.println("Calentador APAGADO");
  }
}

```

*Nota.*Fuente propia

**6.3.4. Conexión física del SSR y el horno.** El relé de estado sólido SSR-40DA (Figura 18) utilizado en este proyecto cumple un rol fundamental en el control del horno. Este componente está conectado al Arduino Uno R3 para permitir la activación y desactivación del horno de manera precisa y segura. El SSR-40DA es ideal para este tipo de aplicaciones debido a su capacidad de manejar cargas de corriente alterna sin componentes mecánicos, lo que prolonga su vida útil y garantiza una conmutación rápida y eficiente.

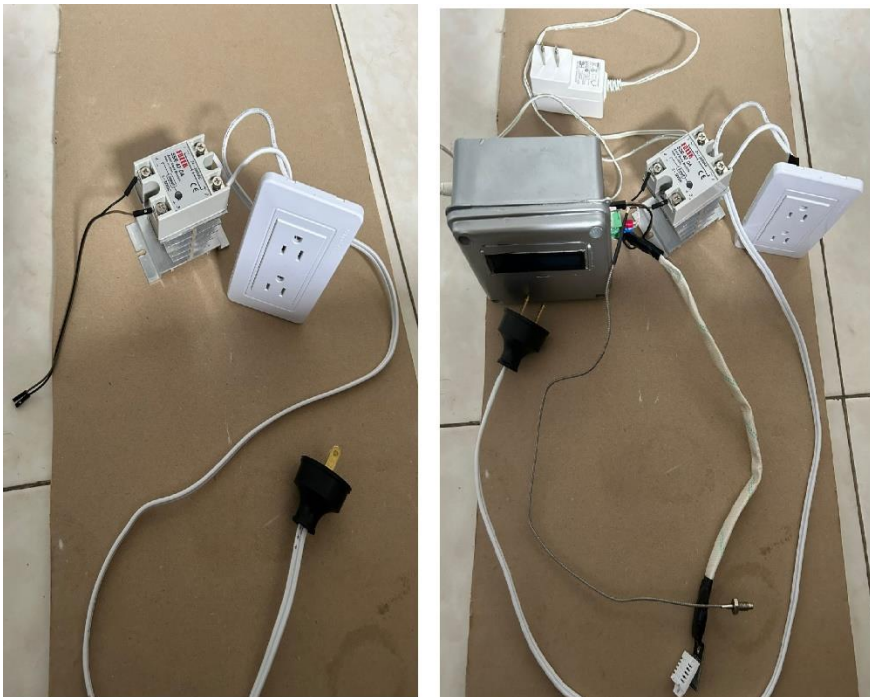
Para la conexión entre el SSR y el Arduino, el pin digital 13 del Arduino está configurado para controlar el relé. Cuando el Arduino detecta que la temperatura ha caído por debajo del umbral establecido, envía una señal al SSR para activar el horno. De manera inversa, cuando la temperatura supera el límite superior, el Arduino corta la señal al SSR, apagando el horno.

Dado que el horno utilizado, un Hamilton Beach 31197, requiere una corriente significativa para su funcionamiento, fue necesario diseñar una extensión especial para la

conexión de alimentación. Se utilizó un cable dúplex 2x12, que es capaz de soportar el amperaje necesario para operar el horno de forma segura y eficiente. Este cable fue elegido por su capacidad para manejar cargas eléctricas elevadas sin sobrecalentarse ni comprometer la seguridad del sistema. La extensión garantiza que la conexión eléctrica del horno se mantenga estable durante el proceso de deshidratación

Este diseño físico del sistema (Figura 21) no solo asegura un control preciso de la temperatura, sino también la integridad del sistema eléctrico, lo que es esencial para mantener la seguridad operativa del horno durante el proceso de deshidratación del guineo paso.

Figura 21. Diseño físico del sistema de control.



*Nota.*Fuente propia

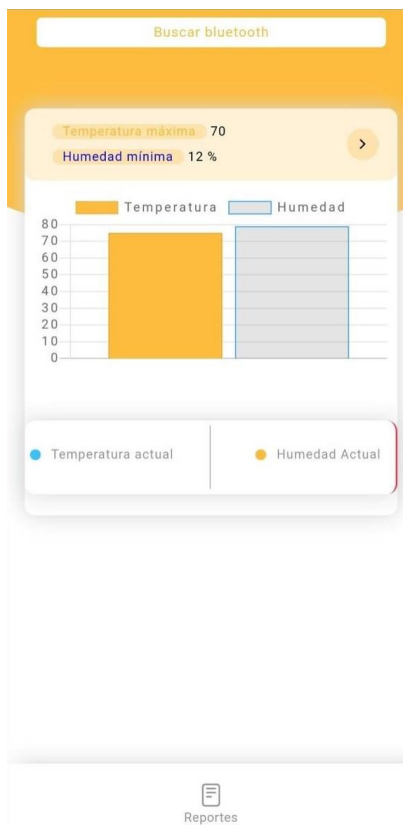
#### **6.4. DESARROLLO DE LA APLICACIÓN MÓVIL**

El desarrollo de la aplicación móvil se realizó en Ionic 6, uno de los frameworks más utilizados para la creación de aplicaciones móviles. La aplicación permite la visualización en tiempo real de las variables de temperatura y humedad, así como una forma de monitorearlas a través de un dispositivo móvil. A continuación, se detalla el proceso de desarrollo de la aplicación, incluyendo su diseño, funcionalidades y prueba.

**6.4.1. Diseño de la aplicación y funciones.** El diseño de la aplicación se centró en crear una interfaz de usuario intuitiva y fácil de usar. Los elementos clave del diseño incluyen:

En la Figura 22 se presenta una visión general del sistema y acceso rápido a las principales funcionalidades.

Figura 22. Pantalla principal Aplicación Móvil.



*Nota.* Fuente propia.

Las Figuras 23, 24 y 25 muestran la conexión con el módulo HC-06 para recibir datos en tiempo real desde el Arduino.

Figura 23. Icono de búsqueda Bluetooth.



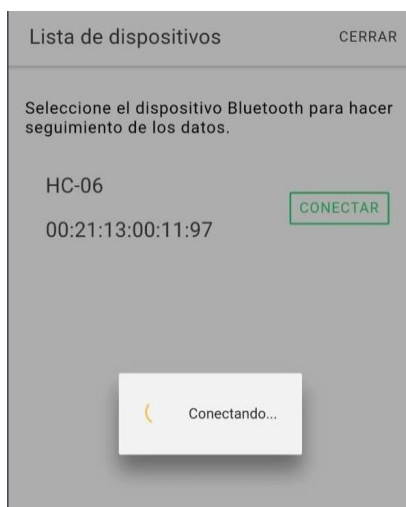
*Nota.* Fuente propia.

Figura 24. Lista de dispositivos Bluetooth.



*Nota.*Fuente propia.

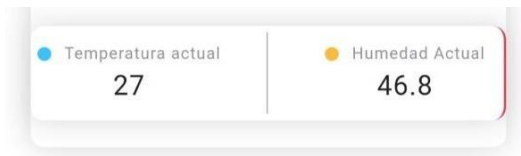
Figura 25. Conectando dispositivo Bluetooth.



*Nota.*Fuente propia.

La Figura 26 nos permite ver cómo será visualizado el monitoreo en tiempo real, donde muestra las lecturas actuales de temperatura y humedad recibidas de los sensores.

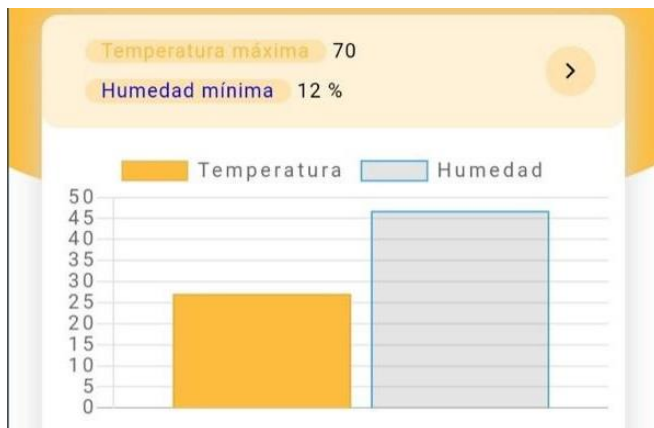
Figura 26. Mostrando lecturas de los sensores.



*Nota.* Fuente propia

En la Figura 27 se muestra cómo será visualizado para el usuario un gráfico de las lecturas de temperatura y humedad registradas.

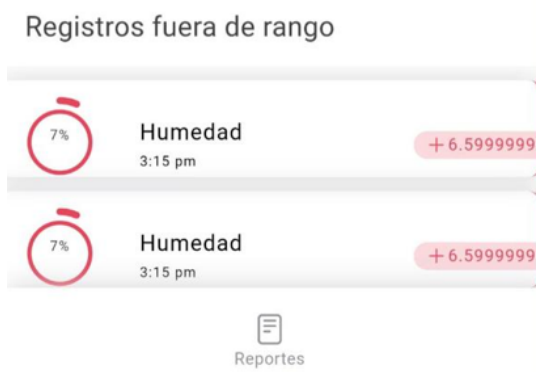
Figura 27. Gráfico de barra Aplicación Móvil.



*Nota.* Fuente propia

La Figura 28 nos permite ver y describir al usuario como identificar cuando los límites de temperatura y humedad fueron superados, la cual nos proporcionara el valor.

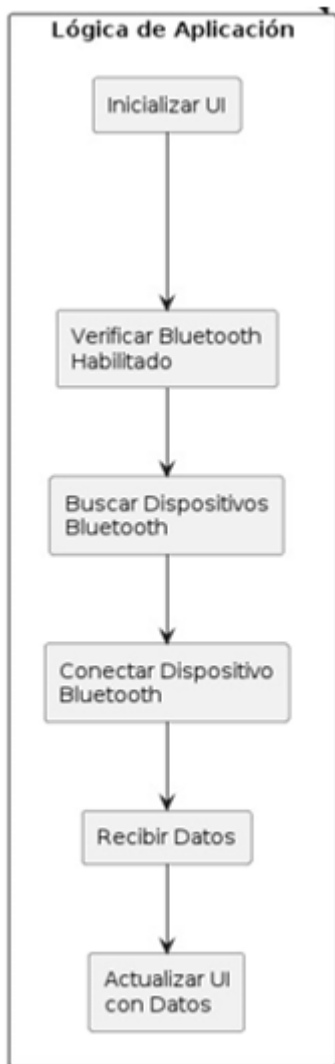
Figura 28. Registro fuera de rango temperatura y humedad.



*Nota.* Fuente propia.

A continuación, la Figura 29 muestra el diagrama de bloques que permite un análisis de toda su lógica.

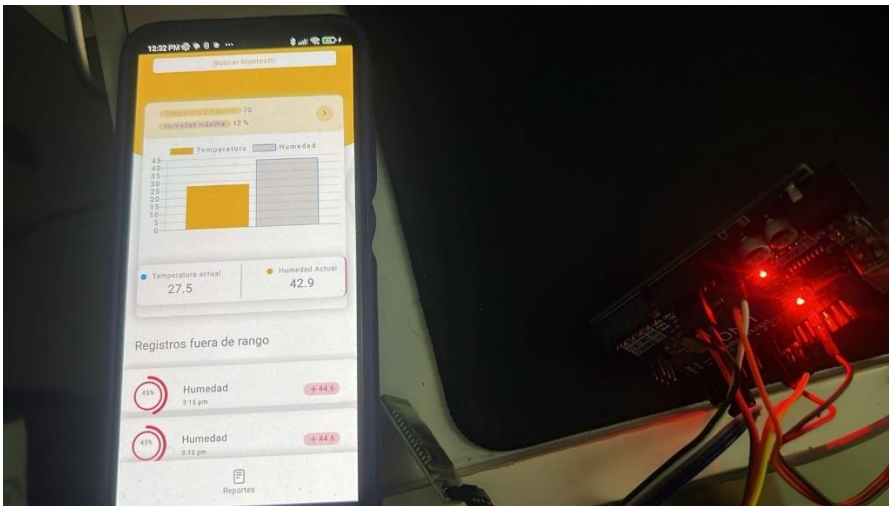
Figura 29. Diagrama de bloques lógica aplicación móvil.



*Nota.* Fuente propia

**6.4.2. Pruebas de la aplicación móvil.** Estas pruebas incluyeron que la aplicación puede conectarse de manera fiable al módulo Bluetooth HC-06 y recibir datos sin interrupciones. Verificación de todas las funcionalidades de la aplicación y asegurar que responda rápidamente a las entradas del usuario y manejo eficiente de la transmisión de datos en tiempo real, esta prueba se mira en la Figura 30.

Figura 30. Prueba de la Aplicación móvil.



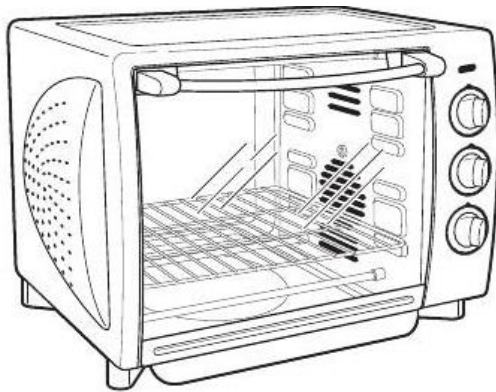
*Nota.* Fuente propia

## 6.5. INTEGRACIÓN DEL HORNO AL SISTEMA

La integración del sistema de adquisición de datos con el horno fue una etapa muy importante, garantiza que las mediciones de temperatura y humedad se realicen de manera precisa y eficiente durante el proceso de deshidratación del guineo paso. A continuación, se detalla por qué se usa este horno y cómo se integró para formar el sistema funcional.

**6.5.1. Horno de encimera Hamilton Beach 31197.** El horno de encimera Hamilton Beach 31197 (120v-1500W), con su diseño extragrande, ofrece una amplia gama de funciones, incluyendo asado, convección, horneado y asado, lo que lo convierte en una opción versátil para cocinar diversos tipos de alimentos. Con un temporizador ajustable de 10 a 120 minutos y una temperatura que alcanza hasta 500 grados Fahrenheit, este horno proporciona flexibilidad en la cocina. Su interior espacioso puede acomodar un pollo de 5 libras o dos pizzas de 12 pulgadas, mientras que su diseño fácil de limpiar simplifica el mantenimiento. Además, viene con accesorios útiles como estantes de cocina, sartenes para hornear y una brocheta para asar, lo que lo convierte en una opción completa para aquellos que buscan un horno de encimera eficiente y conveniente. Con dimensiones aproximadas de 21 x 18 x 15-1/2 pulgadas, el horno se adapta fácilmente a diferentes espacios de cocina[32]. En la Figura 31 se muestra cómo es el horno.

Figura 31. Horno de encimera Hamilton beach 31197.



*Nota.* Fuente: Tomado de[32]

En la Tabla 6 se muestra la equivalencia entre las temperaturas en grados Fahrenheit y grados Celsius. Esta información es útil para ajustar la configuración de temperatura en el horno.

Tabla 6. Oven Fahrenheit to Celsius Conversion

<b>Fahrenheit (°F)</b>	<b>Celsius (°C)</b>
150°F	65.6°C
200°F	93.3°C
250°F	121.1°C
300°F	148.9°C
350°F	176.7°C
400°F	204.4°C
450°F	232.2°C
500°F	260°C

*Nota.* Esta tabla proporciona la conversión aproximada entre Fahrenheit y Celsius para ayudar en la calibración del horno. Fuente propia

**6.5.2. Pruebas y validación del sistema.** La fase de pruebas y validación del sistema fue fundamental para asegurarnos que todos los componentes y el conjunto integrado funcionen correctamente y cumplan con los requisitos del proyecto y garanticen la precisión y la confiabilidad del sistema de monitoreo para controlar la deshidratación de guineo paso. A continuación, se muestran los procedimientos realizados, en la Figura 32 el sistema está terminado y los datos de temperatura y humedad se pueden visualizar tanto en la LCD, como en la aplicación móvil, la Figura 33 exhibe como se muestran los datos.

Figura 32. Sensores conectados.



*Nota.*Fuente propia

Figura 33. Sistema integrado en el horno y funcionando.



*Nota.*Fuente propia

## 6.6. INSTALACIÓN DEL PROTOTIPO

La instalación del prototipo del sistema de monitoreo y control para la deshidratación de guineo paso involucra la implementación física y funcional del sistema desarrollado. A continuación, se muestra el proceso de instalación del prototipo.

En la Figura 34 se muestra la posición donde tiene que estar el sistema de adquisición de datos, este lugar debe estar muy cerca a una fuente de alimentación, que nos permita trabajar con los dos sistemas al tiempo.

Figura 34. Montaje de equipos.



*Nota.* Organización del sistema. Fuente propia.

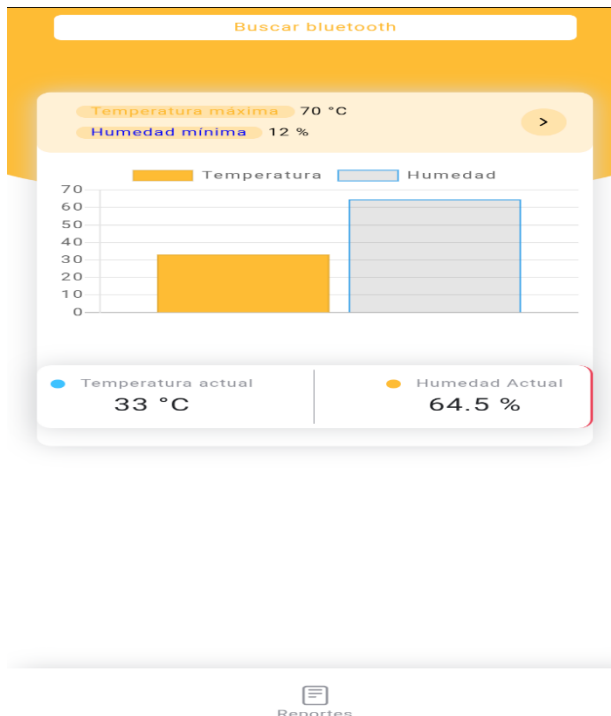
Las Figuras 35 y 36 muestran el sistema instalado correctamente y en funcionamiento, este como prueba para el inicio del proceso de deshidratación de los Guineos.

Figura 35. Pruebas iniciales



*Nota.*Fuente propia

Figura 36. Capture de Aplicación Móvil.



*Nota.*Fuente propia

## **7. RESULTADOS Y ANÁLISIS**

Los resultados obtenidos durante la implementación del sistema de monitoreo y control para la deshidratación de guineo paso han demostrado que se cumplieron todos los objetivos establecidos. Se logró desarrollar un sistema de adquisición de datos, integrando el sensor DHT22 y la termocupla MAX6675 para monitorear la temperatura y humedad relativa del horno. La aplicación móvil desarrollada permite la visualización en tiempo real de estas variables, con una interfaz fácil de usar, manteniendo una conectividad estable y eficiente mediante el módulo Bluetooth HC-06. La adaptación del horno Hamilton Beach 31197 para la deshidratación del guineo fue exitosa, asegurando condiciones óptimas de temperatura y flujo de aire, lo que resultó en una producción de guineo paso de calidad y cumpliendo con los estándares. Se diseñó un manual de usuario completo que facilita la operación y mantenimiento del sistema

### **7.1. RESULTADOS DE PRUEBA DEL SISTEMA**

El sistema de adquisición de datos desarrollado es preciso y fiable, integrando el sensor DHT22 y la termocupla MAX6675 para monitorear la temperatura y humedad relativa del horno. Estos sensores permitieron la recopilación de datos consistentes y precisos, confirmando la fiabilidad del sistema. La pantalla LCD 16x2 conectada al Arduino muestra los valores de temperatura y humedad, permitiendo al usuario monitorear el proceso de deshidratación sin necesidad de acceder constantemente a la aplicación móvil. La aplicación móvil también permite la visualización de estas variables, con una interfaz de usuario diseñada para ser fácil de usar. La conectividad entre el Arduino y la aplicación móvil mediante el módulo Bluetooth HC-06 fue estable y eficiente, sin problemas de desconexión o retraso significativo en la transmisión de datos.

Se realizaron pruebas del sistema en diferentes condiciones de temperatura y humedad como se muestra en la Tabla 7 para asegurar su robustez y capacidad de adaptarse a cambios en el ambiente. Los resultados mostraron que el sistema mantiene su precisión y fiabilidad. El sistema de adquisición está alimentado por un cargador de 9 V, asegurando una alimentación estable y continua para todos los componentes. Figura 37 y Figura 38.

Figura 37. Sistema de adquisición de datos en prueba



*Nota.* Esta figura representa la prueba realizada para el sistema de adquisición de datos. Fuente propia

Figura 38. Sistema de adquisición de datos alimentado a 9V.



*Nota.* Fuente propia

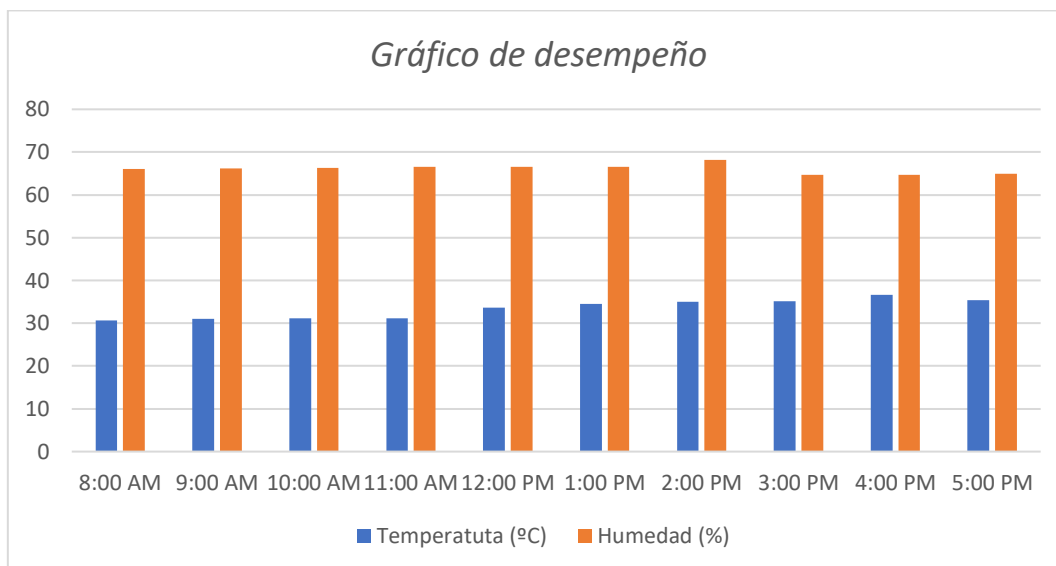
Tabla 7. Datos recolectados en diferentes ambientes.

<b>Ambiente(Lugar Cerrado)</b>	<b>Hora del dia</b>	<b>Temperatura (°C)</b>	<b>Humedad (%)</b>
	8:00 AM	30,7	66
	9:00 AM	31	66,2
	10:00 AM	31,1	66,3
	11:00 AM	31,2	66,5
	12:00 PM	33,6	66,6
	1:00 PM	34,5	66,6
	2:00 PM	35	68,2
	3:00 PM	35,2	64,7
	4:00 PM	36,7	64,7
	5:00 PM	35,4	63

*Nota.* Los datos presentados en esta tabla fueron recolectados en diferentes momentos del día, específicamente por la mañana y por la tarde. Fuente propia

La adquisición de datos se llevó a cabo en un ambiente cerrado, registrando temperatura y humedad a lo largo del día. A partir de las 8:00 AM, se observó un aumento gradual de la temperatura, iniciando en 30.7 °C y alcanzando su pico a las 4:00 PM con 36.7 °C. La humedad, por su parte, mostró una mayor estabilidad, con variaciones ligeras entre el 63% y el 68.2%. El aumento más pronunciado de temperatura ocurrió alrededor del mediodía, coincidiendo con la mayor radiación solar, mientras que la humedad presentó leves fluctuaciones, manteniéndose dentro de un rango estrecho, para una mayor interpretación la Figura 39 muestra visualmente tendencias claras en la variación de la temperatura y la humedad relativa.

Figura 39. Gráfico de desempeño en la prueba.



*Nota.* Este gráfico permite una mejor interpretación de la prueba realizada. Fuente propia

## 7.2. RESULTADOS DEL PROCESO DE DESHIDRATACIÓN

La implementación del sistema de adquisición de datos permitió monitorear las variables de temperatura y humedad relativa de manera efectiva. La pantalla LCD y la aplicación móvil facilitaron el monitoreo en tiempo real, permitiendo ajustes rápidos y precisos durante el proceso de deshidratación. La conexión entre el Arduino y la aplicación móvil mediante el módulo Bluetooth HC-06 fue estable y eficiente, asegurando una transmisión de datos sin interrupciones.

El sistema de control on-off implementado, complementado por el uso del relé de estado sólido (SSR-40DA), demostró una notable eficacia en la regulación de la temperatura del horno durante el proceso de deshidratación del guineo. El controlador on-off permitió activar y desactivar el horno de manera precisa, manteniendo la temperatura dentro de un rango óptimo.

La adaptación del horno Hamilton Beach 31197 para la deshidratación del guineo fue exitosa. La capacidad del horno permitió la deshidratación de un volumen significativo de guineo, manteniendo una temperatura constante y adecuada, lo cual redujo el tiempo total del proceso y resultó en una producción de guineo paso de alta calidad. Utilizando el sensor DHT22 y la termocupla MAX6675, se logró un monitoreo preciso de la

temperatura y humedad dentro del horno. La temperatura mínima del horno de 65 grados Celsius permitió mantener las condiciones ideales para la deshidratación sin superar el límite recomendado de 70 grados Celsius. A diferencia del secado al sol, que depende de las condiciones climáticas y puede variar en eficiencia, el horno proporciona una fuente de calor constante y controlada.

El ambiente controlado del horno reduce la exposición a contaminantes y plagas, mejorando la higiene del producto final. Los datos presentados en la Tabla 8 son las pruebas realizadas con bananos en el horno durante el proceso de deshidratación para evaluar el impacto de las condiciones del horno en la eficacia del proceso.

Para ver pruebas Figura 40 y Figura 41 donde se visualiza cada paso que se hizo para el proceso de deshidratación y en Anexo D, se puede ver a detalle cada una de las pruebas que se hizo.

Figura 40. Horno con sistema de adquisición de datos.



*Nota.* Fuente propia

Figura 41. Bandejas dentro del horno durante el proceso de deshidratación.



*Nota.* Fuente propia

Tabla 8. Datos recolectados durante el proceso de deshidratación.

<b>Tiempo(min)</b>	<b>Temperatura (°C)</b>	<b>Humedad (%)</b>
10	68,5	28,1
20	69	38,8
30	70	38
40	70,5	33
50	69	25,2
60	68,6	35
70	68,3	37,7
80	68,2	27,5
90	68	22,7
100	68	19,7

*Nota.* Datos obtenidos. Fuente propia

En la Figura 42 se puede observar como en la prueba quedo el banano después del proceso y para visualizar las tendencias y patrones en los datos obtenidos, se crearon gráficos

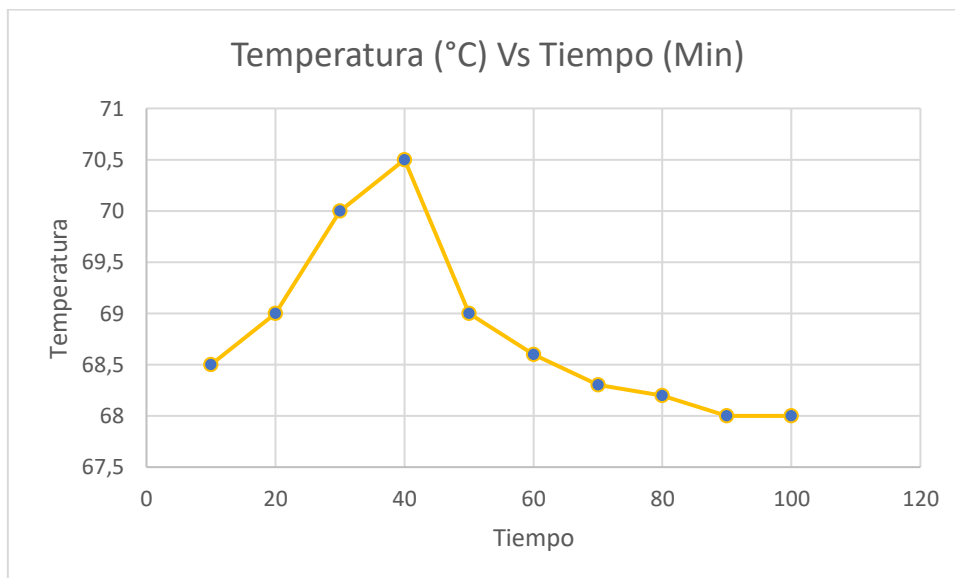
Figura 43 y Figura 44. Estos gráficos permiten una comprensión clara de cómo varían la temperatura y la humedad relativa a lo largo del tiempo.

Figura 42. Resultado con el Guineo



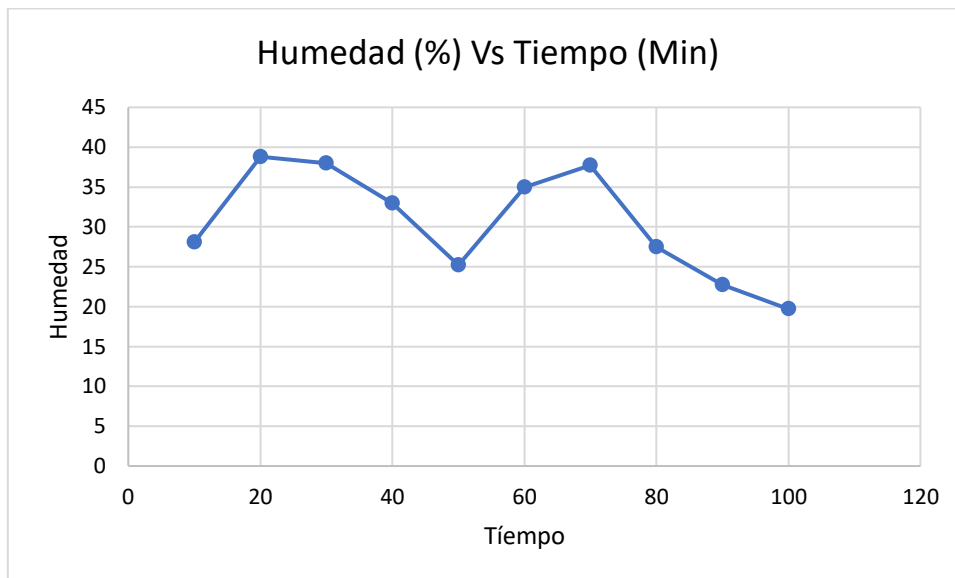
*Nota.*Pequeño porcentaje de banano deshidratado como prueba.Fuente propia

Figura 43. Gráfico de Temperatura vs. tiempo.



*Nota.*Fuente propia

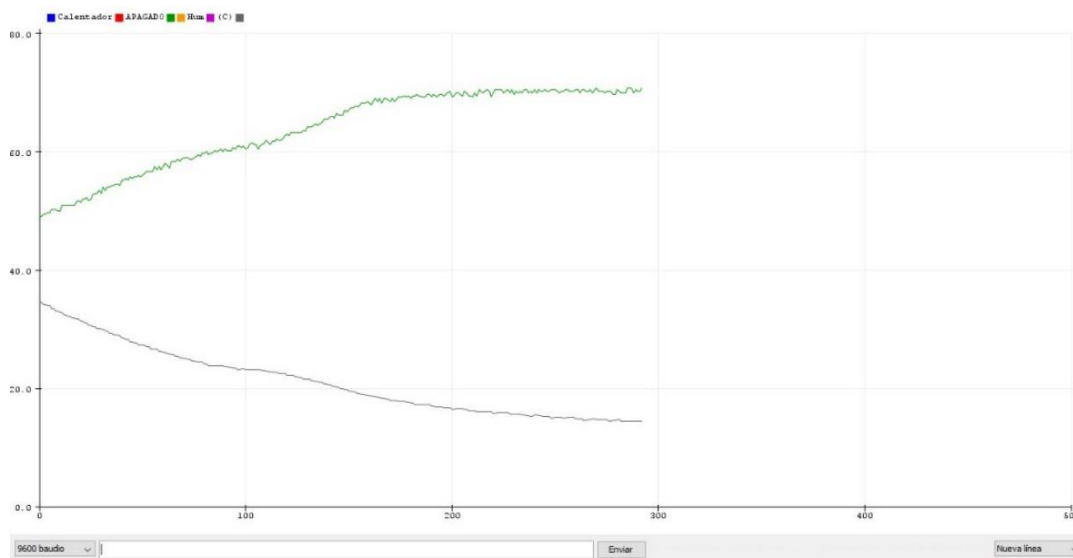
Figura 44. Gráfico de Humedad vs. tiempo.



*Nota.*Fuente propia

Durante el proceso de deshidratación, al inicio del proceso, se observa en el Serial Plotter de Arduino que la temperatura comienza a incrementarse de manera constante hasta alcanzar el valor deseado, donde finalmente se estabiliza gracias al control on-off y la humedad relativa dentro del horno, inicialmente elevada, empieza a disminuir progresivamente. Este descenso se debe a la evaporación del agua contenida en el guineo. Ver Figura 45.

Figura 45. Serial Plotter de Arduino



*Nota.* la temperatura aumenta hasta llegar a los 70 °C y la humedad relativa disminuye. Fuente propia

### 7.3. ANÁLISIS DE RESULTADOS

El análisis de los resultados obtenidos durante la implementación del sistema de monitoreo para controlar la deshidratación de guineo paso revela varios aspectos importantes del desempeño del sistema y su eficacia en la consecución de los objetivos establecidos.

En Tabla 8. Al analizar los datos obtenidos durante el proceso de deshidratación del guineo, se observa una variación controlada en la temperatura y humedad relativa a lo largo del tiempo. En los primeros 30 minutos, la temperatura se eleva rápidamente, alcanzando valores cercanos a los 70°C, con una estabilización en torno a los 68-70°C durante el resto del proceso, lo que indica el funcionamiento efectivo del controlador on-off. La humedad relativa, por otro lado, muestra un comportamiento dinámico. Al inicio, la humedad es relativamente baja (28,1%) y, a medida que avanza el proceso, se observa un incremento significativo, alcanzando su valor máximo de 38,8% a los 20 minutos. Esto se debe al inicio de la evaporación del agua del guineo, lo que genera un aumento de humedad en el ambiente del horno. Posteriormente, la humedad comienza a descender gradualmente, coincidiendo con el avance del proceso de deshidratación, llegando a un valor de 19,7% al final de los 100 minutos

Este descenso en la humedad relativa a medida que se estabiliza la temperatura refleja la eficiencia del sistema para mantener condiciones ideales de deshidratación. El control preciso de la temperatura ha permitido reducir progresivamente la humedad del producto.

En el gráfico de la Figura 43 se muestra el comportamiento de la temperatura del horno a lo largo de los 100 minutos del proceso de deshidratación. Al inicio, se observa un rápido aumento en la temperatura durante los primeros 30 minutos, alcanzando un valor cercano a los 70°C. Este incremento inicial es esperado, ya que el sistema busca llegar rápidamente a la temperatura de consigna para iniciar el proceso de deshidratación.

La temperatura se estabiliza dentro de un rango estrecho, fluctuando levemente entre 68°C y 70,5°C. Estas pequeñas variaciones se deben a la naturaleza del control on-off con histéresis, que permite mantener la temperatura del sistema dentro de los límites deseados sin sobrepasar los 70°C,

En el gráfico de la Figura 44 muestra una disminución sostenida a lo largo del tiempo. La humedad relativa en el ambiente empieza en 28,1% y, después de una breve fluctuación al inicio, desciende de manera constante hasta alcanzar un 19,7% al cabo de 100 minutos. A los 50 minutos, ya se ha reducido a un 25,2%, y en la segunda mitad del proceso, la disminución es más notable, con una caída final de aproximadamente 5 puntos porcentuales en los últimos 40 minutos. Esto indica que el sistema fue efectivo para reducir la humedad del ambiente, facilitando la extracción de agua del banano y, por ende, su deshidratación.

A lo largo del proceso de deshidratación del guineo paso, se realizaron observaciones detalladas en diferentes intervalos de tiempo para evaluar y analizar los cambios físicos que experimentó el producto. Ver Tabla 9.

Tabla 9. Descripción General del Guineo en cada paso.

<b>Tiempo (min)</b>	<b>Análisis del estado del banano</b>
10	El banano no presentó un cambio significativo, pero ya empezó a desprender humedad en el papel aluminio.
20	El banano empieza a notar pequeños cambios de color en algunas partes.
30	El banano toma en el nivel 1 del horno un color distintivo, mientras que en el nivel 2 el cambio es menor, pero también presenta el color.
40	El color sigue igual, pero en los bordes del banano se nota que se está disecando.
50	No se notó un cambio significativo respecto a lo anterior.
60	El banano empieza a botar más humedad en el papel aluminio, lo cual se puede visualizar mejor, y su color es más oscuro.
70	En el primer nivel del horno, el proceso ha sido más rápido, y los bananos están en un punto de deshidratación alta. En el segundo nivel, la deshidratación es inferior, pero la diferencia es poca.
80	Los bananos, al ser demasiado maduros, desprenden mayor cantidad de humedad, acumulándose más en el papel aluminio, y el color se intensifica.
90	Los bananos muestran un color más oscuro y seco, con una cantidad significativa de humedad residual en el papel aluminio.
100	Los bananos están completamente deshidratados, con un color oscuro, y la textura es seca como se esperaba.

*Nota.* Fuente propia

El manual de usuario incluye una sección que guía el proceso de deshidratación con datos obtenidos del sistema de monitoreo con una tabla realizada para ello.

## 8. CONCLUSIONES

Este proyecto de grado se enfocó en el desarrollo de un sistema de monitoreo y control para una plataforma de deshidratación de guineo paso mediante aplicativo móvil en la finca las mercedes, ubicada en el municipio de pueblo bello César. Como conclusiones generales se tienen que:

- Se logró integrar de manera efectiva el sensor DHT22 y la termocupla MAX6675, permitiendo el monitoreo y control preciso de la temperatura y humedad relativa del horno. Los datos obtenidos fueron consistentes y fiables, confirmando la robustez del sistema de adquisición y control. La pantalla LCD 16x2 facilitó la visualización en tiempo real de estas variables, proporcionando una referencia inmediata.
- La aplicación móvil desarrollada permitió el monitoreo en tiempo real de las variables de temperatura y humedad relativa, ofreciendo una interfaz intuitiva y fácil de usar. La conectividad Bluetooth entre el módulo HC-06 y la aplicación fue estable y eficiente, sin problemas de desconexión, lo que garantizó una transmisión de datos continua y fiable.
- La adaptación del horno Hamilton Beach 31197 para la deshidratación del guineo paso fue exitosa, asegurando condiciones óptimas de temperatura y flujo de aire. La capacidad del horno permitió una deshidratación uniforme y de alta calidad, cumpliendo con los estándares esperados. Los ajustes hechos y el monitoreo en tiempo real del horno mejoraron la eficiencia del proceso, reduciendo los tiempos de deshidratación y asegurando un producto final de calidad.
- El manual de usuario diseñado proporcionó instrucciones claras y detalladas para la operación y mantenimiento del sistema, asegurando que los usuarios pudieran manejar el sistema de manera efectiva y segura.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] Gámez López Manuel de Jesús, «DISEÑO DE SISTEMA DE CONTROL PARA LA CIRCULACIÓN DE AIRE CALIENTE DE DESHIDRATADOR DE FRUTAS», 2019, [En línea]. Disponible en: [https://core.ac.uk/works/7587752?source=1&algorithmId=15&similarToDoc=37021484&similarToDocKey=CORE&recSetID=df7739db-bcd9-464c-b55b-84debdebe39a&position=2&recommendation\\_type=same\\_repo&otherRecs=86576705,7587752,107375343,10996224,10188883](https://core.ac.uk/works/7587752?source=1&algorithmId=15&similarToDoc=37021484&similarToDocKey=CORE&recSetID=df7739db-bcd9-464c-b55b-84debdebe39a&position=2&recommendation_type=same_repo&otherRecs=86576705,7587752,107375343,10996224,10188883)
- [2] J. H. Moguel Zambrano, «TECNOLOGÍA DE FRUTAS, HORTALIZAS Y CONFITERÍA». [En línea]. Disponible en: <https://www.clubensayos.com/Tecnolog%C3%ADa/TECNOLOG%C3%8DA-DE-FRUTAS-HORTALIZAS-Y-CONFITER%C3%8DA/5274314.html>
- [3] M. . M. Reyes. H., «Modelamiento y control digital de temperatura para horno eléctrico», *Pontifica Universidad Javeriana Bogotá.*, 2010, [En línea]. Disponible en: <https://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/7044>
- [4] J. C. T. Cisneros, «Automatización de un prototipo deshidratador de laboratorio para frutas y hortalizas», 2013, [En línea]. Disponible en: <https://ri-ng.uaq.mx/handle/123456789/6398>
- [5] A. J. Guanoluisa Santo, «Diseño e implementación de un prototipo de deshidratadora de alimentos, conectada a un servidor web para recaudar datos en la empresa ACSIMB CIA. LTDA.», 2022, [En línea]. Disponible en: <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/33521/1/T-ESPEL-ENI-0487.pdf>
- [6] P. P. Peñaranda, «Estudio para la implementación de una Planta deshidratadora de Banano en el Municipio de San Buenaventura», 2019, [En línea]. Disponible en: <http://repositorio.umsa.bo/xmlui/handle/123456789/32801>
- [7] A. J. León Rodríguez, «Diseño e implementación de un deshidratador híbrido con paneles fotovoltaicos», *Universidad Tecnológica del Perú*, 2018, [En línea]. Disponible en: <http://repositorio.utp.edu.pe/handle/20.500.12867/1892>
- [8] A. V. Castrejon, «Diseño y construcción de un deshidratador híbrido con energías alternas», *Instituto Politécnico Nacional, México, D.F.*, 2015, [En línea]. Disponible en: <https://tesis.ipn.mx/jspui/bitstream/123456789/15329/1/im%2021-13.pdf>
- [9] M. Castellanos. E. L. Viveros Folleco A. M, «Diseño e implementación de un prototipo de deshidratador híbrido (solar-eléctrico) e implementación de su sistema de control», *Universidad Distrital Francisco José de Caldas*, 2017, [En línea]. Disponible en: <https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/7380/MayorgaCastellanosErikaLorena20?sequence=1>

- [10] El Metropolitano Digital, «Propiedades y beneficios del banano». [En línea]. Disponible en: <https://www.elmetropolitanodigital.com/2016/08/propiedades-y-beneficios-del-banano/>
- [11] G. Montaña. F. J. Blasco López .G., «Propiedades funcionales del plátano (Musa sp)», 2014, [En línea]. Disponible en: [https://www.uv.mx/rm/num\\_anteriores/revmedica\\_vol14\\_num2/articulos/propiedades.pdf](https://www.uv.mx/rm/num_anteriores/revmedica_vol14_num2/articulos/propiedades.pdf)
- [12] JOYSSY ADRIANA RODRÍGUEZ PINEDA y EDITH NATALIA MORENO BERGAÑO, «EFECTO DE LA APLICACIÓN DE MÉTODOS COMBINADOS DE DESHIDRATACIÓN SOBRE LA CALIDAD DE BANANO BOCADILLO», *UNIVERSIDAD DEL QUINDÍO*, 2005, [En línea]. Disponible en: <https://bdigital.uniquindio.edu.co/bitstream/handle/001/5854/Secado%20-%20Bananito.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [13] Gallego Yanza .C. J, «Diseño de un horno por convección forzada para la deshidratación de frutas y hortalizas», 2006, [En línea]. Disponible en: <https://red.uao.edu.co/bitstream/handle/10614/6213/T04221.pdf?sequence=1>
- [14] Simon Sebastian, «Recetas GOURMET y más - Blog gastronómico, restaurantes, trastos de cocina, productos de actualidad, consejos prácticos, curiosidades, y otras delicias». [En línea]. Disponible en: <https://gourmetlikeme.com/>
- [15] Anonimo, «Control ON-OFF Histeresis - Sistemas de Control Automático. Guía 8», Universidad de los Andes Colombia. [En línea]. Disponible en: <https://www.studocu.com/co/document/universidad-ecci/sistemas-dinamicos/control-on-off-histeresis/4065433>
- [16] J. Salazar, «REDES INALÁMBRICAS», [En línea]. Disponible en: <http://www.techpedia.eu>
- [17] «El sensor de temperatura - Rechner Sensors». [En línea]. Disponible en: <https://www.rechner-sensors.com/es/documentacion/knowledge/el-sensor-de-temperatura>
- [18] «Sensor de humedad». [En línea]. Disponible en: [https://www.elconfidencial.com/tecnologia/2021-08-17/que-es-sensor-de-humedad-utilidad-aplicaciones\\_3220448/](https://www.elconfidencial.com/tecnologia/2021-08-17/que-es-sensor-de-humedad-utilidad-aplicaciones_3220448/)
- [19] María y Sebastián, «Arduino IDE». [En línea]. Disponible en: <https://arduinodesdecero.com/tipos/ide/>
- [20] AGÜERO ATMITIM JOSÉ MARÍA, «Qué es Ionic en apps móviles híbridas». [En línea]. Disponible en: <https://profile.es/blog/que-es-ionic/>
- [21] «REPUBLICA DE COLOMBIA - MINISTERIO DE SALUD Y PROTECCIÓN SOCIAL», 2013, [En línea]. Disponible en: <https://www.suin-juriscol.gov.co/viewDocument.asp?ruta=Resolucion/30033930>
- [22] «Resolución 2674 de 2013 Ministerio de Salud». [En línea]. Disponible en: <https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=54030>

- [23] «FERRETRONICA-Placa de Desarrollo UNO R3 Compatible con Arduino». [En línea]. Disponible en: <https://ferretronica.com/products/placa-de-desarrollo-uno-r3-compatible-con-arduino>
- [24] «ARDUINO – Blog de Tecnologías». [En línea]. Disponible en: <https://www3.gobiernodecanarias.org/medusa/ecoblog/rsuagued/arduino/>
- [25] «Modulo Hc-06 Hc 06 Bluetooth Arduino Uno Mega - Electronica». [En línea]. Disponible en: <https://robot.com.ve/product/modulo-hc-06-hc-06-bluetooth-arduino-uno-mega/>
- [26] «Modulo bluetooth HC-06». [En línea]. Disponible en: <https://www.todomicro.com.ar/comunicacion/24-modulo-bluetooth-hc-06.html>
- [27] «Módulo Sensor DHT22 Colombia». [En línea]. Disponible en: <https://www.electronicaplugandplay.com/sensores-y-transductores/product/1033-sensor-module-dht22>
- [28] «DHT22 datasheet |CodigoElectronica». [En línea]. Disponible en: <https://codigoelectronica.com/blog/dht22-datasheet>
- [29] «Display LCD 16X2 Fondo Azul Caracteres Blanco - TresD Print Tech». [En línea]. Disponible en: <https://tresdprinttech.com/producto/lcd-16x2-fondo-azul-caracteres-blanco-3/>
- [30] «SENSOR TERMOCUPLA CON MAX6675». [En línea]. Disponible en: <https://www.mactronica.com.co/sensor-termocupla-con-max6675>
- [31] «SSR-40DA - Sigma Electrónica». [En línea]. Disponible en: <https://www.sigmaelectronica.net/producto/ssr-40da/>
- [32] «Hamilton Beach 31197 Instructivo», ManualsLib. [En línea]. Disponible en: <https://www.manualslib.es/manual/400661/Hamilton-Beach-31197.html?page=28#manual>

## **ANEXO**

Anexo A. Carta de aceptación.

Valledupar Cesar 31 de agosto de 2023

Comité Técnico de Proyectos de Grado  
Ingeniería Electrónica

**Estimados miembros del Comité Técnico de Proyectos de Grado,**

Reciban un cordial saludo. Por medio de la presente carta, me permito dirigirme a ustedes con el fin de solicitar, de manera respetuosa, la consideración y aprobación para la vinculación de los estudiantes **Katlin Marcela Ramos Colpas e Iván David Rodríguez Garrido** en el marco de un proyecto de gran relevancia.

La propuesta que presentamos tiene como objetivo abordar una problemática que aqueja a la finca "Las Mercedes", ubicada en el **municipio de Pueblo Bello, Cesar**: **el desaprovechamiento del recurso productivo del guineo paso**. Observamos una necesidad latente en el agro, específicamente en el campo de los medianos campesinos, en lo que respecta al adecuado aprovechamiento de los recursos disponibles para maximizar su producción y beneficio.

En este sentido, planteamos la creación de un **"Sistema de Monitoreo y Control para una Plataforma de Deshidratación de Guineo Paso a través de un Aplicativo Móvil"**. El propósito fundamental es optimizar el proceso de deshidratación de guineo paso en la finca Las Mercedes, permitiendo a los agricultores llevar a cabo este procedimiento de manera eficiente y tecnológicamente respaldada. **La implementación de un aplicativo móvil facilitará el seguimiento en tiempo real de los parámetros de deshidratación, así como el control de variables como temperatura y humedad, contribuyendo así a una producción de mayor calidad.**

**Es importante destacar que esta iniciativa no solo busca resolver una problemática local, sino que también aspira a impactar positivamente en el sector agropecuario a nivel regional.** Los beneficios se reflejarán en la mejora de los procesos de producción y en la creación de oportunidades para los agricultores de medianas dimensiones, fortaleciendo así la cadena productiva del guineo paso.

Agradecemos de antemano la atención brindada a esta propuesta y la consideración que puedan otorgar a la solicitud de vinculación de los estudiantes mencionados. Estamos convencidos de que este proyecto puede marcar la diferencia en la comunidad agrícola y contribuir al desarrollo sostenible de nuestra región.

Quedamos a su disposición para ampliar cualquier detalle necesario y para participar en cualquier proceso de evaluación o presentación adicional que requieran.

Atentamente,



Rubén Darío Rojas Álvarez  
propietario  
Correo: [rubendariorojaspb@gmail.com](mailto:rubendariorojaspb@gmail.com)  
Celular 3158833928  
Fica las Mercedes

## Anexo B. Código de Arduino

```

#include <SoftwareSerial.h>
#include <DHT.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>

#define DHTTYPE DHT22 // Cambiado a DHT22 puede ser tambien DHT11
#define DHTPIN 8 // Pin digital donde está conectado el sensor DHT22

DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);

//Declaración de pines para la termocupla
int MAX6675_SO = 2;
int MAX6675_CS = 3;
int MAX6675_SCK = 4;

SoftwareSerial bluetooth(10, 11); // RX pin 10, TX pin 11

//Crear el objeto lcd dirección 0x3F o 027 (dependiendo el chop de la pantalla) y 16 columnas x
2 filas
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2); //SDA-A4; SCL-A5; vcc 5v

// Variables control on off
int setpoint = 63; // Temperatura deseada
int histeresis = 5; // Histeresis
int pin_calentador = 13; // Pin para controlar el calentador

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  bluetooth.begin(9600); // Velocidad de baudios para la comunicación Bluetooth

  dht.begin();
  // Inicializar el LCD
  lcd.init();
  lcd.clear();
  lcd.backlight();

  lcd.setCursor(0,0);
  lcd.print("Temp (C):");

  lcd.setCursor(0,1);
  lcd.print("Hum (%): ");

  pinMode(pin_calentador, OUTPUT); // Configurar pin del calentador como salida
  //digitalWrite(pin_calentador, HIGH);
}

void loop() {
  float humedad = dht.readHumidity(); // Lee la humedad del sensor DHT22
  float temperatura = dht.readTemperature(); // Lee la temperatura del sensor DHT22

  float temperatura_termocupla = leerTermocupla(); // Lee la temperatura de la termocupla

  // Envía los datos por Bluetooth
  bluetooth.println(String(humedad) + "|" + String(temperatura_termocupla));

  //Envía los datos a la lcd

```

```

lcd.setCursor(12,0);
lcd.print(String(temperatura_termocupla)+" ");

lcd.setCursor(12,1);
lcd.print(String(humedad)+" ");
Serial.print("Temp (C): ");
Serial.print(temperatura_termocupla);
Serial.print(", Hum (C): ");
Serial.println(humedad);
if(humedad <= 12) {
  digitalWrite(pin_calentador, LOW); // Apagar calentador
  lcd.clear();
  lcd.backlight();
  lcd.setCursor(0,0);
  lcd.print("Apagado");

}
else{
  // Control ON/OFF con histéresis
  if (temperatura_termocupla < (setpoint - histeresis)) {
    digitalWrite(pin_calentador, HIGH); // Encender calentador
    Serial.println("Calentador ENCENDIDO");
  }
  else if (temperatura_termocupla > (setpoint + histeresis)) {
    digitalWrite(pin_calentador, LOW); // Apagar calentador
    Serial.println("Calentador APAGADO");
  }
}
}
delay(1000); // Espera 1 segundo antes de enviar los datos nuevamente
}

float leerTermocupla() {
  // Declaración de una variable de 16 bits para almacenar el valor leído.
  uint16_t v;

  // Configurar el pin de Chip Select (CS) del MAX6675 como salida.
  pinMode(MAX6675_CS, OUTPUT);
  // Configurar el pin de Serial Out (SO) del MAX6675 como entrada.
  pinMode(MAX6675_SO, INPUT);
  // Configurar el pin de Serial Clock (SCK) del MAX6675 como salida.
  pinMode(MAX6675_SCK, OUTPUT);

  // Bajar el pin de CS para comenzar la comunicación con el MAX6675.
  digitalWrite(MAX6675_CS, LOW);
  // Esperar un milisegundo para asegurar que el MAX6675 esté listo.
  delay(1);

  // Leer los primeros 8 bits del MAX6675.
  v = shiftIn(MAX6675_SO, MAX6675_SCK, MSBFIRST);
  // Desplazar los bits leídos 8 posiciones a la izquierda para dejar espacio a los próximos 8 bits.
  v <<= 8;
  // Leer los segundos 8 bits del MAX6675 y combinarlos con los primeros 8 bits.
  v |= shiftIn(MAX6675_SO, MAX6675_SCK, MSBFIRST);

  // Subir el pin de CS para finalizar la comunicación con el MAX6675.
  digitalWrite(MAX6675_CS, HIGH);

  // Verificar si el bit D2 está en 1, lo cual indica que el sensor no está conectado.
  if (v & 0x4) {
    // Si el sensor no está conectado, retornar un valor no numérico (NaN).
    return NAN;
  }
}

```

```
}  
  
// Desplazar los bits leídos 3 posiciones a la derecha para eliminar los bits no deseados.  
v >>= 3;  
// Multiplicar el valor por 0.25 para convertirlo en grados Celsius.  
return v * 0.25;  
}
```

## Anexo C. Manual de usuario

# MANUAL DE USUARIO

Desarrollo de un sistema de monitoreo y control para una plataforma de deshidratación de guineo paso mediante aplicativo móvil en la finca las mercedes, ubicada en el municipio de pueblo bello César.

## **Autores**

Katlin Marcela Ramos Colpas  
Ivan David Rodriguez Garrido

## **Año**

2024

## CONTENIDO

I.	INTRODUCCIÓN .....	75
II.	DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA.....	75
III.	RECOMENDACIONES PARA EL BANANO .....	76
	PREPARACIÓN DEL GUINEO .....	76
	REBANAR Y CORTAR ADECUADAMENTE.....	76
	ORGANIZAR LOS GUINEOS EN BANDEJAS .....	76
IV.	COMENZANDO A DESHIDRATAR CON EL HORNO .....	77
	PROCESO INICIAL .....	77
	CONFIGURACIÓN DE LA TEMPERATURA, FUNCIÓN Y CONTROL DEL HORNO ...	77
	TABLA A.....	78
	TABLA B.....	79
V.	APLICACIÓN MÓVIL Y LCD.....	80
	PROCESO PARA LA APLICACIÓN MÓVIL.....	80
	MONITOREO CON LA LCD16x2 .....	82
VI.	NOTIFICACIONES Y ALERTAS.....	82
VII.	MANTENIMIENTO DEL SISTEMA .....	83
	LIMPIEZA E INSPECCIÓN.....	83
VIII.	PROBLEMAS COMUNES Y SOLUCIONES .....	84
	EL SENSOR NO DA LECTURAS O SON ERRÓNEAS .....	84
	LA APLICACIÓN MÓVIL NO SE CONECTA .....	84
IX.	CONTACTO Y SOPORTE.....	84

## **I. INTRODUCCIÓN**

Bienvenido al sistema de monitoreo y control para la deshidratación de guineo paso. este manual de usuario tiene el objetivo de guiar en los pasos necesarios para operar el sistema de manera efectiva, el uso de la aplicación móvil, el mantenimiento del sistema y sugerencias.

## **II. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA**

El sistema está diseñado para monitorear y controlar el proceso de deshidratación de guineo paso, utilizando los siguientes componentes:

- Arduino Uno R3
- Módulo Bluetooth HC-06
- Sensores DHT22
- Termocupla MAX6675
- Pantalla LCD 16x2
- Relé de estado sólido SSR-40DA
- Horno de encimera Hamilton Beach 31197
- Aplicación móvil para monitoreo

### **III. RECOMENDACIONES PARA EL BANANO**

#### **Preparación del guineo**

- Lavar bien los guineos para eliminar la suciedad y cualquier contaminante.

#### **Rebanar y cortar adecuadamente**

- Para asegurar un secado uniforme, corte los guineos en rodajas que tengan alrededor 1/4 de pulgada de grueso, las más delgadas tienden a secarse más rápido, pero pueden volverse quebradizas, mientras que las más gruesas tardarán más en deshidratarse.

#### **Organizar los guineos en bandejas**

- Colocar las rodajas de guineos en una sola capa sobre las bandejas del horno, asegurándote de que no se amontonen. Esto permite que el aire caliente circule libremente y sequen de manera uniforme. Dejar suficiente espacio entre ellas.
- El horno Hamilton Beach 31197 tiene 2 niveles y cada bandeja puede acomodar alrededor de 0.5 a 1 kg de rodajas de banano de manera uniforme.
- Ingresar las bandejas al horno

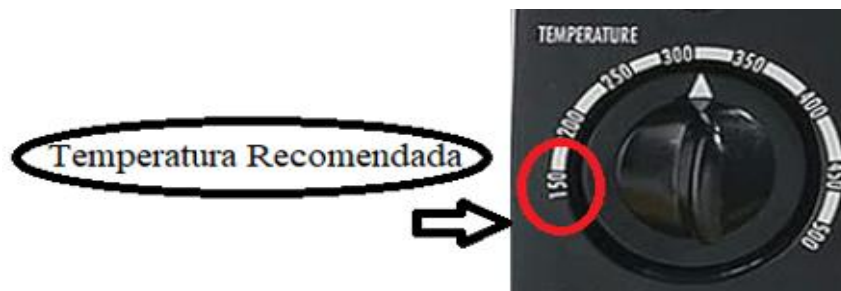
## IV. COMENZANDO A DESHIDRATAR CON EL HORNO

### Proceso Inicial

- Revisar conexiones del sistema de monitoreo y el horno
- Conecte el horno de encimera Hamilton Beach 31197 a la fuente de alimentación y enciéndalo.
- Conecte el sistema de monitoreo a la fuente de alimentación
- El lugar donde se quiera hacer el proceso debe contar con una fuente de alimentación.

### Configuración de la temperatura, función y control del horno

- Como pauta general, recomendamos no superar 150 °F (65 °C) “Temperature “ ver “Tabla A” para mirar las conversiones de °F a °C



**Tabla A**

Fahrenheit (°F)	Celsius (°C)
150°F	65.6°C
200°F	93.3°C
250°F	121.1°C
300°F	148.9°C
350°F	176.7°C
400°F	204.4°C
450°F	232.2°C
500°F	260°C

- Selección de Función del horno, se toma convección  
“Function”



- El sistema de control diseñado para el proceso de deshidratación minimizar la intervención del usuario. La configuración es simple, el usuario solo debe realizar dos conexiones:

**1. Conectar el horno al sistema de control (Enchufe)**



## 2. Conectar el sistema de control a la fuente de alimentación

- Consulte la siguiente “Tabla B” para una mayor orientación sobre la temperatura, humedad y el tiempo.

**Tabla B**

<b>Tiempo (min)</b>	<b>Estado del guineo</b>	<b>Nivel de deshidratación</b>	<b>Recomendación para detener el proceso</b>
10	Sin cambios visibles; desprende algo de humedad.	Bajo	No recomendable detener.
20	Pequeños cambios de color en algunas partes.	Bajo	No recomendable detener.
30	Color distintivo en algunas áreas, especialmente en el nivel 1 del horno.	Moderado	Recomendable si se desea una deshidratación ligera para usos específicos (por ejemplo, deshidratación parcial).
40	Los bordes comienzan a disecarse, color más uniforme.	Moderado	Apto para usuarios que buscan una textura más suave y flexible en la deshidratación.
50	Deshidratación progresiva, pero sin cambios drásticos respecto a la etapa anterior.	Moderado	Apto si se busca un guineo semideshidratado, ideal para mezclas o snacks suaves.
60	Mayor pérdida de humedad, color más oscuro.	Alto	Ideal para quienes buscan un guineo con mayor deshidratación y un color más oscuro, pero aún con algo de flexibilidad.
70	Primer nivel casi completamente deshidratado, segundo nivel levemente retrasado.	Alto	Recomendable para quienes desean un guineo deshidratado pero no completamente crujiente.

80	Humedad residual visible, color oscuro.	Muy alto	Apto para usuarios que buscan una deshidratación avanzada con un toque de humedad residual.
90	Guineos casi secos, humedad significativa en el papel aluminio.	Muy alto	Ideal si se desea un guineo casi deshidratado completamente pero aún sin crocancia total.
100	Totalmente deshidratado, color oscuro, textura.	Completa	Recomendable para una deshidratación completa, textura.

Esta tabla servir de guía para los usuarios que deseen detener el proceso de deshidratación en distintos puntos según la textura, color y flexibilidad que buscan en el guineo.

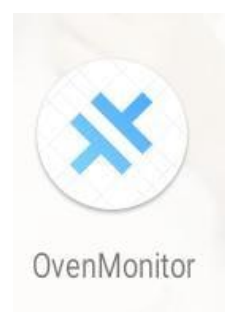
## V. APLICACIÓN MÓVIL Y LCD

### Proceso para la aplicación móvil

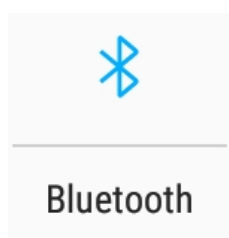
- Instale la aplicación en su Móvil Android



OvenMonitor.apk  
10.99 MB, 6 days ago



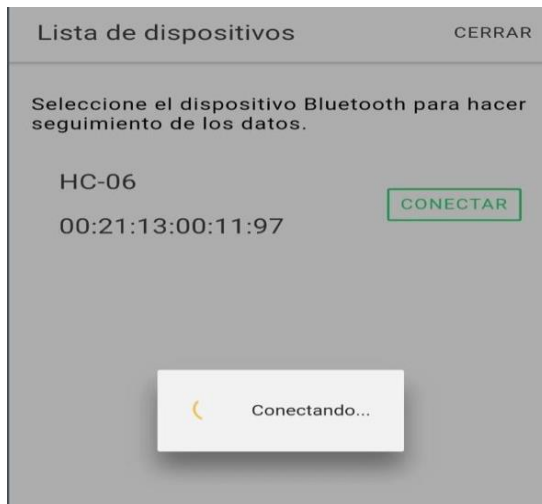
- Encienda el Bluetooth en su dispositivo móvil.



- Abra la aplicación de monitoreo y conéctese al módulo HC-06 del sistema.



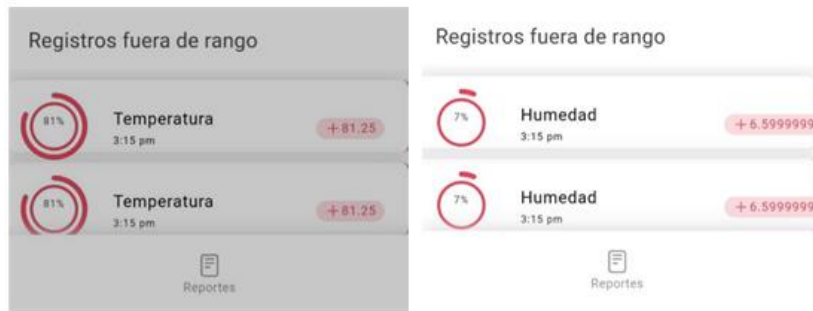
- La aplicación debería mostrar que la conexión fue exitosa y comenzar a recibir datos del sistema.



- En la pantalla principal de la aplicación móvil, verá las lecturas de temperatura y humedad en tiempo real, este cuenta con un gráfico que nos permite visualizar de mejor manera las variables.



- En la fase registros fuera de rango podrás ver cuando la temperatura o la humedad límites fueron superadas



## Monitoreo con la LCD16x2

- La pantalla LCD 16x2 también mostrará las lecturas actuales y podrás compararlas con las registradas en la aplicación móvil.



## VI. NOTIFICACIONES Y ALERTAS

- No recibir lecturas de temperatura o de humedad, se recomienda hacer un registro de las conexiones de los sensores y el cableado de este, se sugiere que si sigue persiste el problema hacer un cambio del sensor afectado.



- Si al realizar el proceso de deshidratación se supera una temperatura de 70 ° C se recomienda hacer una revisión de las conexiones del sistema de control, temperaturas superiores durante gran parte del proceso afectan al producto drásticamente.
- Durante el proceso de deshidratación la humedad debe contener mínimo un 12% que es lo establecido por las normas

## VII. MANTENIMIENTO DEL SISTEMA

- Realizar calibraciones periódicas de los sensores comparando sus lecturas con las del horno.
- Realizar una revisión del cableado periódicamente.

### Limpieza e Inspección

- Mantener los sensores y el horno limpios para asegurar un funcionamiento óptimo.
- Desconecte el horno y el sistema de monitoreo y control antes de limpiar para evitar accidentes.
- Realice inspecciones visuales regulares de todos los componentes para identificar posibles daños o desgaste.
- Reemplace cualquier componente defectuoso o desgastado para evitar fallos en el sistema.

## VIII. PROBLEMAS COMUNES Y SOLUCIONES

### El sensor no da lecturas o son erróneas

- Verifique las conexiones del sensor.
- Se recomienda cambiarlo en caso que no de lecturas o las de erróneamente, por lo general significa que se a quemado.

### La aplicación móvil no se conecta

- verifique que el Bluetooth esté habilitado en el dispositivo móvil.
- Asegúrese de que el módulo HC-06 esté encendido y emparejado con el dispositivo móvil.
- Si el problema persiste se recomienda cambiar el módulo HC-06 en caso tal que no se identifique en el dispositivo móvil

## IX. CONTACTO Y SOPORTE

Para cualquier duda o soporte técnico, por favor contactar al equipo creador del prototipo a través de:

**Ivan David Rodriguez Garrido**

**Correo electrónico:** [idavidrodriguez@unicesar.edu.co](mailto:idavidrodriguez@unicesar.edu.co)

**Teléfono:** +57 3136600895

**Katlin Marcela Ramos Colpas**

**Correo electrónico:** [kmarcelaramos@unicesar.edu.co](mailto:kmarcelaramos@unicesar.edu.co)

**Teléfono:** +57 31288005649

#### Anexo D. Fotos y Evidencias

En las imágenes presentadas a continuación, se documenta el progreso de las 10 pruebas realizadas durante el proceso de deshidratación del guineo paso. Cada foto corresponde a intervalos de tiempo específicos, capturando tanto los cambios visuales en el producto como las condiciones controladas de temperatura y humedad registradas.















