

**Diseño e implementación de un prototipo de sistema de monitoreo para el análisis de la  
temperatura y humedad del suelo en cultivos de banano**

Fárlex Álvarez Luna

Maribel Muñoz Tobón

Asesor

Raúl Camacho Brinez

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD

Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingeniería - ECBTI

Programa de Ingeniería de Telecomunicaciones

2024

---

Raúl Camacho Briñez

---

Jurado

---

Jurado

2024

### **Dedicatoria**

Este proyecto lo dedico a mis padres, hermano e hija, porque siempre me apoyaron tanto emocionalmente como económicamente y siempre han sido mi fuente de inspiración para lograr todos mis sueños.

Maribel Muñoz Tobón

Dedico este proyecto a mi madre, por su amor incondicional y su apoyo constante.

Fárlex Álvarez Luna

## **Agradecimientos**

Primero quiero agradecer a mis padres que siempre me han apoyado para cumplir con mis sueños y, en especial, a mi papá, que ya no está en este mundo, pero hasta su último momento me inculcó educación y ética profesional. También agradezco a mi hija que a pesar de su corta edad me ha impulsado para continuar el camino de su mano demostrándole que los sueños si se cumplen.

También agradezco al asesor y docente Raúl Camacho Briñez quien mediante sus conocimientos, paciencia, entrega y profesionalismo contribuyó con el desarrollo de este proyecto, aportando su grano de arena para realizar las correcciones pertinentes e inclusive destacar nuestros propios conocimientos.

Y finalmente, se agradece a la Universidad Nacional Abierta y a Distancia por su excelente nivel académico y al programa de Ingeniería de Telecomunicaciones por sus docentes tan cualificados y entregados en su labor para permitirme obtener mi anhelado título profesional.

Maribel Muñoz Tobón

En primer lugar, quiero agradecer a Jehová Dios por darme la fortaleza y la sabiduría necesaria para superar todos los desafíos que se presentaron a lo largo de mi carrera.

A la Corporación Mayorca, por brindarme una beca en los primeros semestres de mi carrera. Su apoyo financiero fue fundamental para que pudiera iniciar y continuar mis estudios universitarios.

A mi jefe inmediato, Edier Andrés Cerón, por su comprensión y apoyo incondicional. Nunca me negó un permiso cuando lo necesité, lo cual fue crucial para poder equilibrar mis responsabilidades laborales y académicas.

A mi madre, por ser mi mayor apoyo. Su constante ánimo y su apoyo económico fueron vitales para que no desistiera de mis estudios. Sin su amor y sacrificio, este logro no hubiera sido posible.

A mi tía Nelly Álvarez, por su hospitalidad y apoyo. Sus gestos de generosidad y su disposición para ayudarme en momentos de necesidad significaron mucho para mí.

Finalmente, quiero agradecerme a mí mismo por mi dedicación y compromiso en todo este proceso de formación. Reconozco el esfuerzo, la perseverancia y la resiliencia que puse en cada paso del camino.

Fárlex Álvarez Luna

## Resumen

El proyecto aplicado Prototipo de Sistema de Monitoreo ha sido elaborado de acuerdo con unas necesidades que obedecen al impacto ambiental que se genera con el uso de los suelos para el desarrollo de la agricultura, por lo que se ha pensado en un dispositivo electrónico que permita medir la humedad, la temperatura y el ph del suelo en plantaciones de banano, en el Urabá antioqueño. A continuación, se describen los conceptos clave para el desarrollo e implementación de este prototipo.

El prototipo realizado con tecnología basada en Arduino UNO, la plataforma de alojamiento de la información, de manera comparativa con un sistema convencional, para obtener los datos mencionados permite obtener datos más precisos y de manera eficiente, permitiendo al usuario tener una forma de comprobar que el margen de error es mínimo teniendo en cuenta la variabilidad del clima crea cambios notorios en condiciones de siembra como lo son sequias, inundaciones, aumento de las temperaturas, reducción de humedad en el suelo, aumento de la erosión y desertificación, en consecuencia reducen los rendimientos. (Rica & Dominicana y Ecuador, s. f.)

Para su desarrollo se tiene como objetivo diseñar e implementar un prototipo de sistema de monitoreo para el análisis de la temperatura y humedad del suelo en cultivos de banano mediante una investigación cuantitativa aplicada efectuada a través de una encuesta y el desarrollo por medio de un prototipo, permitiendo a la empresa Banafrut tomar decisiones sobre la variabilidad y las posibles afectaciones del clima ocasionadas en sus cultivos.

**Palabras clave:** Cultivo, Agricultura, Cambio Climático, Tecnologías de la Información, Telemetría.

## **Abstract**

The applied project Monitoring System Prototype has been developed according to needs that obey the environmental impact generated by the use of soils for the development of agriculture, so it has been thought of an electronic device that allows measuring the humidity, temperature and pH of the soil in banana plantations in Urabá, Antioquia. The key concepts for the development and implementation of this prototype are described below.

The prototype made with technology based on Arduino UNO, the information hosting platform, in a comparative way with a conventional system, to obtain the mentioned data allows obtaining more accurate data and efficiently, allowing the user to have a way to check that the margin of error is minimal considering the climate variability creates notorious changes in planting conditions such as droughts, floods, increased temperatures, reduced soil moisture, increased erosion and desertification, consequently reducing yields. (Rica & Dominicana and Ecuador, s. f.).

For its development, the objective is to design and implement a prototype monitoring system for the analysis of temperature and soil moisture in banana crops through a quantitative applied research carried out through a survey and the development of a prototype, allowing the company Banafrut to make decisions about the variability and possible effects of climate on their crops.

**Key words:** Crop, Agriculture, Climate Change, Information Technologies, Telemetry.

## Tabla de Contenido

Introducción .....	14
Aspectos Generales.....	16
Planteamiento del Problema .....	16
Objetivos de la Investigación.....	22
Justificación .....	23
Aspectos Metodológicos.....	25
Marco de Referencia de la Investigación.....	28
Estado del Arte.....	28
Marco Teórico.....	31
Marco Conceptual.....	46
Marco Normativo.....	48
Requerimientos del Sistema Propuesto.....	53
Creación del Prototipo .....	53
Requerimientos de Entrada/Salida.....	54
Requisitos de Hardware/Software.....	55
Diseño Simulado del Sistema .....	56
Diseño del Prototipo Sistema de Monitoreo .....	56
Código de Programación.....	57
Pruebas Experimentales .....	58
Resultados Obtenidos de la Simulación del Sistema .....	61
Desarrollo e Implementación del Sistema .....	63
Creación y Configuración de la Plataforma Thingspeak .....	63



Implementación Física del Prototipo .....	65
Código de Programación.....	68
Prueba de Funcionamiento Entre el Sistema de Adquisición y el Subsistema de Transmisión.....	69
Resultados Obtenidos de la Implementación Física .....	70
Conclusiones .....	77
Recomendaciones .....	79
Referencias Bibliográficas .....	81

**Lista de Tablas**

<b>Tabla 1</b> <i>Sensores de Temperatura</i> .....	32
<b>Tabla 2</b> <i>Sensores de Humedad del Suelo</i> .....	33
<b>Tabla 3</b> <i>Microcontroladores</i> .....	35
<b>Tabla 4</b> <i>Diagrama de Conexiones de la Implementación a Realizar</i> .....	54
<b>Tabla 5</b> <i>Comparativa de Datos Relacionados</i> .....	75

## Lista de Figuras

<b>Figura 1</b> <i>Ubicación Geográfica Empresa Banafrut</i> .....	18
<b>Figura 2</b> <i>Sensor DHT11</i> .....	32
<b>Figura 3</b> <i>Sensor LM35</i> .....	32
<b>Figura 4</b> <i>Sensor DHT22</i> .....	32
<b>Figura 5</b> <i>Sensor FC-28</i> .....	33
<b>Figura 6</b> <i>Sensor HD-38</i> .....	33
<b>Figura 7</b> <i>Sensor YL-69</i> .....	34
<b>Figura 8</b> <i>Microcontrolador PSoC 5LP</i> .....	35
<b>Figura 9</b> <i>Microcontrolador Arduino UNO</i> .....	35
<b>Figura 10</b> <i>Microcontrolador Arduino Mega</i> .....	36
<b>Figura 11</b> <i>Microcontrolador Raspberry Pi</i> .....	36
<b>Figura 12</b> <i>Microcontrolador ESP-WROOM-32</i> .....	37
<b>Figura 13</b> <i>Microcontrolador Arduino Nano</i> .....	37
<b>Figura 14</b> <i>Caja Impermeable IP68</i> .....	38
<b>Figura 15</b> <i>Diagrama de Conexión del Sensor de Temperatura DHT11</i> .....	39
<b>Figura 16</b> <i>Diagrama de Conexión del Sensor de Humedad del Suelo FC-28</i> .....	40
<b>Figura 17</b> <i>Distribución de Pines Arduino UNO</i> .....	42
<b>Figura 18</b> <i>Suscripción Estándar Thingspeak</i> .....	43
<b>Figura 19</b> <i>Objetivos Desarrollo Sostenible</i> .....	49
<b>Figura 20</b> <i>Diseño del Prototipo Sistema de Monitoreo en Proteus</i> .....	57
<b>Figura 21</b> <i>Código de Programación en Arduino IDE</i> .....	58
<b>Figura 22</b> <i>Prueba Experimental I</i> .....	59

<b>Figura 23</b> <i>Prueba Experimental II</i> .....	60
<b>Figura 24</b> <i>Prueba Experimental III</i> .....	61
<b>Figura 25</b> <i>Creación del Canal y Activación de los Campos en Thingspeak</i> .....	63
<b>Figura 26</b> <i>Verificación de las API (Escritura y Lectura)</i> .....	64
<b>Figura 27</b> <i>Configuración del Panel de Visualización de las Variables</i> .....	65
<b>Figura 28</b> <i>Implementación Física del Circuito en Cultivo de Banano</i> .....	66
<b>Figura 29</b> <i>Demostración de Implementación en Cultivo de Banano</i> .....	67
<b>Figura 30</b> <i>Prueba de Funcionamiento del Circuito Físico</i> .....	68
<b>Figura 31</b> <i>Código de Programación en Arduino IDE Para la Comunicación con Thingspeak</i> ..	69
<b>Figura 32</b> <i>Visualización de Datos en la Nube Thingspeak</i> .....	70
<b>Figura 33</b> <i>Proceso de Medición Manual de la Humedad del Suelo</i> .....	72
<b>Figura 34</b> <i>Información Recolectada Manualmente Respecto a la Humedad del Suelo</i> .....	73
<b>Figura 35</b> <i>Exporte de Información desde Thingspeak</i> .....	74
<b>Figura 36</b> <i>Información Exportada desde Thingspeak</i> .....	75

## Lista de Apéndices

<b>Apéndice A</b> <i>Autorización de Ingreso y Tratamiento de datos Empresa Banafrut</i> .....	93
<b>Apéndice B</b> <i>Código de Programación Arduino</i> .....	94
<b>Apéndice C</b> <i>Datos Obtenidos Manualmente de la Humedad del Suelo</i> .....	96
<b>Apéndice D</b> <i>Datos Exportados desde Thingspeak</i> .....	105

## Introducción

Una de las frutas insignias del agro colombiano es el banano. Este alimento no solo está sembrado en más de 53.000 hectáreas en todo el país, sino que es una de las joyas en materia exportadora gracias al reconocimiento internacional que tiene el sector. El banano está sembrado principalmente en dos zonas productoras: el Urabá y en el Caribe (La Guajira y Magdalena). En estas áreas se cultivan dos clases de variedades, el Gros Michel, que se consume en el mercado local, y la otra es la variedad Cavendish, que se usa en el exterior. Del total de producción, 95% se exporta y el restante se queda en Colombia. (Murcia, 2024)

El tema para investigar está relacionado con la viabilidad de un prototipo de sistema de monitoreo para el análisis de la temperatura y humedad en el suelo en cultivos de banano dado que, aunque existe un conocimiento empírico del proceso de producción de este producto, al ser complementada con un prototipo se posibilita una mejora en la calidad, detectando a tiempo problemas en suelos arenosos, lodosos o con aumento en la humedad, temperatura y presión.

El sistema de monitoreo propuesto integra tecnologías de sensores de temperatura y humedad del suelo, plataforma de adquisición de datos y herramientas de visualización y análisis de información. A través de la recolección sistemática de datos y el análisis de estos, se busca brindar a los agricultores una visión detallada de las condiciones climáticas en sus cultivos, identificar posibles desviaciones o irregularidades, y establecer estrategias de manejo adaptadas a las necesidades específicas de cada plantación.

De acuerdo con la situación evidenciada en algunas visitas realizadas a la zona del Urabá, se ha podido constatar la calidad del suelo teniendo en cuenta que, es una zona costera con suelos arenosos y/o lodosos, lo cual requiere de un método que permita identificar con precisión las alteraciones en el suelo y cómo esto influye en la productividad. La implementación exitosa de

este prototipo de sistema de monitoreo no solo contribuirá a mejorar la productividad y rentabilidad de los cultivos de banano, sino que también fomentará prácticas agrícolas sostenibles y respetuosas con el medio ambiente. (¿Qué Papel Juegan las Tecnologías Agrícolas Avanzadas En la Agricultura Sostenible? - Azada Verde, s. f.) En esta propuesta se detallarán los aspectos técnicos, metodológicos y normativos involucrados en el diseño e implementación del prototipo, para dar solución al objetivo del proyecto propuesto.

## Aspectos Generales

### Planteamiento del Problema

Las exportaciones de banano, que representan aproximadamente USD \$1.000 millones anuales, refuerzan la economía de Colombia en el ámbito internacional. Este sector, que abarca una producción anual estimada en 4,2 millones de toneladas, juega un papel crucial en la economía nacional y en la dieta de los colombianos, con un consumo per cápita de 35 kg al año. Con 52.000 hectáreas dedicadas al cultivo de banano, el país generó alrededor de 300.000 empleos directos e indirectos y exportó alrededor de USD \$1.000 millones, consolidando su posición como el cuarto mayor exportador mundial de esta fruta en 2023. (Murcia, 2024)

Por las recientes inundaciones en varios países del mundo y los conocidos episodios de lluvias torrenciales en Colombia en los últimos 15 años, el cambio climático tiene mucho que ver con este fenómeno que se manifiesta en eventos extremos, como es el cambio en el patrón de lluvias, el aumento de la temperatura y sequías prolongadas que influyen en la seguridad alimentaria. El anegamiento afecta la agricultura reduciendo la calidad de los suelos y la productividad de muchos cultivos. (Fischer, 2021)

Colombia tiene condiciones de crecimiento ideales para la producción agrícola, pero también está amenazada por eventos climáticos inducidos por el clima, como La Niña, que trae fuertes períodos de sequía seguidos de lluvias intensas. El sector agrícola absorbe el 23 por ciento de las pérdidas y daños relacionados con el clima en el país. Según la Contribución Nacional Determinada (NDC) actualizada de Colombia en 2020, Colombia solo contribuye con el 0,4 por ciento de las emisiones globales y el 71,3 por ciento de las emisiones nacionales de gases de efecto invernadero provienen de la agricultura y el uso de la tierra. (FAO, 2023)



El sector bananero es uno de los más importantes de la región del Urabá Antioqueño, Nutibara y Urrao. Sin embargo, estos cultivos serán afectados por el cambio climático debido a los cambios en la temperatura y las precipitaciones que reducirán la calidad y/o cantidad de los productos. Teniendo en cuenta la importancia económica del sector, estos cambios podrían poner en peligro el ingreso de un gran número de familias y desestabilizar la región. (Agudelo, 2023)

Los escenarios de cambio climático desarrollados por el IDEAM indican que el aumento de la temperatura esperado para la subregión PDET Urabá Antioqueño puede oscilar entre los 0,81 y 1°C para el año 2040. Mientras que la precipitación promedio muestra una tendencia a permanecer constante con una variación de  $\pm 10\%$  para el año 2040. En la parte occidental de la subregión la precipitación podría aumentar entre un 10 y 20%. (FAO, 2024)

La temperatura es uno de los factores climáticos más importantes para el crecimiento y desarrollo del cultivo, determina la ubicación de las zonas potenciales de producción, influye sobre todos los procesos fisiológicos de la planta, determina la duración del ciclo, el ritmo de emisión de hojas y el peso del racimo. La precipitación o disponibilidad de agua es otro factor de importancia, ya que, en época seca se incrementa la mancha de madurez, se presenta menor tamaño de racimo, ocurren abortos florales y menor emisión de flores (bacotas) en la plantación. Mientras que, en un escenario de exceso de lluvia, puede incrementar la pudrición radical, la incidencia de la Sigatoka Negra (*Mycosphaerella fijiensis*) y se eleva el riesgo de contaminación por Moko (*Ralstonia solanacearum*). (Finagro, 2018)

En la actualidad, el cultivo de banano en la región de Urabá, en la empresa Banafrut, es un cultivo que cuenta con una extensión de 3009 hectáreas de plantación de banano de variedad Cavendish, una variedad de alta calidad en el mercado; sin embargo, estos datos tan importantes para el desarrollo y calidad del producto, se gestionan mayoritariamente mediante técnicas

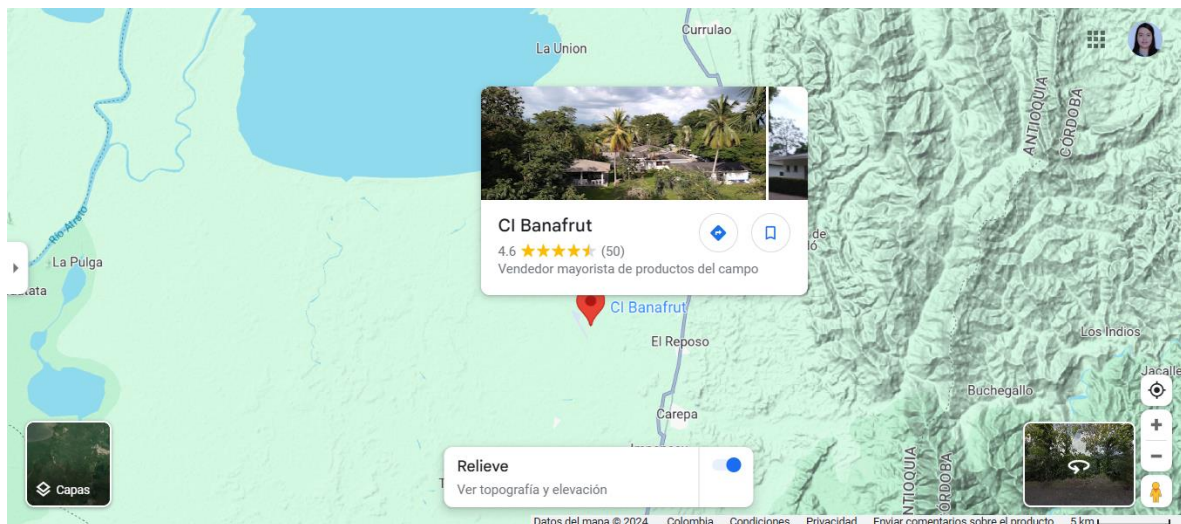
manuales para el control de variables críticas como la temperatura y la humedad del suelo. Este enfoque presenta limitaciones significativas, entre las que destacan la falta de precisión y consistencia en la medición de estos parámetros, lo que puede llevar a decisiones subóptimas. La ausencia de datos precisos y continuos compromete la capacidad para optimizar el riego, resultando en aplicaciones de agua ineficaces que pueden causar tanto estrés hídrico en las plantas como desperdicio de recursos. Además, el control manual dificulta mantener las condiciones ideales de humedad y temperatura del suelo, un factor crucial para el crecimiento adecuado de las raíces y la absorción de nutrientes.

De acuerdo a lo anterior, cabe mencionar la importancia que tiene la determinación de la humedad en los cultivos de banano, dado que por estar en suelos arenosos se debe evitar encharcamientos en el cultivo puesto que las raíces de la planta son sensibles al exceso de humedad, dando lugar al poco crecimiento de la planta y además, puede quemar las raíces.

En la Figura 1 se puede visualizar la ubicación geográfica de la empresa Banafrut.

## Figura 1

### *Ubicación Geográfica Empresa Banafrut*



*Nota.* (Google, s.f)

### ***Formulación del Problema***

Dado este contexto, se plantea la necesidad de implementar un sistema automatizado de monitoreo de la temperatura y la humedad del suelo en la empresa Banafrut. Este sistema permitirá superar las limitaciones actuales, garantizando un control más preciso, consistente y eficiente dando respuesta a la pregunta: ¿Cómo un prototipo de sistema de monitoreo que mida la temperatura y la humedad del suelo puede ser crucial para mejorar la precisión y consistencia en la activación del riego, optimizando así el uso de agua y manteniendo las condiciones ideales para el cultivo de banano?

### ***Sistematización del Problema***

La sistematización del problema para el desarrollo de un prototipo de sistema de monitoreo para el análisis de la temperatura y la humedad del suelo en cultivos de banano se estructura de la siguiente manera:

1. Necesidad de precisión y eficiencia: En el mundo de la agricultura, la predicción del rendimiento de los cultivos es un área de investigación crucial en la que los rendimientos de los cultivos se predicen mediante algoritmos de aprendizaje automático. Para examinar una variedad de elementos que impactan los rendimientos agrícolas, incluidos los patrones climáticos, la calidad del suelo, la disponibilidad de agua, la salud de los cultivos y los datos históricos, se utilizan algoritmos de aprendizaje automático. Los algoritmos de aprendizaje automático pueden pronosticar con precisión los rendimientos agrícolas al observar estas variables, lo que puede ayudar a los agricultores a planificar mejor sus cultivos y gestionar sus recursos. (A. Lakshmanarao et al., 2023)

2. Limitaciones de los métodos tradicionales: Tradicionalmente, el seguimiento de la salud de los cultivos implicaba observaciones manuales o inspecciones de campo que requerían

mucha mano de obra, lo que consumía mucho tiempo y a menudo era propenso a errores.

Además, estos métodos pueden ser laboriosos y no ofrecer una visión en tiempo real de las condiciones ambientales. (SK Swarnkar, et al., 2023)

3. Impacto en la toma de decisiones agrícolas: El nivel de la agricultura disminuye día a día en términos de escasez de recursos disponibles, mayor uso de pesticidas e insecticidas, tierras estériles y pronóstico del tiempo. Estos problemas pueden resolverse mediante la agricultura habilitada por IoT, que permitirá a los agricultores examinar sus cultivos y su condición en tiempo real. Esto proporcionará información más rápida y, con la ayuda de sensores de IoT, ayudará a examinar qué cultivos serán adecuados para crecer en un suelo particular. (A. Raj, et al., 2023)

4. Optimización de recursos y rendimiento: El éxito de emplear técnicas de aprendizaje automático (ML) en la agricultura radica en su capacidad para realizar pronósticos más precisos y confiables, lo que permite predecir las condiciones ideales de crecimiento y aumentar el rendimiento de los alimentos mediante el análisis de vastos conjuntos de datos de numerosos lugares. Un beneficio significativo de implementar un modelo de predicción de cultivos es la asistencia que brinda a los agricultores a la hora de programar las entregas de agua y fertilizantes. Esto contribuye al desarrollo de estrategias de cultivo mejoradas que mejoran la producción de alimentos. (Deshmukh, et al., 2023)

5. Reducción de pérdidas y riesgos: El impacto del cambio climático en nuestros sistemas agrícolas está fuera de toda duda. Por ejemplo, una sequía seguida de fuertes lluvias puede aumentar la capacidad de inundaciones, creando así condiciones desfavorables para las hojas, raíces y cultivos infectados. La variabilidad de las precipitaciones anuales es uno de los principales signos del cambio climático, que tiene un impacto negativo en el rendimiento de los

cultivos. Para predecir el rendimiento de los cultivos con la ayuda de diferentes técnicas, se pueden introducir métodos avanzados que ayudarán al agricultor a seleccionar el cultivo más adecuado. Esto ayudará a los agricultores a identificar las pérdidas de cultivos y les ayudará a protegerse de futuras escasez de alimentos. Al examinar parámetros como el clima, la temperatura y diversas variables, se predecirán las cosechas. (M. Kandan, et al., 2021)

En resumen, el desarrollo de un prototipo de sistema de monitoreo para el análisis de la temperatura y la humedad del suelo en cultivos de banano aborda una serie de desafíos clave en la industria agrícola, incluida la necesidad de datos precisos y oportunos, la optimización de recursos y la mitigación de riesgos para mejorar la calidad, cantidad y rentabilidad de los cultivos de banano.

## **Objetivos de la Investigación**

### **Objetivo General**

Implementar un prototipo de sistema de monitoreo para el análisis de la temperatura y humedad del suelo en el cultivo de banano en la empresa Banafrut.

### **Objetivos Específicos**

Identificar los cambios climáticos que se presentan en la zona de producción en relación con la temperatura y humedad del suelo.

Diseñar un prototipo de comunicación que posibilite la interacción con la nube, permitiendo la preservación de los datos recopilados de manera segura y accesible.

Implementar el prototipo diseñado para la adquisición, procesamiento y visualización de los datos de los sensores.

Operar los datos con el fin de evaluar el funcionamiento del sistema y realizar ajustes en el caso de ser necesario.

## Justificación

En América Latina la disponibilidad de agua por habitante ha disminuido en un 22% en los últimos 20 años, y millones de agricultores se enfrentan a sequías que amenazan sus cultivos y ponen en riesgo su supervivencia. Aproximadamente el 11% de las tierras de cultivo de secano del mundo (aquellas que dependen exclusivamente del agua de la lluvia y no tienen sistemas de riego), o 128 millones de hectáreas, enfrentan sequías frecuentes, al igual que alrededor del 14% de las tierras de pastoreo, o 656 millones de hectáreas. (ONU, 2020)

Entre la siembra de la semilla y la primera hija que tiene una planta de banano, transcurren al menos seis meses. Durante ese tiempo además de los fertilizantes y el cuidado del suelo y otros necesarios para garantizar su crecimiento, todos los días tiene que regarse, actividad que continua hasta su cosecha, proceso en el cual también el agua es gran protagonista. (Fondo Mundial Para la Naturaleza – WWF, 2021)

Los sensores inalámbricos desempeñan un papel crucial en la recopilación de información sobre los cultivos y sus factores relacionados. La agricultura de precisión emplea una variedad de sensores que incluyen suelo, luz, humedad, temperatura y muchas otras condiciones. Este tipo de sensores se instalan en IoT sistemas basados en datos para recopilar datos. Los datos recopilados por varios sensores y el intercambio de datos permiten a los agricultores predecir el crecimiento de los cultivos en las condiciones dadas y diseñar una estrategia de cosecha. (Hussain, et al., 2021)

La región de Urabá localizada entre el mar Caribe y el océano Pacífico, se ve influenciada por estos a lo largo del año en forma alternada, generando un período húmedo, que se extiende entre los meses de abril y diciembre y un período seco, entre los meses de diciembre y mediados de abril.

Durante la época seca se presentan los vientos Alisios provenientes del mar Caribe, mientras que durante la época húmeda o época de lluvias la zona se ve afectada por los vientos provenientes del Pacífico que penetran por el sur y suroeste dejando su humedad en forma de altos niveles de precipitación en las cercanías de Mutatá. A medida que avanzan las masas de aire hacia el norte, su contenido de humedad disminuye en forma regular hasta la población de Turbo, localizada al norte del área del proyecto.

Por tal razón, al abordar este problema, se busca diseñar e implementar un sistema que brinde información precisa y oportuna sobre la temperatura y humedad del suelo en los cultivos de banano, contribuyendo así a mejorar la calidad de la producción agrícola. Al proporcionar datos en tiempo real ayudara a los agricultores a tomar decisiones fundamentadas para el manejo eficiente del recurso del agua.



## **Aspectos Metodológicos**

### **Tipo de Estudio**

Debido a que el tipo de investigación en aplicada, su enfoque es cuantitativo, ya que las variables (humedad del suelo y temperatura), se pueden medir y controlar. Adicionalmente, al obtener dicha información directamente en la nube, será posible realizar reportes o estadísticas para validar el estado de la temperatura y humedad del suelo en la plantación.

### **Método de Investigación**

Este proyecto es aplicado debido a que la problemática pertenece al entorno real y su solución se puede brindar de acuerdo con los conocimientos adquiridos mediante la implementación de este proyecto. Por lo tanto, se clasifica como una investigación aplicada, cuyo objetivo principal es diseñar un prototipo de un sistema de monitoreo para analizar la temperatura y humedad del suelo para los cultivos de banano mediante ThingSpeak (IoT Analytics - ThingSpeak Internet Of Things, s. f.). Haciendo uso de la tecnología es posible obtener información, procesar y compartir datos alojados en una plataforma, utilizando sensores, internet; empleando la información para el mejoramiento de los cultivos.

En donde será posible visualizar el estado de los cultivos y controlar el sistema para así poder tomar decisiones oportunas en el territorio del Urabá Antioqueño, lo cual consiste en llevar un monitoreo y registro permanente en esta plataforma, para agregar, visualizar y analizar datos en vivo, los cuales quedan alojados en una base de datos y generan alertas.

La metodología de este proyecto se divide en 5 pasos:

1. Verificar y definir los requisitos: Establecer los objetivos del sistema de monitoreo, como la precisión en la medición de temperatura y humedad del suelo, la frecuencia de muestreo, y la integración con ThingSpeak para la visualización de datos. Adicionalmente,

determinar los sensores requeridos, la plataforma de adquisición de datos, la capacidad de almacenamiento, y los requisitos de comunicación.

2. Diseñar el sistema: Elegir sensores robustos, de buena calidad y precisión que sean adecuados para medir la temperatura y humedad del suelo en cultivos de banano.
3. Desarrollo del hardware: construir el prototipo diseñado, ensamblar los componentes hardware necesarios, como los sensores y dispositivos de comunicación.
4. Integración y pruebas: Conectar los sensores al sistema de adquisición de datos y verificar la comunicación entre los diferentes elementos. Realizar pruebas en condiciones reales para validar la precisión de los sensores, la estabilidad del sistema, y la exactitud de los datos recopilados.
5. Implementación en campo y evaluación: Implementar el sistema de monitoreo en campo y recopilar datos durante un período de tiempo para evaluar su eficacia. Analizar los datos obtenidos para identificar patrones, tendencias y posibles mejoras en el sistema de monitoreo.

### **Fuentes y Técnicas de Recolección de Información**

Siguiendo esta metodología estructurada y realizando un enfoque iterativo de diseño e implementación, se puede desarrollar un prototipo efectivo de sistema de monitoreo para el análisis de la temperatura y humedad del suelo en cultivos de banano donde los datos serán enviados directamente a ThingSpeak. Mediante dicha implementación se podrán prevenir enfermedades en los cultivos ya que se mantendrá un control preciso de la temperatura y humedad del suelo. Al monitorear de cerca las condiciones ambientales, se puede maximizar la producción de banano. Finalmente, al obtener datos precisos, se puede evitar el desperdicio de agua, fertilizantes y otros recursos.

## **Tratamiento de la Información**

En los cultivos de banano es importante, la implementación de un sistema automatizado con tecnología de última generación donde sea posible efectuar procesos eficientes utilizando algoritmos, haciendo uso de los resultados más precisos y rápidos; indicando además cuáles situaciones no permiten el desarrollo eficiente y cualificado del cultivo. Recopilando la información en tiempo real, incluso se puede tratar la información de manera remota. En este sentido, el diario El País, ofrece una sencilla descripción de esta tecnología:

Estos prácticos aparatos tienen un funcionamiento muy simple. Una varilla de metal que termina en punta (los hay de más puntas, pero hemos probado estos, que además preservan las raíces al invadir menos espacio), con un sensor en la parte más baja. Esta se entierra en la tierra de la planta y, arriba, un aparato recibe y revela la medición. (Dolara, 2024)

## Marco de Referencia de la Investigación

### Estado del Arte

El cambio climático empeorará las condiciones de vida de agricultores, pescadores y quienes viven de los bosques, poblaciones ya de por sí vulnerables y en condiciones de inseguridad alimentaria. Aumentarán el hambre y la malnutrición. Las comunidades rurales, especialmente las que viven en ambientes frágiles, se enfrentan a un riesgo inmediato y creciente de pérdida de las cosechas y del ganado, así como a la reducida disponibilidad de productos marinos, forestales y provenientes de la acuicultura. Los episodios climáticos extremos cada vez más frecuentes e intensos tendrán un impacto negativo en la disponibilidad de alimentos, el acceso a los mismos, su estabilidad y su utilización, así como en los bienes y oportunidades de los medios de vida tanto en zonas rurales como urbanas. La población empobrecida correrá el riesgo de inseguridad alimentaria por la pérdida de sus bienes y por la falta de una cobertura de seguros adecuada. La capacidad de la población rural de convivir con los impactos producidos por el cambio climático depende del contexto cultural y de las políticas existentes, así como de factores socioeconómicos como el género, la composición de los hogares, la edad y la distribución de los bienes en el hogar. (FAO, 2017)

De acuerdo con el artículo “Low Power IoT Electronics in Precision Irrigation,”, realizado por G. Routis y I. Roussaki (2023), la agricultura es uno de los motores de las sociedades y economías de todo el mundo. Hay varios desafíos que abordar en este sector, como la seguridad alimentaria y el cambio climático. Los paradigmas tecnológicos de la agricultura 4.0 y el Internet de las cosas (IoT) tienen como objetivo abordar estos desafíos, permitiendo el uso sostenible de los recursos naturales y la aplicación de prácticas agrícolas novedosas. Este artículo presenta un innovador prototipo de sistema de riego inteligente basado en IoT que admite el

riego de precisión de cultivos. Utiliza varios sensores, que monitorean, por ejemplo, la humedad del suelo, la humedad del aire, la temperatura del aire y la luz ultravioleta, basados en microprocesadores y una computadora de placa única (SBC) para el registro de datos.

Con el propósito de crear un sistema inteligente de gestión de invernaderos basado en IoT, el autor A. Zaguia (2023), utilizó varios sensores y un controlador PID adaptativo difuso para gestionar eficientemente la temperatura y la humedad del invernadero. El sistema también incluye una plataforma basada en la nube para visualización de datos en tiempo real y una aplicación móvil para control remoto. La novedad de este artículo radica en el uso de un controlador PID adaptativo difuso y un algoritmo de agrupamiento en un sistema inteligente de gestión de invernaderos basado en IoT para gestionar eficientemente la temperatura y la humedad del invernadero.

En el marco de la implementación de IoT, es importante destacar el artículo “Smart platform based on IoT and WSN for monitoring and control of a greenhouse in the context of precision agriculture,”, desarrollado por H. Benyezza, M. Bouhedda, R. Kara, y S. Rebouh (2023). Dicho artículo propone una plataforma inteligente basada en IoT (Internet de las cosas) para monitorear y controlar los gases de efecto invernadero, clima y riego. El sistema utilizó una red de sensores inalámbricos (WSN) de bajo costo basada en comunicación por radiofrecuencia (RF) para recolectar y enviar los datos del invernadero (temperatura, humedad y humedad del suelo) a una unidad de procesamiento basada en Raspberry Pi. El usuario puede monitorear remotamente el invernadero utilizando una interfaz hombre-máquina (HMI) desarrollada bajo el servidor Node-RED de IBM.

De igual forma, el autor W. Liu (2023), demostró cómo mediante el uso y aplicación de la tecnología ZigBee se puede construir una plataforma de red para sistemas de monitoreo de

agricultura de precisión específicos. En esta plataforma de red, los dispositivos de nodo terminal son varios sensores, cuya tarea principal es recopilar información diversa. Dicha plataforma está diseñada para calcular parámetros de energía locales/remotos e interruptores de encendido/apagado de aparatos eléctricos, y para rastrear fácilmente el consumo de energía con un mayor grado de precisión.

De acuerdo con la información obtenida en los textos e investigaciones consultadas, se consolida el componente teórico, conceptual y normativo para fundamentar el trabajo realizado, en los siguientes apartados se encuentra la información que se ha recabado para el desarrollo de este.

## **Marco Teórico**

### **Análisis Comparativo Para la Selección de los Dispositivos**

Como se ha mencionado anteriormente, los cultivos de banano dependen significativamente de dos variables (temperatura y humedad del suelo). Conceptos que se definen así:

Temperatura: medida del estado térmico de un sistema o un cuerpo. Se mide utilizando diferentes escalas como Celsius ( $^{\circ}\text{C}$ ), Fahrenheit ( $^{\circ}\text{F}$ ) o Kelvin ( $^{\circ}\text{K}$ ). Siendo la Kelvin la más utilizada.

Humedad del suelo: es la cantidad de agua presente en el suelo, la cual se expresa de acuerdo con un porcentaje del peso o volumen total del suelo. El agua puede estar en estado líquido, adherida a las partículas del suelo o en forma de vapor. Es muy importante para el desarrollo de las plantas, ya que les proporciona el agua necesaria para sus procesos biológicos.

**Tabla 1***Sensores de Temperatura*

Referencia	Descripción técnica
<p>DTH11</p> <p><b>Figura 2</b></p> <p><i>Sensor DHT11</i></p>  <p><i>Nota.</i>(Components, 2021)</p>	<p>Tipo de sensor: Es un sensor de temperatura y humedad relativa.</p> <p>Rango de temperatura: 0°C a 50°C con una precisión de <math>\pm 2^\circ\text{C}</math>.</p> <p>Rango de humedad: 20% a 90% con una precisión de <math>\pm 5\%</math>.</p> <p>Interfaz: Digital (utiliza un solo pin de datos).</p> <p>Precio: Más económico en comparación con el DHT22.</p> <p>Velocidad de actualización: Menos rápida que la del DHT22.</p> <p>Uso: Adecuado para aplicaciones básicas que no requieran una alta precisión.</p> <p>Datasheet: <a href="https://components101.com/sensors/dht11-temperature-sensor">https://components101.com/sensors/dht11-temperature-sensor</a></p>
<p>LM35</p> <p><b>Figura 3</b></p> <p><i>Sensor LM35</i></p>  <p><i>Nota.</i> (Texas Instruments 2017)</p>	<p>Tipo de sensor: Es un sensor de temperatura.</p> <p>Rango de temperatura: <math>-55^\circ\text{C}</math> a <math>150^\circ\text{C}</math> con una precisión de <math>\pm 0.5^\circ\text{C}</math>.</p> <p>Interfaz: Analógica (la salida es proporcional a la temperatura).</p> <p>Calibración: No requiere calibración adicional.</p> <p>Precio: Más económico en comparación con el DHT22.</p> <p>Uso: Ideal para aplicaciones que requieran una alta precisión en la medición de temperatura.</p> <p>Datasheet: <a href="https://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm35.pdf">https://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm35.pdf</a></p>
<p>DTH22</p> <p><b>Figura 4</b></p> <p><i>Sensor DHT22</i></p>  <p><i>Nota.</i> (Electronilab, 2024).</p>	<p>Tipo de sensor: Es un sensor de temperatura y humedad relativa.</p> <p>Rango de temperatura: <math>-40^\circ\text{C}</math> a <math>80^\circ\text{C}</math> con una precisión de <math>\pm 0.5^\circ\text{C}</math>.</p> <p>Rango de humedad: 0% a 100% con una precisión de <math>\pm 2\%</math>.</p> <p>Interfaz: Digital (utiliza un solo pin de datos).</p> <p>Precio: Más caro en comparación con el DHT11 y LM35.</p> <p>Velocidad de actualización: Más rápida que la del DHT11.</p> <p>Uso: Adecuado para aplicaciones que requieran mayor precisión en la medición de temperatura y humedad.</p> <p>Datasheet: <a href="https://electronilab.co/tienda/modulo-sensor-dht22-am2302-temperatura-y-humedad/">https://electronilab.co/tienda/modulo-sensor-dht22-am2302-temperatura-y-humedad/</a></p>



*Nota.* En la tabla 1 se relacionan las opciones evaluadas respecto a los sensores de temperatura, detallando las especificaciones técnicas de cada referencia.




Si se necesita una medición precisa de temperatura, el LM35 es una excelente opción. Si también necesitas medir la humedad relativa, puedes elegir entre el DHT11 (más económico, pero menos preciso) y el DHT22 (más preciso pero un poco más costoso).

**Tabla 2**

*Sensores de Humedad del Suelo*

Referencia	Descripción técnica
<p>FC-28</p> <p><b>Figura 5</b></p> <p><i>Sensor FC-28</i></p>  <p><i>Nota.</i> (Naylampmechatronics, 2024)</p>	<p>Rango de humedad del suelo: Generalmente se utiliza para medir la humedad del suelo en porcentaje de humedad volumétrica.</p> <p>Interfaz: Analógica (la salida es proporcional al contenido de humedad del suelo).</p> <p>Precio: Económico.</p> <p>Uso: Ideal para proyectos de monitoreo de humedad del suelo en plantas, jardines o invernaderos.</p> <p>Datasheet: <a href="https://naylampmechatronics.com/sensores-temperatura-y-humedad/47-sensor-de-humedad-de-suelo-fc-28.html">https://naylampmechatronics.com/sensores-temperatura-y-humedad/47-sensor-de-humedad-de-suelo-fc-28.html</a></p>
<p>HD-38</p> <p><b>Figura 6</b></p> <p><i>Sensor HD-38</i></p>  <p><i>Nota.</i> (ElectroStore, 2024)</p>	<p>Tipo de sensor: Sensor de humedad del suelo.</p> <p>Rango de humedad del suelo: Generalmente se utiliza para medir la humedad del suelo en porcentaje de humedad volumétrica.</p> <p>Interfaz: Analógica (la salida es proporcional al contenido de humedad del suelo).</p> <p>Precio: Económico.</p> <p>Uso: Similar al FC-28, es adecuado para proyectos de monitoreo de humedad del suelo en plantas, jardines o invernaderos.</p> <p>Datasheet: <a href="https://grupoelectrostore.com/shop/sensores/temperatura/modulo-sensor-de-humedad-de-suelo-hd-38-higrometro-anticorrosivo/">https://grupoelectrostore.com/shop/sensores/temperatura/modulo-sensor-de-humedad-de-suelo-hd-38-higrometro-anticorrosivo/</a></p>
<p>YL-69</p>	<p>Tipo de sensor: Sensor de humedad del suelo.</p>



Referencia	Descripción técnica
<p><b>Figura 7</b></p> <p><i>Sensor YL-69</i></p>  <p><i>Nota.</i> (Moviltronics, 2024)</p>	<p>Rango de humedad del suelo: Generalmente se utiliza para medir la humedad del suelo en porcentaje de humedad volumétrica.</p> <p>Interfaz: Digital (proporciona una salida digital que indica si el suelo está seco o mojado).</p> <p>Precio: Un poco más caro que el FC-28 y el HD-38.</p> <p>Uso: Adecuado para proyectos donde se necesita una indicación digital clara de si el suelo está seco o mojado.</p> <p>Datasheet: <a href="https://moviltronics.com/tienda/sensor-yl69/">https://moviltronics.com/tienda/sensor-yl69/</a></p>



*Nota.* En la tabla 2 se relacionan las opciones evaluadas respecto a los sensores de humedad del suelo, detallando las especificaciones técnicas de cada referencia.



Los tres sensores son adecuados para medir la humedad del suelo, pero el YL-69 proporciona una salida digital que indica claramente si el suelo está seco o mojado, mientras que el FC-28 y el HD-38 proporcionan una salida analógica proporcional al contenido de humedad del suelo. El YL-69 es un poco más caro que el FC-28 y el HD-38, pero ofrece una indicación digital conveniente.

De igual manera se realiza un análisis comparativo para la selección del microcontrolador encargado de recibir las señales de los sensores.

**Tabla 3***Microcontroladores*

Referencia	Descripción técnica
<p>PSoC 5LP</p> <p><b>Figura 8</b></p> <p><i>Microcontrolador PSoC 5LP</i></p>  <p><i>Nota.</i> (AAPT, 2021)</p>	<p>Tipo: Microcontrolador.</p> <p>Arquitectura: ARM Cortex-M3.</p> <p>Velocidad de reloj: Hasta 80 MHz.</p> <p>Memoria RAM: Hasta 64 KB.</p> <p>Memoria flash: Hasta 256 KB.</p> <p>Periféricos integrados: Amplia variedad de periféricos configurables digital y analógicamente.</p> <p>Interfaces: USB, UART, I2C, SPI, ADC, DAC, PWM, entre otros.</p> <p>Precio: Generalmente más caro que los microcontroladores Arduino.</p> <p>Uso: Ideal para proyectos que requieran una alta integración de hardware y una flexibilidad en la configuración de periféricos.</p> <p>Datasheet: <a href="https://advlabs.aapt.org/images/files/PSoC%20for%20the%20Advanced%20Laboratory%20v2.pdf">https://advlabs.aapt.org/images/files/PSoC%20for%20the%20Advanced%20Laboratory%20v2.pdf</a></p>
<p>Arduino UNO</p> <p><b>Figura 9</b></p> <p><i>Microcontrolador Arduino UNO</i></p>  <p><i>Nota.</i> (Arduino Documentation, 2004)</p>	<p>Tipo: Microcontrolador.</p> <p>Microcontrolador: ATmega328P.</p> <p>Velocidad de reloj: 16 MHz.</p> <p>Memoria RAM: 2 KB.</p> <p>Memoria flash: 32 KB.</p> <p>Periféricos integrados: UART, I2C, SPI, ADC, PWM, entre otros.</p> <p>Interfaces: USB, UART, I2C, SPI, entre otros.</p> <p>Precio: Económico y ampliamente disponible.</p> <p>Uso: Proyectos de nivel principiante a intermedio que no requieran demasiada potencia de procesamiento.</p> <p>Datasheet: <a href="https://docs.arduino.cc/resources/datasheets/A000066-datasheet.pdf">https://docs.arduino.cc/resources/datasheets/A000066-datasheet.pdf</a></p>
<p>Arduino Mega</p>	<p>Tipo: Microcontrolador.</p>

Referencia	Descripción técnica
<p><b>Figura 10</b></p> <p><i>Microcontrolador Arduino Mega</i></p>  <p><i>Nota.</i> (Arduino Documentation, 2024)</p>	<p>Microcontrolador: ATmega2560.</p> <p>Velocidad de reloj: 16 MHz.</p> <p>Memoria RAM: 8 KB.</p> <p>Memoria flash: 256 KB.</p> <p>Periféricos integrados: UART, I2C, SPI, ADC, PWM, entre otros.</p> <p>Interfaces: USB, UART, I2C, SPI, entre otros.</p> <p>Precio: Más caro que Arduino UNO, pero aún asequible.</p> <p>Uso: Proyectos que requieran más pines de E/S y más memoria que Arduino UNO.</p> <p>Datasheet: <a href="https://docs.arduino.cc/resources/datasheets/A000067-datasheet.pdf">https://docs.arduino.cc/resources/datasheets/A000067-datasheet.pdf</a></p>
<p>Raspberry Pi</p> <p><b>Figura 11</b></p> <p><i>Microcontrolador Raspberry Pi</i></p>  <p><i>Nota.</i> (Raspberry Pi Datasheets, 2024)</p>	<p>Tipo: Placa de desarrollo de propósito general.</p> <p>Procesador: Broadcom BCM2837.</p> <p>Arquitectura: ARM Cortex-A53 (64 bits).</p> <p>Velocidad de reloj: Hasta 1.4 GHz (Raspberry Pi 3 Model B+).</p> <p>Memoria RAM: 1 GB, 2 GB o 4 GB (dependiendo del modelo).</p> <p>Memoria flash: Depende de la tarjeta microSD utilizada.</p> <p>Periféricos integrados: HDMI, USB, Ethernet, Wi-Fi, Bluetooth, GPIO, entre otros.</p> <p>Interfaces: HDMI, USB, Ethernet, GPIO, entre otros.</p> <p>Precio: Más caro que los microcontroladores Arduino, pero más económico que una PC convencional.</p> <p>Uso: Proyectos que requieran un sistema operativo completo como Linux y capacidades de procesamiento más avanzadas, como servidores, estaciones de trabajo, centros multimedia, etc.</p> <p>Datasheet: <a href="https://datasheets.raspberrypi.com/rpi4/raspberry-pi-4-product-brief.pdf">https://datasheets.raspberrypi.com/rpi4/raspberry-pi-4-product-brief.pdf</a></p>
ESP-WROOM-32	Tipo: Microcontrolador con Wi-Fi y Bluetooth.

Referencia	Descripción técnica
<p><b>Figura 12</b></p> <p><i>Microcontrolador ESP-WROOM-32</i></p>  <p><i>Nota.</i> (Naylampmechatronics, 2024)</p>	<p>Microcontrolador: ESP32.</p> <p>Velocidad de reloj: Hasta 240 MHz.</p> <p>Memoria RAM: Hasta 520 KB.</p> <p>Memoria flash: Hasta 16 MB.</p> <p>Periféricos integrados: UART, I2C, SPI, ADC, DAC, PWM, Wi-Fi, Bluetooth, entre otros.</p> <p>Interfaces: UART, I2C, SPI, Wi-Fi, Bluetooth, entre otros.</p> <p>Precio: Generalmente más económico que una Raspberry Pi pero más caro que los microcontroladores Arduino.</p> <p>Uso: Proyectos que requieran conectividad Wi-Fi y Bluetooth, así como capacidades de procesamiento más avanzadas.</p> <p>Datasheet: <a href="https://naylampmechatronics.com/espessif-esp/382-modulo-esp-wroom-32-esp32-wifi.html">https://naylampmechatronics.com/espessif-esp/382-modulo-esp-wroom-32-esp32-wifi.html</a></p>
<p>Arduino Nano</p> <p><b>Figura 13</b></p> <p><i>Microcontrolador Arduino Nano</i></p>  <p><i>Nota.</i> (Arduino Documentation, 2024b)</p>	<p>Tipo: Microcontrolador.</p> <p>Microcontrolador: ATmega328P.</p> <p>Velocidad de reloj: 16 MHz.</p> <p>Memoria RAM: 2 KB.</p> <p>Memoria flash: 32 KB.</p> <p>Periféricos integrados: UART, I2C, SPI, ADC, PWM, entre otros.</p> <p>Interfaces: USB, UART, I2C, SPI, entre otros.</p> <p>Precio: Similar al Arduino UNO.</p> <p>Uso: Proyectos que requieran un tamaño reducido y una potencia de procesamiento moderada.</p> <p>Datasheet: <a href="https://docs.arduino.cc/resources/datasheets/A000005-datasheet.pdf">https://docs.arduino.cc/resources/datasheets/A000005-datasheet.pdf</a></p>

*Nota.* en la tabla 3 se pueden observar las especificaciones técnicas de cada referencia.

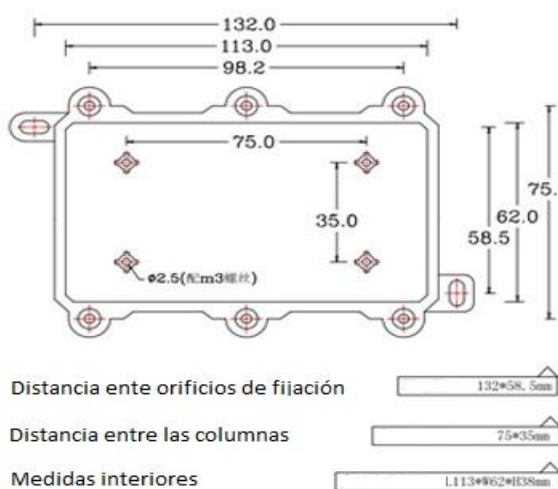
La elección entre estos procesadores de datos depende de los requisitos específicos del proyecto, incluyendo el costo, la potencia de procesamiento, la cantidad de E/S necesarias y las características de conectividad requeridas.

## Descripción de los Sensores y Microcontrolador Seleccionado

El prototipo va a estar dentro de una caja impermeable IP68 la cual protege los dispositivos electrónicos de entornos hostiles, evita que ingrese humedad, polvo u otros elementos que puedan afectar el funcionamiento de los dispositivos. En la Figura 14 se puede visualizar las dimensiones de la caja.

**Figura 14**

*Caja Impermeable IP68*



*Nota.* Caja impermeable empleada para proteger los sensores de la exposición a las variables climáticas y de ambiente. (Impermeables: Caja Impermeable 120x70x48, s. f.)

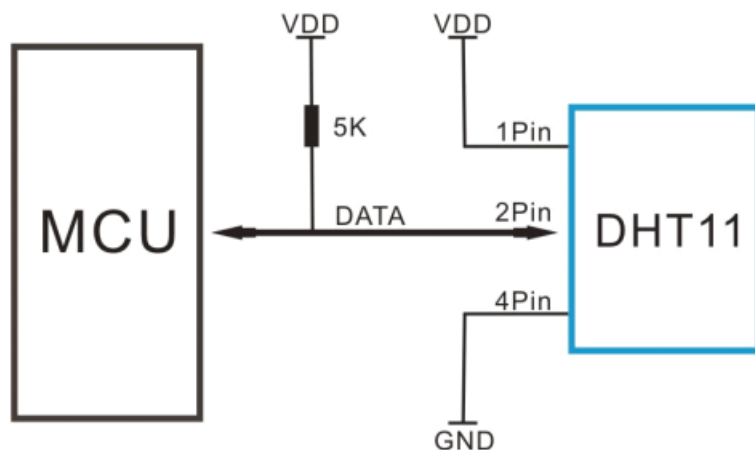
### ***Sensor de Temperatura Seleccionado (DHT11)***

El DHT11 es un sensor de temperatura y humedad de uso común. El sensor viene con un NTC dedicado para medir la temperatura y un microcontrolador de 8 bits para generar los valores de temperatura y humedad como datos en serie. El sensor también está calibrado de fábrica y, por lo tanto, es fácil de conectar con otros microcontroladores. El sensor puede medir

temperatura de 0°C a 50°C y humedad de 20% a 90% con una precisión de  $\pm 1^\circ\text{C}$  y  $\pm 1\%$ . El sensor DHT11 está calibrado de fábrica y genera datos en serie, por lo que es muy fácil de configurar. (Components, 2021) En la Figura 15 se puede observar su diagrama de conexión:

### Figura 15

*Diagrama de Conexión del Sensor de Temperatura DHT11*



*Nota.* Sensor de temperatura. (Components, 2021)

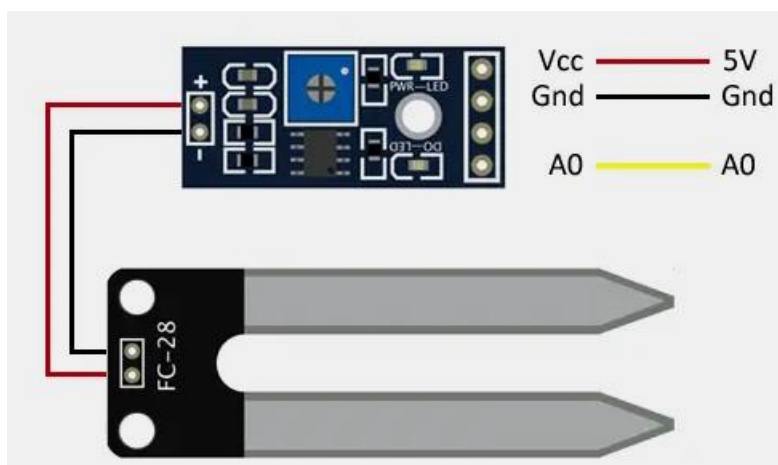
### *Sensor de Humedad del Suelo Seleccionado (FC-28)*

El funcionamiento del sensor de humedad de Suelo FC-28 se basa en medir la resistencia entre 2 electrodos insertados dentro del suelo, la resistencia entre los electrodos dependerá de la humedad del suelo, por lo que para un suelo muy húmedo tendrá una resistencia muy baja (corto circuito) y para un suelo muy seco la resistencia será muy alta (circuito abierto). El electrodo va conectado a una tarjeta de acondicionamiento (YL-38) que entrega una salida digital y otra analógica. La salida digital (DO) es la salida de un opamp en modo comparador, la salida digital se activa cuando el nivel de humedad es menor al nivel deseado, este nivel (umbral o threshold) se puede regular con el potenciómetro de la tarjeta. La salida analógica (AO) es la salida de un

divisor de tensión entre una resistencia fija y la resistencia entre los electrodos, entrega un voltaje analógico desde 0V para un suelo muy húmedo hasta 5V para un suelo muy seco. Para la conexión a Arduino es posible optar por utilizar la salida analógica del módulo conectada a una entrada analógica del Arduino o por utilizar la salida digital (DO) conectada a una entrada digital del Arduino. (Naylampmechatronics, 2024) En la Figura 16 se puede observar su diagrama de conexión:

### Figura 16

*Diagrama de Conexión del Sensor de Humedad del Suelo FC-28*



*Nota.* Sensor de humedad conectado al suelo. (Llamas, 2016)

### ***Microcontrolador Seleccionado (ARDUINO UNO)***

La empresa Banafrut, está creciendo significativamente lo cual implica comenzar a automatizar algunos procesos y que la inversión sea significativa a largo plazo. Técnicamente seleccionamos el microcontrolador Arduino uno ya que es fácil de usar, programar y es compatible con muchos componentes electrónicos lo que nos permitió conectar los sensores a él.

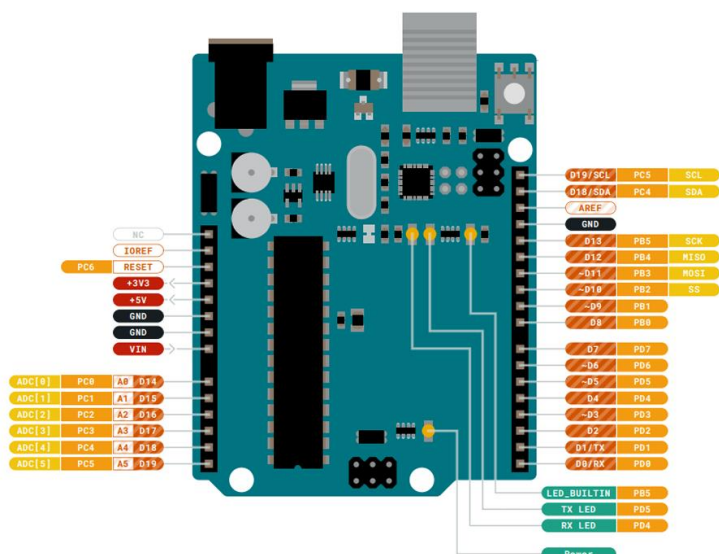


Adicionalmente, conectamos un módulo Wifi que permite la comunicación entre el prototipo, la red inalámbrica y la nube (Thingspeak).

Arduino UNO es el microcontrolador más utilizado en la electrónica. Está equipado con el conocido procesador ATmega328P, 14 pines de entrada/salida digital, 6 entradas analógicas, conexiones USB, cabezal ICSP y botón de reinicio. El procesador ATmega328P funciona a una velocidad de hasta 20 MHz. La mayoría de sus pines están conectados a los cabezales externos, sin embargo, algunos están reservados para la comunicación interna con el coprocesador USB Bridge. (Arduino Documentation, 2004)

De acuerdo con las condiciones del cultivo es suficiente con el Arduino UNO y que le permite a futuro la posibilidad de un crecimiento para una mayor cobertura, no obstante, también se podría utilizar un Arduino MEGA y un módulo WIFI para implementarlo con una red de sensores WSN.

A continuación, en la Figura 17 se puede observar la distribución de los pines:

**Figura 17***Distribución de Pines Arduino UNO*

*Nota.* Apariencia de los pines de Arduino. (Arduino Documentation, 2004).

### Selección de la Tecnología Inalámbrica

Debido a que el prototipo de sistema de monitoreo será implementado en un lugar con acceso directo a comunicación de tipo inalámbrico, se ha seleccionado la tecnología Wifi mediante la cual se realizará la transmisión de los datos recopilados desde los sensores y estos serán enviados directamente a la nube (ThingSpeak). Adicionalmente, se utilizará el protocolo MQTT (Message Queuing Telemetry Transport) para la transferencia eficiente de datos entre los dispositivos.

La universidad cuenta con licencia de Matlab y Thingspeak se encuentra dentro de este paquete. Para ingresar a Thingspeak se utilizó la cuenta de correo institucional obteniendo de esta manera una licencia gratuita la cual cuenta con las especificaciones que se visualizan en la Figura 18.

**Figura 18***Suscripción Estándar Thingspeak*


	GRATIS Para evaluación comercial del servicio por tiempo limitado	ESTÁNDAR Para todas las actividades comerciales, gubernamentales y generadoras de ingresos.
Escalable para proyectos más grandes	✘ No. El uso anual está limitado.	✔
Número de mensajes	3 millones/año (~8200/día) <sup>[2]</sup>	33 millones/año por unidad (~90.000/día por unidad) <sup>[1]</sup>
Límite de intervalo de actualización de mensajes	Cada 15 segundos	Uno de cada dos
Número de canales	4	250 por unidad
Tiempo de espera de cálculo de MATLAB	20 segundos	60 segundos
Compartir canal privado	Limitado a 3 acciones	Ilimitado
Apoyo técnico	Apoyo comunitario	Soporte estándar de MathWorks
Tamaño máximo de la imagen	✘ Función de imagen no disponible	5 MB
Mensajes utilizados por imagen	✘	100

*Nota.* (Cómo comprar - Licencia estándar - ThingSpeak IoT, s. f.). Screenshots proprietary.

Wifi, es una tecnología de redes inalámbricas que permite a los dispositivos electrónicos conectarse entre sí de manera fluida a una red mediante frecuencias de radio. La red, llamada una red inalámbrica de área local (o WLAN por su acrónimo en inglés) permite a ciertos dispositivos, conectarse a internet y comunicarse entre sí sin necesidad de cables físicos, como sí ocurre con los puertos Ethernet. Las redes wifi funcionan mediante la transmisión de ondas de radio en diversas frecuencias para brindar conectividad inalámbrica a redes y a internet a diversas velocidades. Típicamente se les agrupa en rangos de frecuencia de 2.4 GHz, 5 GHz y 6 GHz. En general, mientras mayor es la frecuencia, mayores son las velocidades. (¿Qué Es el Wifi? - Tipos de Conexiones Wifi y Seguridad | Proofpoint ES, 2023)

MQTT es un protocolo de mensajería basado en estándares, o un conjunto de reglas, que se utiliza para la comunicación de un equipo a otro. Los sensores inteligentes, los dispositivos portátiles y otros dispositivos de Internet de las cosas (IoT) generalmente tienen que transmitir y

recibir datos a través de una red con recursos restringidos y un ancho de banda limitado. Estos dispositivos IoT utilizan MQTT para la transmisión de datos, ya que resulta fácil de implementar y puede comunicar datos IoT de manera eficiente. MQTT admite la mensajería entre dispositivos a la nube y la nube al dispositivo. (¿Qué Es el MQTT? - Explicación del Protocolo MQTT - AWS, s. f.)

### **Selección de la Plataforma Web**

Para el desarrollo del prototipo, se seleccionó la plataforma web ThingSpeak porque mediante el correo institucional fue posible ingresar y obtener la licencia gratuita.

Adicionalmente, fue una herramienta que se utilizó mediante el desarrollo de algunos de los cursos vistos en el transcurso de la carrera profesional lo cual permitió conocer su funcionamiento y uso.

ThingSpeak es un servicio de plataforma de análisis de IoT que permite agregar, visualizar y analizar flujos de datos en vivo en la nube. Los datos se pueden enviar a ThingSpeak desde dispositivos (sensores), crear visualizaciones instantáneas de datos en vivo y enviar alertas. Es compatible con MATLAB y Simulink, Arduino, Módulos Wifi ESP8266 y ESP32. (IoT Analytics - ThingSpeak Internet Of Things, s. f.)

Las funciones principales de ThingSpeak son:

- Recoger datos en canales privados
- Compartir datos con canales públicos
- API RESTful y MQTT
- Análisis y visualizaciones de MATLAB.
- Programación de eventos.
- Alertas.

- Integraciones de aplicaciones.

ThingSpeak utiliza canales para almacenar datos enviados desde aplicaciones o dispositivos. Puede leer datos de sus canales ThingSpeak utilizando las llamadas HTTP y la API REST. Puede utilizar el método de suscripción MQTT para recibir mensajes cada vez que se actualice el canal. (Leer Datos del Canal - MATLAB & Simulink - MathWorks España, s. f.)

## Marco Conceptual

Definición de cultivo: El cultivo es la acción de trabajar la tierra en función de que haya y crezcan especies vegetales. El término también se utiliza para describir los procesos utilizados en la agricultura para la plantación de alimentos. Se entiende por cultivo a todas las acciones humanas que tienen el fin de mejorar, tratar y transformar las tierras para el crecimiento de siembras. Para muchos países del mundo esta actividad es su principal sustento económico y, al mismo tiempo, es, junto con la ganadería, la principal acción que da alimento para la población mundial. (Definición de Cultivo, s. f.)

Definición de agricultura: La agricultura es una actividad económica que se encuentra dentro del sector primario, y en ella se incluyen todos aquellos actos realizados por el hombre, tendientes a modificar el medio ambiente que lo rodea, para hacerlo más apto y así generar una mayor productividad del suelo, y obtener alimentos tanto para el consumo directo o para su posterior tratamiento industrial generando valor agregado. (Equipo editorial, Etecé, 2022)

Definición de cambio climático: El Cambio Climático representa una problemática de escala mundial. Surgió principalmente por las malas prácticas del ser humano, generando una gran cantidad de gases efecto invernadero que se han ido acumulando en la atmósfera del planeta, originando cambios en su estructura y produciendo lo que hoy se conoce como el calentamiento global. El cambio climático produce efectos devastadores, ya que aumenta el nivel de los mares, provoca lluvias prolongadas y torrenciales que originan inundaciones, genera sequías extremas, falta de agua, escasez de alimentos, pérdida de la cobertura de los glaciares, aumento de enfermedades transmitidas por vectores, entre otros, que ponen en riesgo a las comunidades y a los ecosistemas. (Olarte, 2022)

Definición de tecnologías de la información: es un proceso que utiliza la combinación de medios y métodos de recopilación, procesamiento y transmisión de datos para obtener nueva información de calidad sobre el estado de un objeto, proceso o fenómeno. El propósito de la tecnología de la información es la producción de información para su análisis por las personas y la toma de decisiones sobre la base de esta para realizar una acción. (De Ceupe, 2020)

Definición de telemetría: La telemetría o telemedición es una tecnología que permite medir y rastrear magnitudes físicas de forma remota para que un operador pueda obtener, generalmente de manera inalámbrica, datos de diferentes zonas. Los sistemas telemétricos aportan información sobre los estados de procesos y permiten controlarlos a distancia. El funcionamiento de la telemetría se basa en la conversión de señales captadas por un sensor a señales eléctricas que son transmitidas para su registro y posterior medición. Algunos tipos de señales pueden ser vibraciones, temperatura, presión y voltaje. Los usos de la telemetría son amplios y habitualmente de nivel industrial, por ejemplo, es posible encontrarla en la supervisión de los niveles de agua en presas, monitoreo de la calidad de aire, control del suministro eléctrico, administración de sistemas de riego, perforación de pozos petroleros y telecontrol de naves espaciales, no obstante, esta tecnología podría ser aprovechada en otros campos como la publicidad y ventas. (Serna, 2022)

## **Marco Normativo**

El diseño e implementación de un prototipo de sistema de monitoreo para el análisis de la temperatura y humedad del suelo en cultivos de banano debe cumplir con ciertas normativas y regulaciones para garantizar su funcionamiento adecuado y la protección del medio ambiente. A continuación, se mencionan algunos aspectos del marco normativo que podrían aplicarse:

### **Normativas Internacionales**

#### ***ISO 14001:2015 - Sistema de Gestión Ambiental***

Esta norma internacional especifica todos los requisitos necesarios para establecer un Sistema de Gestión Ambiental en una organización, esto puede ser utilizado para mejorar su desempeño ambiental. La norma es utilizada por la organización para gestionar sus responsabilidades ambientales de forma sistemática que contribuya con la sostenibilidad. (Nueva ISO 14001, 2024)

#### ***Global G.A.P. (Good Agricultural Practices)***

Es un conjunto de normas internacionalmente reconocidas para la producción segura y sostenible de alimentos con el fin de beneficiar a los productores, minoristas y consumidores en todas partes del mundo. Actualmente, GLOBALG.A.P. es el programa de aseguramiento de fincas líder en el mundo, logrando que los requerimientos del consumidor se vean reflejados en la producción agrícola. (Icontec, 2024)

Son 17 objetivos de Desarrollo Sostenible, los cuales surgen de la Agenda 2030 propuesta por la ONU (2015), propone unas metas para el año 2030, abarcando tres dimensiones del Desarrollo Sostenible: la economía, el desarrollo social y el medio ambiente. La empresa Banafrut, tiene en cuenta 6 de ellos, los cuales se pueden visualizar en la Figura 19.



## Figura 19

### Objetivos Desarrollo Sostenible



*Nota.* ONU (2015). Adaptación ODS. Elaboración propia.

## Normativas Regionales

### *Ley 1931 de 2018 (por la cual se Establecen Directrices Para la Gestión del Cambio Climático)*

La presente ley tiene por objeto establecer las directrices para la gestión del cambio climático en las decisiones de las personas públicas y privadas, la concurrencia de la Nación, Departamentos, Municipios, Distritos, Áreas Metropolitanas y Autoridades Ambientales principalmente en las acciones de adaptación al cambio climático, así como en mitigación de gases efecto invernadero, con el objetivo de reducir la vulnerabilidad de la población y de los ecosistemas del país frente a los efectos del mismo y promover la transición hacia una economía competitiva, sustentable y un desarrollo bajo en carbono. (Política y Normativa, 2022)

## Normativas Nacionales

### ***Política Nacional del Cambio Climático***

Objeto: Incorporar la gestión del cambio climático en las decisiones públicas y privadas para avanzar en una senda de desarrollo resiliente al clima y baja en carbono, que reduzca los riesgos del cambio climático y permita aprovechar las oportunidades que el cambio climático genera. La aspiración para el largo plazo, y a la que contribuye este objetivo general, es lograr que el país sea carbono neutral.

### ***Política Para la Gestión Sostenible del Suelo***

Objeto: Promover la gestión sostenible del suelo en Colombia, en un contexto integral en el que confluyan la conservación de la biodiversidad, el agua y el aire, el ordenamiento del territorio y la gestión de riesgo, contribuyendo al desarrollo sostenible y al bienestar de los colombianos.

### ***Política Nacional Ambiental Para el Desarrollo Sostenible de los Espacios Oceánicos y las Zonas Costeras e Insulares de Colombia***

Propender por el desarrollo sostenible de los espacios oceánicos y las zonas costeras, que permita mediante su manejo integrado, contribuir al mejoramiento de la calidad de vida de la población colombiana, al desarrollo armónico de las actividades productivas y a la conservación y preservación de los ecosistemas y recursos marinos y costeros.

### ***Constitución Política de Colombia***

Artículo 79 señala que, a través de las políticas se busca garantizar el derecho a gozar de un ambiente sano, la participación de la comunidad, la protección de la diversidad e integridad del ambiente, conservación de las áreas de especial importancia ecológica y el fomento de la educación ambiental.

### ***Colombia - Resolución 2115 - 2007***

En Colombia, la reglamentación relacionada con los criterios y valores límites máximos permisibles de contaminantes para suelos destinados a la agricultura está establecida en la Resolución 2115 de 2007 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Esta resolución tiene como objetivo establecer los criterios y valores límites máximos permisibles de contaminantes en suelos según su uso y define las medidas de manejo y control para prevenir o mitigar la contaminación del suelo. (Resolución 2115 - 2007 | MinVivienda, s. f.)

### ***Política Nacional e Cambio Climático - 2017***

El objetivo de la Política nacional de cambio climático es incorporar la gestión del cambio climático en las decisiones públicas y privadas para avanzar en una senda de desarrollo resiliente al clima y baja en carbono, que reduzca los riesgos del cambio climático y permita aprovechar las oportunidades que este genera. (Política y Normativa, 2022)

### **Organismos y Entidades Certificadoras**

#### ***FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura)***

Proporciona directrices y recursos sobre prácticas agrícolas sostenibles y monitoreo ambiental. (Acerca de | FAO | Organización de las Naciones Unidas Para la Alimentación y la Agricultura, s. f.)

#### ***Rainforest Alliance***

Certifica prácticas agrícolas sostenibles y responsables, incluyendo el monitoreo ambiental en cultivos. (Rainforest Alliance, 2024)

#### ***Fairtrade***

Establece estándares para asegurar prácticas agrícolas justas y sostenibles, incluyendo aspectos de monitoreo ambiental. (What Is Fairtrade?, s. f.)

En conclusión, cumplir con las normativas y regulaciones relacionadas con el monitoreo ambiental en cultivos agrícolas es esencial para asegurar prácticas sostenibles, acceder a mercados internacionales, y proteger tanto el medio ambiente como la salud pública. Los productores de banano deben estar familiarizados con las normativas aplicables en su región y a nivel internacional, y adoptar sistemas de monitoreo que cumplan con estos estándares para asegurar la sostenibilidad y competitividad de sus operaciones.

### **Requerimientos del Sistema Propuesto**

El sistema propuesto requiere una serie de sensores y microcontroladores con capacidad de realizar múltiples tareas, integrados a una CPU con puertos de entrada y salida; tanto digitales como analógicos. En este apartado se describen cada uno de los elementos utilizados para la creación del prototipo.

#### **Creación del Prototipo**

El prototipo es desarrollado, con el fin de hacer mediciones a campo abierto, solucionando las dificultades para el desplazamiento de un lugar a otro; así mismo, el prototipo cuenta con una medición cuantitativa que puede verificar las variables y afectaciones, optimizando la toma de decisiones, previniendo pérdidas y tener una base de datos del desarrollo del cultivo.

## Requerimientos de Entrada/Salida

**Tabla 4**

*Diagrama de Conexiones de la Implementación a Realizar*

Dispositivo	Puerto	Descripción
Arduino UNO R3	A0	Entrada analógica que sirve de entrada (INPUT) a los estados o datos del sensor FC-28.
	A1	Entrada analógica que sirve de entrada (INPUT) a los estados o datos del sensor DHT11.
	TX>1	Se utiliza para transmitir datos en serie TTL.
	RX<0	Se utiliza para recibir datos en serie TTL.
	COM (USB)	Entrada y/o salida que sirve para cargar el código o para enviar señales de tipo serial.
Sensor de humedad del suelo. Referencia: FC-28	A0	Pin de salida analógica el cual se conecta al puerto analógico del dispositivo de adquisición de datos y permite enviar los datos del porcentaje de humedad.
	GND	Pin que sirve para conectar el sensor a la masa común (tierra - negativo).
	VCC	Pin de alimentación, aquí se deben conectar los 5V ya sea del Arduino o fuente externa (tensión positiva).
	TestPin	Solamente se utiliza con fines de simulación en caso de que se requiera realizar algún tipo de conexión, pero en realidad este sensor no contiene este pin. En este caso se utilizó para conectar una resistencia variable la cual define el contenido de agua del suelo en la simulación de proteus.
Sensor de temperatura. Referencia: DHT11	VDD	Pin de alimentación, aquí se deben conectar los 5V ya sea del Arduino o fuente externa (tensión positiva).
	DATA	Pin que permite transmitir datos entre el sensor y el dispositivo de adquisición de datos.
	GND	Pin que sirve para conectar el sensor a la masa común (tierra - negativo).

*Nota.* En la tabla 4 se puede observar el diagrama de las conexiones del diseño del prototipo a implementar en donde se especifica la función de cada puerto utilizado.

## Requisitos de Hardware/Software

### Hardware

- Computador portátil
- Puertos USB
- Placa Arduino UNO R3
- Módulo Wifi
- Sensor de humedad del suelo FC-28
- Sensor de temperatura y humedad ambiente DHT11
- Protoboard
- Fuente de alimentación externa para protoboard

### Software

- Sistema Operativo
- Conexión a Internet (WiFi)
- Arduino IDE
- Proteus
- Thingspeak

## **Diseño Simulado del Sistema**

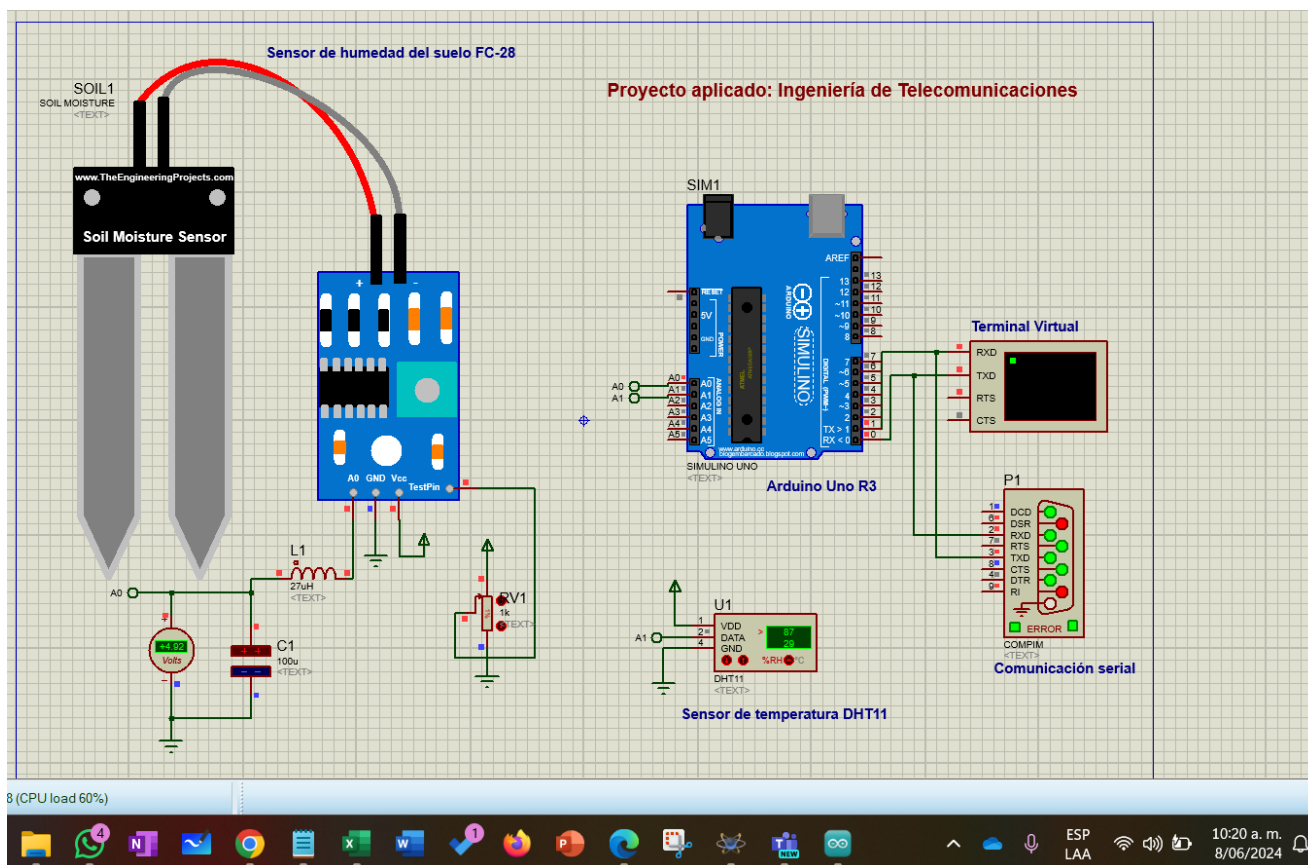
### **Diseño del Prototipo Sistema de Monitoreo**

El diseño se realizó en el software Proteus debido a que es un sistema que permite realizar simulaciones mixtas (analógico y digital) adicionalmente, es compatible con el software Arduino IDE donde se programó el código para la lectura de las variables mediante la placa Arduino. En la Figura 20 se puede observar el sensor de humedad del suelo FC-28, sensor de temperatura DTH11, el dispositivo de adquisición de datos (microcontrolador) Arduino UNO R3, terminal virtual que nos va a permitir visualizar los datos obtenidos por los sensores, Dispositivo COMPIM que nos permite la comunicación por puerto serial. Para la conexión del sensor de humedad del suelo FC-28 se utilizó una resistencia variable en el pin de prueba que es el TestPin, esta resistencia define el contenido de agua en el suelo. También se conectó el pin de salida con un filtro LC (este filtro no es necesario implementarlo en el hardware real y/o montaje físico) en este caso se utilizó en Proteus solamente porque Proteus proporciona el valor de pico a pico y se requiere convertir este valor en voltaje RMS.



**Figura 20**

*Diseño del Prototipo Sistema de Monitoreo en Proteus*



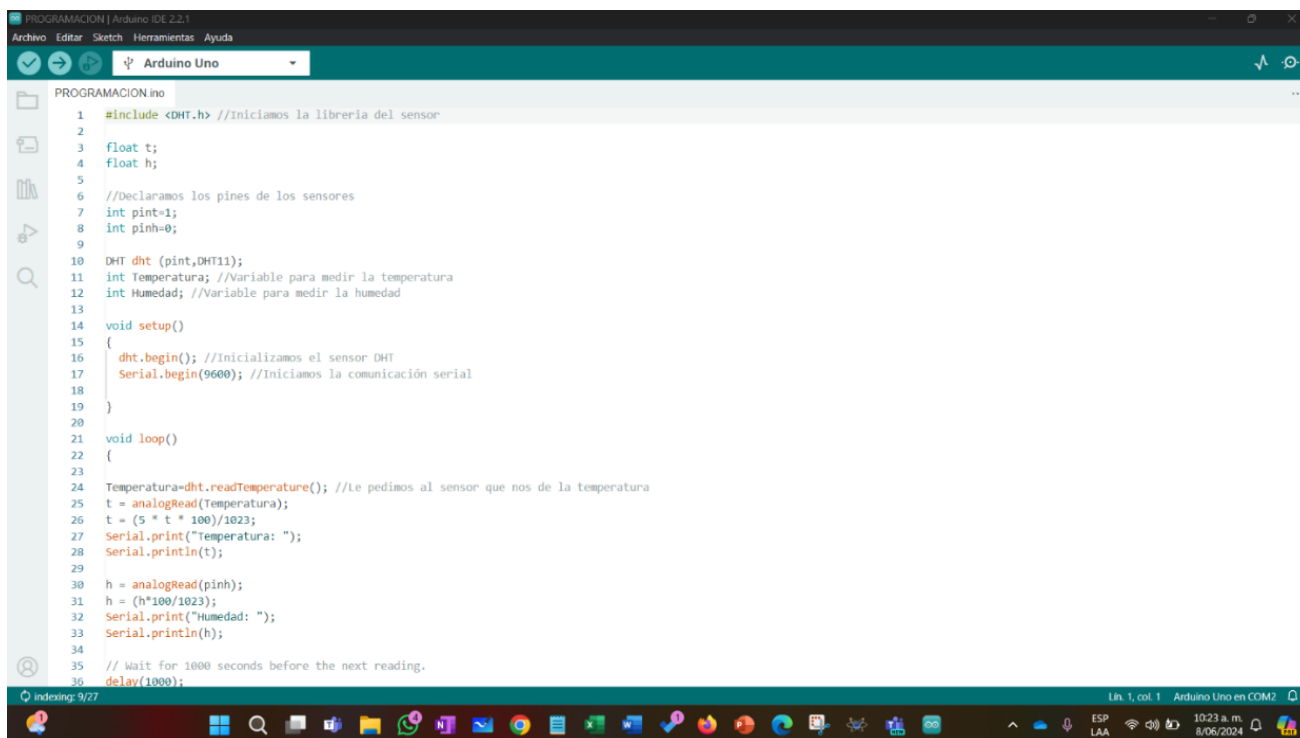
*Nota.* Descripción gráfica del Sistema Proteus. Elaboración propia.

## Código de Programación

En la Figura 21 se puede observar el código de programación diseñado y ejecutado en Arduino IDE mediante el cual será posible leer las variables mediante la placa Arduino en Proteus.

## Figura 21

### Código de Programación en Arduino IDE



```
PROGRAMACION.ino
1 #include <DHT.h> //Iniciamos la libreria del sensor
2
3 float t;
4 float h;
5
6 //Declaramos los pines de los sensores
7 int pinT=1;
8 int pinH=0;
9
10 DHT dht (pinT,DHT11);
11 int Temperatura; //Variable para medir la temperatura
12 int Humedad; //Variable para medir la humedad
13
14 void setup()
15 {
16   dht.begin(); //Inicializamos el sensor DHT
17   Serial.begin(9600); //Iniciamos la comunicaci3n serial
18 }
19
20
21 void loop()
22 {
23
24   Temperatura=dht.readTemperature(); //Le pedimos al sensor que nos de la temperatura
25   t = analogRead(Temperatura);
26   t = (5 * t * 100)/1023;
27   Serial.print("Temperatura: ");
28   Serial.println(t);
29
30   h = analogRead(pinH);
31   h = (h*100/1023);
32   Serial.print("Humedad: ");
33   Serial.println(h);
34
35   // Wait for 1000 seconds before the next reading.
36   delay(1000);
37 }
```

*Nota.* Lenguaje de programaci3n empleado para el funcionamiento de Arduino Uno.

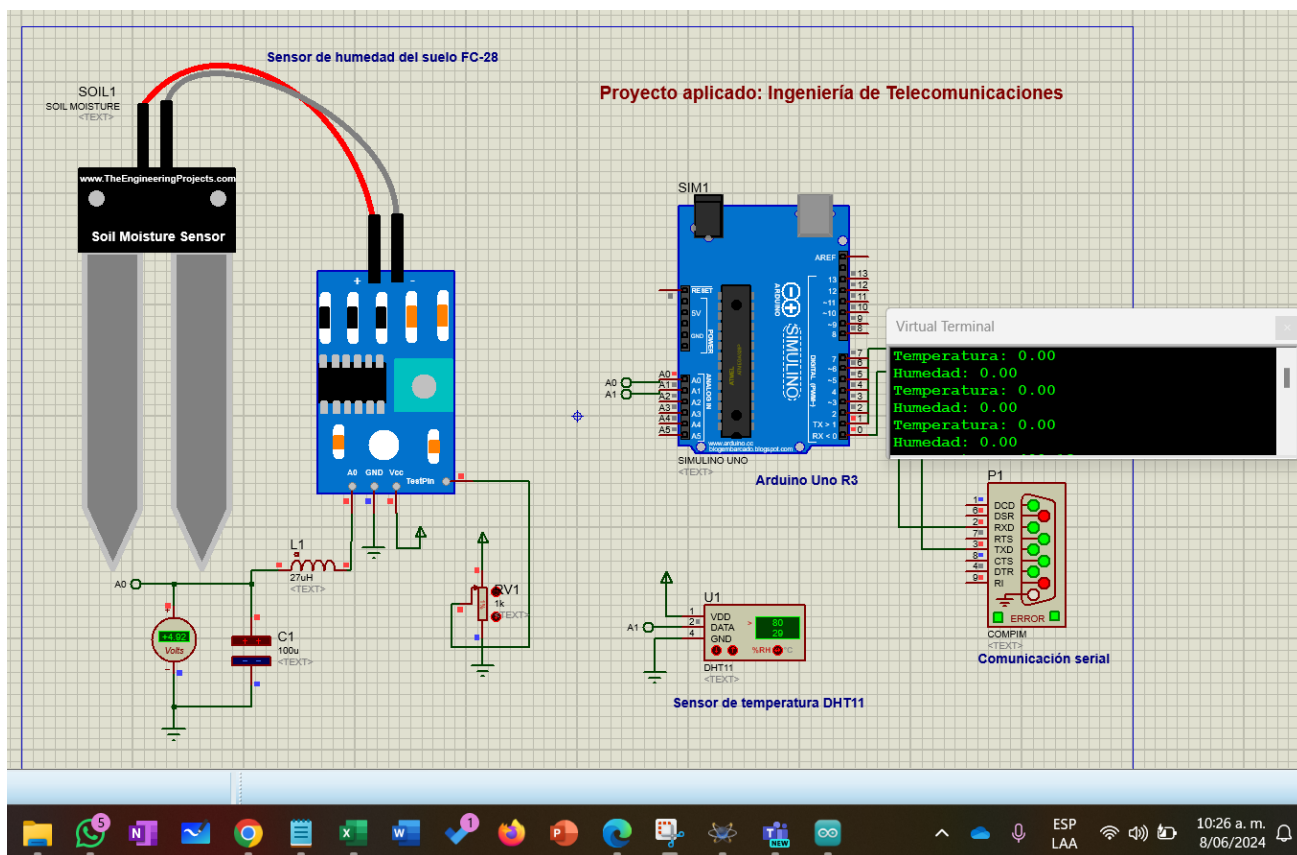
Elaboraci3n propia.

## Pruebas Experimentales

Al momento de ejecutar la simulaci3n en Proteus, se pueden observar los datos de las variables en la ventana de la terminal virtual donde inicialmente estos aparecen en 0 mientras la simulaci3n finaliza completamente la carga de ejecuci3n. A continuaci3n, en la Figura 22 se demuestra lo dicho anteriormente:

Figura 22

## Prueba Experimental I

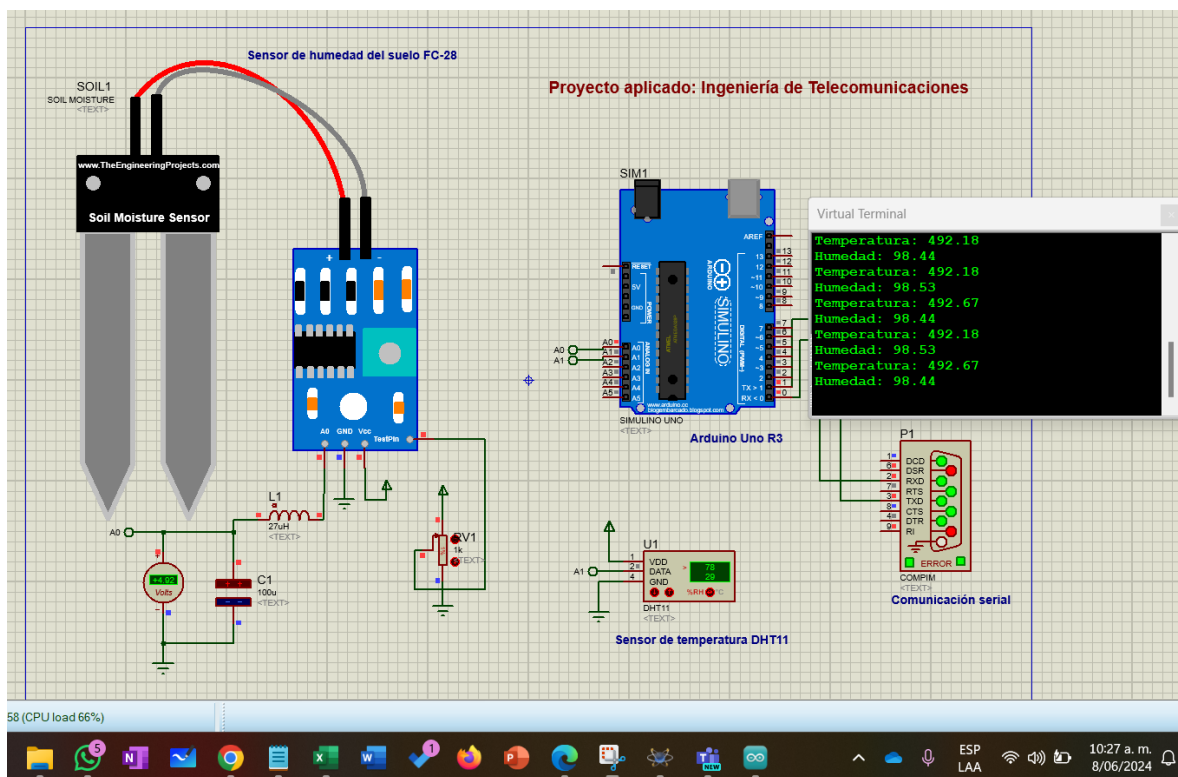


Nota. Descripción gráfica de la prueba experimental I. Elaboración propia.

En la Figura 23 se puede observar que los datos de las variables comenzaron a cargar. Por ejemplo, se cambió la información de la resistencia variable para que la temperatura cambiara en °C.

Figura 23

## Prueba Experimental II

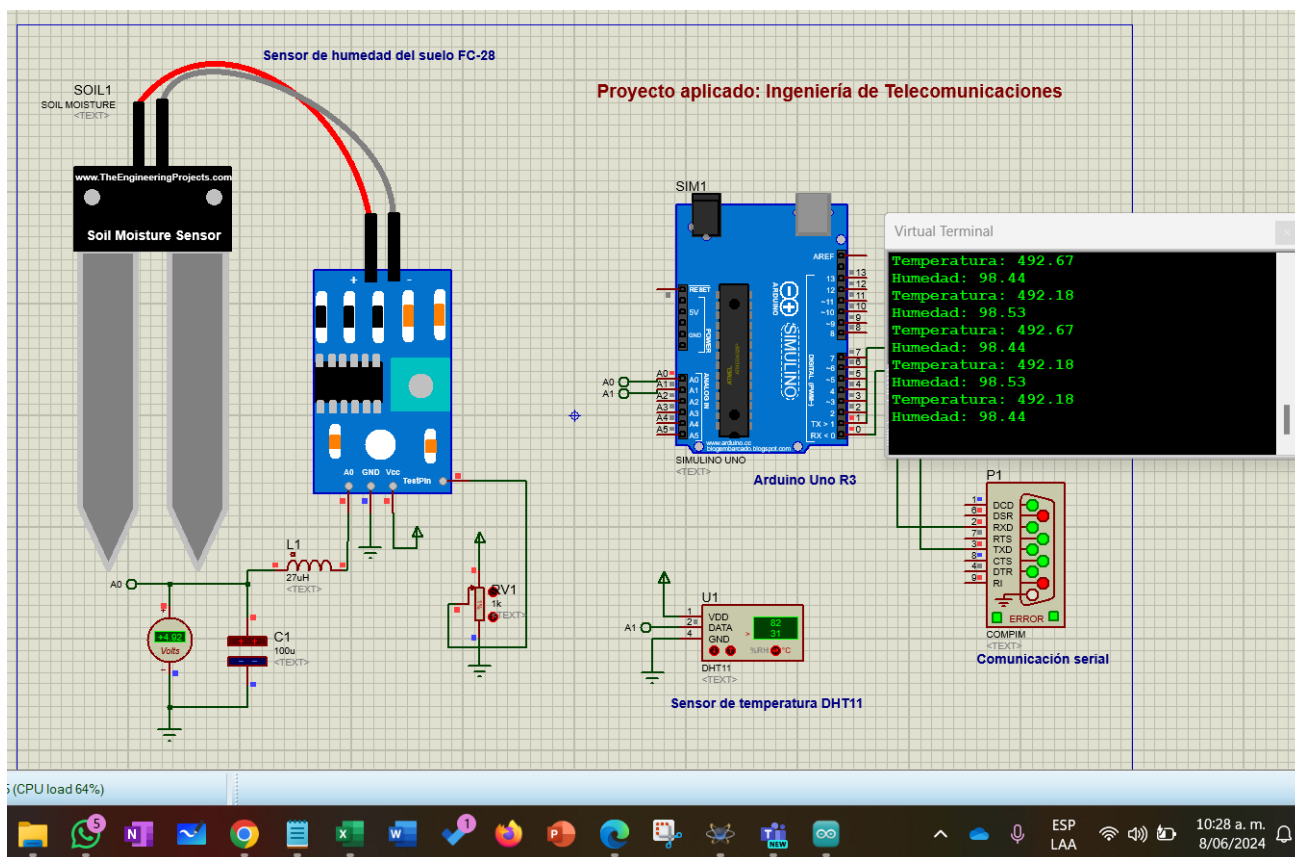


*Nota.* Descripción gráfica de la prueba experimental II. Elaboración propia.

De igual manera, se cambió la información de la resistencia variable para que la humedad del suelo cambiara en %. En la Figura 24 pueden observar los datos correspondientes:

Figura 24

## Prueba Experimental III



*Nota.* Descripción gráfica de la prueba experimental III. Elaboración propia.

## Resultados Obtenidos de la Simulación del Sistema

El diseño del prototipo simulado permitió verificar las conexiones de los sensores y dispositivos necesarios para el funcionamiento de este. Al ejecutar dicha simulación, se obtuvieron los datos enviados por los sensores directamente en la terminal virtual lo cual concluye que dicha conexión se encuentra correcta y es viable para proceder con la implementación física de este.

Cabe aclarar que, para la implementación física del circuito, se deben realizar algunas modificaciones al código de programación en Arduino IDE como, por ejemplo, anexar los datos de los canales de ThingSpeak (identificación del canal y llaves).

## Desarrollo e Implementación del Sistema

### Creación y Configuración de la Plataforma Thingspeak

Inicialmente, se creó un nuevo canal al cual se le asignó el nombre de Prototipo y se habilitaron dos campos (canales) los cuales se relacionan con las variables a monitorear, en este caso para el Campo 1 se asignó el nombre de Humedad y para el Campo 2 se asignó el nombre de Temperatura tal y como se muestra en la Figura 25.

**Figura 25**

*Creación del Canal y Activación de los Campos en Thingspeak*

**Nuevo canal**

Nombre: Prototipo

Descripción: Diseño e implementación de un prototipo de sistema de monitoreo para el análisis de

Campo 1: Humedad

Campo 2: Temperatura

Campo 3:

Campo 4:

Campo 5:

Campo 6:

**Ayuda**

Los canales almacenan todos los datos que recopila una aplicación ThingSpeak. Cada canal incluye ocho campos que pueden contener cualquier tipo de datos, además de tres campos para datos de ubicación y uno para datos de estado. Una vez que recopile datos en un canal, puede usar las aplicaciones ThingSpeak para analizarlos y visualizarlos.

**Configuración del canal**

- **Porcentaje completado:** Calculado en base a los datos ingresados en los distintos campos de un canal. Ingrese el nombre, descripción, ubicación, URL, video y etiquetas para completar su canal.
- **Nombre del canal:** ingrese un nombre único para el canal ThingSpeak.
- **Descripción:** Introduzca una descripción del canal ThingSpeak.
- **N.º de campo:** marque la casilla para habilitar el campo e ingrese un nombre de campo. Cada canal de ThingSpeak puede tener hasta 8 campos.
- **Metadatos:** ingrese información sobre los datos del canal, incluidos datos JSON, XML o CSV.
- **Etiquetas:** Introduzca palabras clave que identifiquen el canal. Separa las etiquetas con comas.

*Nota.* Activación y creación de los campos en Thingspeak. (Sign In - ThingSpeak IoT, s. f.)

En cuanto se crea el canal, el sistema automáticamente establece las API Key (claves) para la lectura y escritura de datos. Estas se ingresan en el código de programación para que el prototipo tenga comunicación directa con el canal de ThingSpeak y sea posible visualizar las

variables que se están monitoreando. A continuación, en la Figura 26 se pueden visualizar las API Key suministradas por el sistema:

## Figura 26

### Verificación de las API (Escritura y Lectura)

The screenshot shows the ThingSpeak IoT interface for a channel prototype. The header includes the ThingSpeak logo and navigation links for Channels, Applications, Devices, and Support. The main content area is titled 'Prototipo' and displays channel details: ID 2336736, author mwa000027200138, and public access. A description states it's for monitoring temperature and humidity in banana crops. The 'Claves API' tab is active, showing a form to 'Escribir clave API' with the key 'FBWIE4FS5ZRU1YLX' and a 'Generar nueva clave API de escritura' button. Below, the 'Leer claves API' section shows a key 'TWUNHUTW2IAVBSFC' and a 'Nota' field. A help section explains the difference between write and read API keys, and a 'Solicitudes de API' section is partially visible.

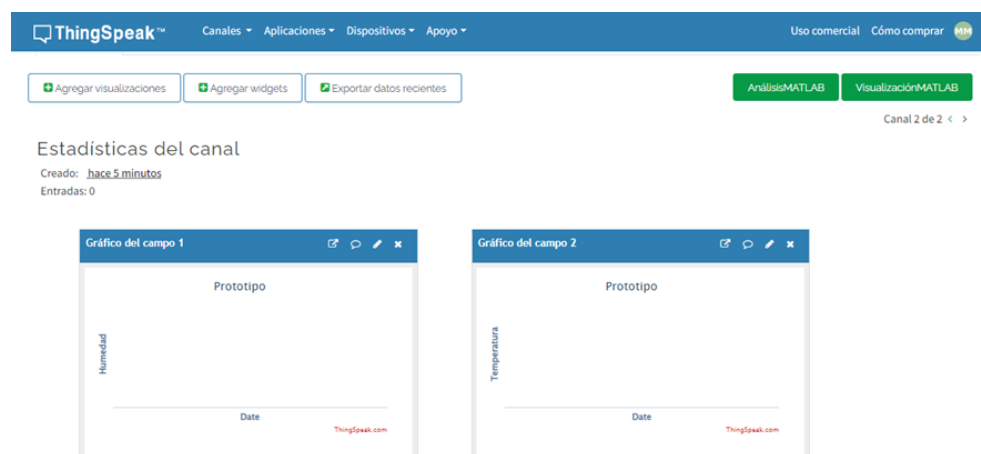
*Nota.* Pantalla de verificación de escritura y lectura. (Sign In - ThingSpeak IoT, s. f.)

Como se puede observar en la Figura 27, aparecen los dos canales creados (Humedad y Temperatura) en graficas diferentes y por el momento no muestran datos debido a que aún no se han comenzado a monitorear las variables.



## Figura 27

### Configuración del Panel de Visualización de las Variables



*Nota.* Panel donde es posible observar las estadísticas del panel de visualización de las variables.

Elaboración propia.

## Implementación Física del Prototipo

Aunque la empresa Banafrut estuvo de acuerdo con dar el permiso para realizar las mediciones, este fue limitado a una sola zona ya que en el momento hay una enfermedad que requiere de muchos cuidados dentro de la empresa lo que implica restringir el ingreso de personal externo. En cuanto a la experiencia de la implementación física en el cultivo, las personas que realizaron el acompañamiento en zona fueron el operario de planta capacitado en la medición del nivel freático, la persona de bioseguridad en la planta, el jefe inmediato y el estudiante Fárlex Álvarez Luna. Inicialmente se realizó el desplazamiento al lugar asignado donde se encuentra instalado uno de los pozos en el cual se mide actualmente el nivel freático para poder visualizar como se realiza el proceso manualmente. Posteriormente, el estudiante Fárlex Álvarez Luna procedió con la implementación física del prototipo mediante el cual fue

posible mostrarle al personal que se encontraba en sitio como se pueden obtener los datos de la humedad del suelo y temperatura ambiente de manera automatizada sin necesidad de desplazarse hasta el sitio. En caso de ser un prototipo llamativo para la empresa, este se puede utilizar para implementar un sistema de riego automatizado ya que permite conocer en tiempo real el estado de la humedad del suelo y temperatura ambiente activando automáticamente el sistema de riego.

Se implementó el circuito físico directamente en una planta de banano la cual está ubicada en la finca la Guabina perteneciente a la empresa Banafрут. En la Figura 28 se pueden evidenciar los componentes utilizados para cumplir con el objetivo de este proyecto:

### Figura 28

#### *Implementación Física del Circuito en Cultivo de Banano*



*Nota.* Instalación del circuito. Elaboración propia.

Adicionalmente, en la Figura 29 se evidencia que el circuito sí se encuentra ubicado dentro de un cultivo de banano.

### **Figura 29**

#### *Demostración de Implementación en Cultivo de Banano*



*Nota.* Implementación del circuito en campo para los registros. Elaboración propia.

Finalmente, en la Figura 30 se puede evidenciar el correcto funcionamiento del circuito implementado.

### **Figura 30**

#### *Prueba de Funcionamiento del Circuito Físico*



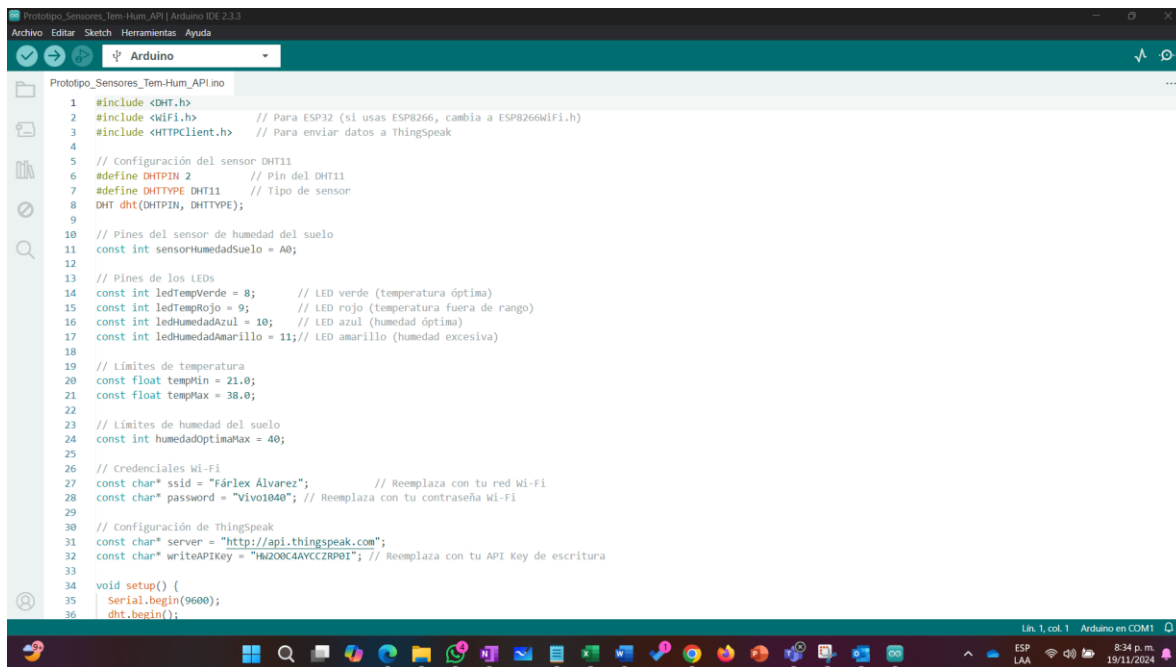
*Nota.* Prueba de implementación en plantaciones de banano. Elaboración propia.

### **Código de Programación**

En la Figura 31 se puede observar el código de programación diseñado y ejecutado en Arduino IDE mediante el cual será posible leer las variables mediante la placa Arduino en ThingSpeak. Dicho código se puede encontrar completo en el apéndice B.

**Figura 31**

*Código de Programación en Arduino IDE Para la Comunicación con Thingspeak*



```

1 #include <DHT.h>
2 #include <WiFi.h> // Para ESP32 (si usas ESP8266, cambia a ESP8266WiFi.h)
3 #include <HTTPClient.h> // Para enviar datos a ThingsSpeak
4
5 // Configuración del sensor DHT11
6 #define DHTPIN 2 // Pin del DHT11
7 #define DHTTYPE DHT11 // Tipo de sensor
8 DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);
9
10 // Pines del sensor de humedad del suelo
11 const int sensorHumedadSuelo = A0;
12
13 // Pines de los LEDs
14 const int ledTempVerde = 8; // LED verde (temperatura óptima)
15 const int ledTempRojo = 9; // LED rojo (temperatura fuera de rango)
16 const int ledHumedadAzul = 10; // LED azul (humedad óptima)
17 const int ledHumedadAmarillo = 11; // LED amarillo (humedad excesiva)
18
19 // Límites de temperatura
20 const float tempMin = 21.0;
21 const float tempMax = 38.0;
22
23 // Límites de humedad del suelo
24 const int humedadOptimaMax = 40;
25
26 // Credenciales Wi-Fi
27 const char* ssid = "Fárlax Álvarez"; // Reemplaza con tu red Wi-Fi
28 const char* password = "Vivo1040"; // Reemplaza con tu contraseña Wi-Fi
29
30 // Configuración de ThingsSpeak
31 const char* server = "http://api.thingspeak.com";
32 const char* writeAPIKey = "H200C4AYCCZRP0T"; // Reemplaza con tu API Key de escritura
33
34 void setup() {
35   Serial.begin(9600);
36   dht.begin();

```

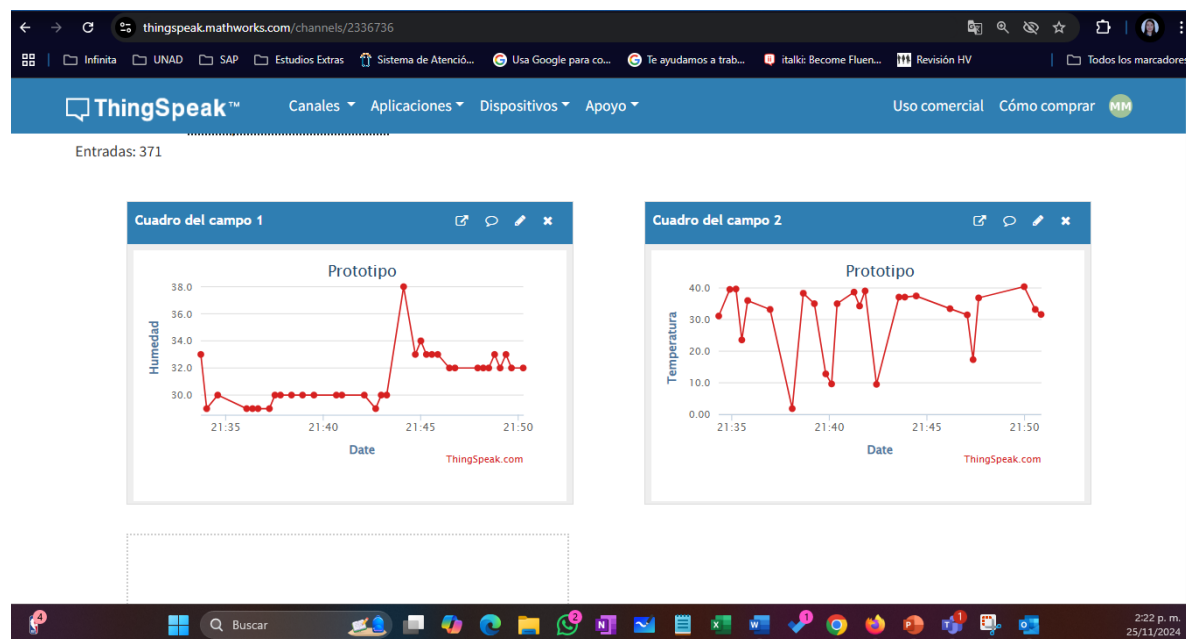
*Nota.* Lenguaje de programación empleado para la comunicación con Thingspeak. Elaboración propia.

## **Prueba de Funcionamiento Entre el Sistema de Adquisición y el Subsistema de Transmisión**

En la Figura 32 se pueden observar los datos de las variables (humedad y temperatura) directamente en la nube ThingSpeak. Estos datos se obtuvieron agregando agua a la tierra para que fuera posible visualizar la información de la humedad y para la temperatura, se utilizó un encendedor para que los datos cambiaran en el sistema y fuera posible demostrar el funcionamiento de este prototipo.

## Figura 32

### Visualización de Datos en la Nube Thingspeak



*Nota.* Datos visualizados en la plataforma Thinspeak. Elaboración propia.

En el siguiente enlace, se puede evidenciar el video explicativo realizado por el estudiante Fárlex Álvarez Luna en el cual se muestra una parte de la operación en la finca la Guabina y adicionalmente, se explica cómo se realiza en la actualidad la medición de la humedad del suelo de manera manual.

Fayerr Stude. (2024, 20 noviembre). Presentación del prototipo - Temperatura y humedad [Vídeo]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=SFZvS0KQ600>

## Resultados Obtenidos de la Implementación Física

A continuación, se detalla el proceso de pruebas realizadas tanto manualmente como físicamente. El proceso manual, lo realiza semanalmente un operario de planta que está

capacitado para registrar los datos respecto a la humedad del suelo. Para ambos procesos, se obtuvieron 2 tablas donde está registrada la información correspondiente y como dato adicional, el prototipo implementado permite obtener los grados centígrados de la temperatura ambiente. También, se realizó una tabla donde se puede observar la precisión de los datos obtenidos físicamente comparado con los datos manuales.

Se realizaron las mediciones de la humedad del suelo manualmente mediante el método que realizan actualmente en la empresa Banafrut, el cual consta de un tubo que esta incrustado en la tierra que permite medir el nivel freático que corresponde a la profundidad a la que se encuentra el agua subterránea en relación con la superficie del suelo. Cada vez que se requiere medir dicha humedad, se ingresa un flexómetro dentro del tubo hasta los 3 metros de profundidad y finalmente al retirar dicho flexómetro, este señala a que profundidad se encuentra la humedad. En la Figura 33 se puede visualizar el proceso de medición manual realizado.

**Figura 33***Proceso de Medición Manual de la Humedad del Suelo*

*Nota.* Medición manual en cultivo de banano. Archivo fotográfico personal.

Este proceso de medición manual se realizó durante 1 hora en dicho cultivo solamente respecto a la humedad en el suelo ya que en la actualidad la empresa Banafrut no tiene ningún dispositivo que mida la temperatura ambiente y tampoco llevan un registro de este. Para la temperatura ambiente utilizan el celular y verifican en Internet a que temperatura está el sector. Como resultado de las mediciones manuales, se obtuvieron los resultados que se encuentran en la Figura 34 la cual corresponde a la tabla que se anexo como apéndice C.



**Figura 34***Información Recolectada Manualmente Respecto a la Humedad del Suelo*

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1		created_at	entry_id	field1											
2	2024-25-11T00:56:55+00:00	1	2,800.000												
3	2024-25-11T00:57:12+00:00	2	2,800.000												
4	2024-25-11T00:57:29+00:00	3	2,600.000												
5	2024-25-11T00:57:46+00:00	4	2,700.000												
6	2024-25-11T00:58:03+00:00	5	2,700.000												
7	2024-25-11T00:58:19+00:00	6	2,600.000												
8	2024-25-11T00:58:36+00:00	7	2,600.000												
9	2024-25-11T00:58:53+00:00	8	2,600.000												
10	2024-25-11T00:59:10+00:00	9	2,600.000												
11	2024-25-11T00:59:27+00:00	10	2,600.000												
12	2024-25-11T00:59:44+00:00	11	2,600.000												
13	2024-25-11T01:00:00+00:00	12	2,600.000												
14	2024-25-11T01:00:17+00:00	13	2,600.000												
15	2024-25-11T01:00:34+00:00	14	2,700.000												
16	2024-25-11T01:00:51+00:00	15	2,700.000												
17	2024-25-11T01:01:08+00:00	16	2,700.000												
18	2024-25-11T01:01:25+00:00	17	2,600.000												
19	2024-25-11T01:01:41+00:00	18	2,600.000												
20	2024-25-11T01:01:58+00:00	19	2,600.000												
21	2024-25-11T01:02:15+00:00	20	2,600.000												
22	2024-25-11T01:02:42+00:00	21	2,600.000												
23	2024-25-11T01:02:59+00:00	22	2,700.000												
24	2024-25-11T01:03:16+00:00	23	2,600.000												
25	2024-25-11T01:03:32+00:00	24	2,700.000												

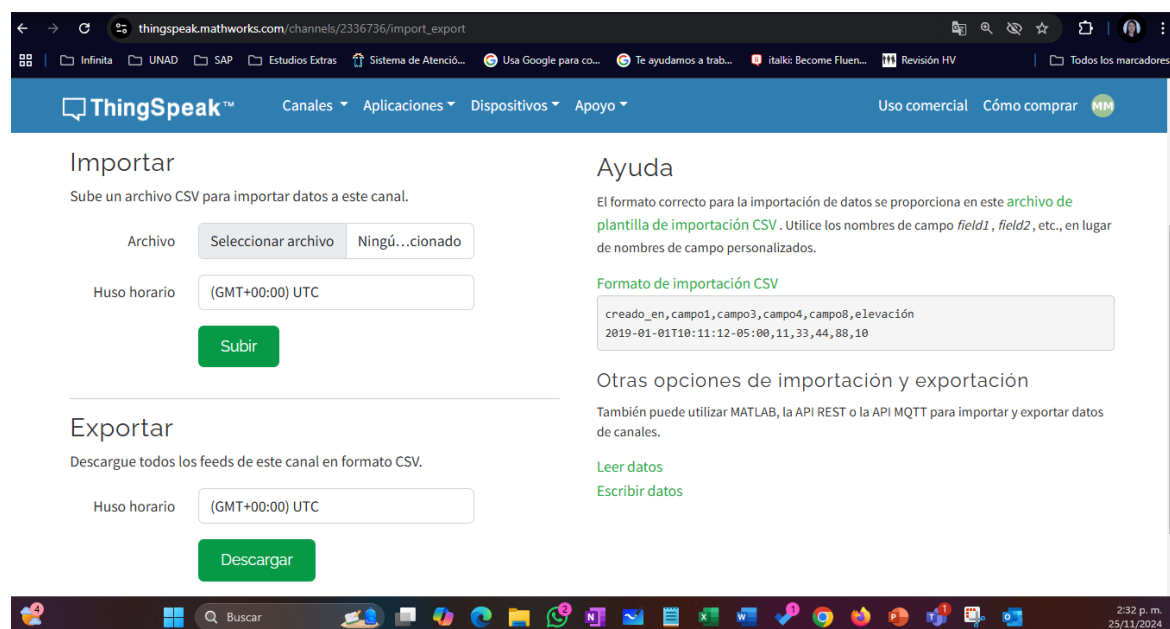
*Nota.* Resultado de la implementación física. Elaboración propia.

Como resultado de la implementación física, se dio solución al objetivo general de este proyecto que es implementar un prototipo de sistema de monitoreo para el análisis de la temperatura y humedad del suelo en el cultivo de banano en la empresa Banafrut. Dicha implementación permitió demostrar el funcionamiento del circuito implementado físicamente en campo y la visualización de los datos de las variables directamente en la nube Thingspeak.

Adicionalmente, la herramienta Thingspeak permite exportar todos los datos del canal en formato CSV lo cual es de vital importancia especialmente para los ingenieros agrónomos de la empresa Banafrut. Dicha información se puede exportar tal y como se muestra en la Figura 35.

## Figura 35

### Exporte de Información desde Thingspeak



*Nota.* Información exportada desde Thingspeak. Elaboración propia.

En la Figura 36 se puede observar la información exportada desde Thingspeak en la cual se encuentran los siguientes datos: fecha de creación, datos del campo 1 y campo 2, latitud, longitud y estado de elevación. Como se indicó anteriormente, estos datos son de vital importancia para los ingenieros agrónomos de la empresa Banafрут. Dicha información, se encuentra completa en el apéndice D.

**Figura 36***Información Exportada desde Thingspeak*

created_at	entry_id	field1	field2	latitude	longtude	elevation	status
2024-25-11T00:56:55+00:00	1	2.800.000	0.00000				
2024-25-11T00:57:12+00:00	2	2.800.000	2.795.410				
2024-25-11T00:57:29+00:00	3	2.600.000	3.906.250				
2024-25-11T00:57:46+00:00	4	2.700.000	3.710.938				
2024-25-11T00:58:03+00:00	5	2.700.000	3.332.500				
2024-25-11T00:58:19+00:00	6	2.600.000	195.312				
2024-25-11T00:58:36+00:00	7	2.600.000	3.320.313				
2024-25-11T00:58:53+00:00	8	2.600.000	3.796.387				
2024-25-11T00:59:10+00:00	9	2.600.000	3.540.039				
2024-25-11T00:59:27+00:00	10	2.600.000	4.089.355				
2024-25-11T00:59:44+00:00	11	2.600.000	3.747.559				
2024-25-11T01:00:00+00:00	12	2.600.000	1.757.813				
2024-25-11T01:00:17+00:00	13	2.600.000	3.894.043				
2024-25-11T01:00:34+00:00	14	2.700.000	3.381.348				
2024-25-11T01:00:51+00:00	15	2.800.000	3.796.387				
2024-25-11T01:01:08+00:00	16	2.800.000	3.125.000				
2024-25-11T01:01:25+00:00	17	2.600.000	927.734				
2024-25-11T01:01:41+00:00	18	2.700.000	3.747.559				
2024-25-11T01:01:58+00:00	19	2.700.000	3.979.492				
2024-25-11T01:02:15+00:00	20	2.600.000	3.295.898				
2024-25-11T01:02:42+00:00	21	2.600.000	3.430.176				
2024-25-11T01:02:59+00:00	22	2.700.000	3.637.695				
2024-25-11T01:03:16+00:00	23	2.600.000	3.344.727				
2024-25-11T01:03:32+00:00	24	2.700.000	3.320.313				
2024-25-11T01:03:49+00:00	25	2.600.000	1.184.862				
2024-25-11T01:04:06+00:00	26	2.600.000	195.312				
2024-25-11T01:04:23+00:00	27	2.600.000	3.658.054				

*Nota.* Elaboración propia. Registro de reportes elaborados en Banafрут.

Se toma registro de los reportes elaborados por la empresa de forma manual, en un determinado lapso. De igual manera, se obtienen los datos arrojados por el prototipo y al realizar la comparación entre las dos formas de medición se encuentra más precisión en el prototipo y el margen de error es mínimo como se puede visualizar en la Tabla 5.

**Tabla 5***Comparativa de Datos Relacionados*

Etiquetas de fila	Cuenta de Comparativa
Falso	54
Verdadero	317
Total general	371

*Nota.* la tabla 5 corresponde a los datos obtenidos manual y físicamente.

Como se puede evidenciar en la Tabla 5 se obtuvieron 371 registros en total de los cuales 54 no coinciden y 317 coincidieron. Por lo tanto, se considera que el margen de error es mínimo ya que la mayoría de los datos obtenidos coincidieron entre la información registrada manualmente y la obtenida directamente por los sensores en Thingspeak.

## Conclusiones

Una vez finalizado el desarrollo del proyecto, se cuenta con la información necesaria y suficiente que nos permite llegar a las siguientes conclusiones:

Este proyecto ofrece una solución adaptada a las condiciones específicas de la región del Urabá Antioqueño, donde la variabilidad climática tiene un impacto significativo en la producción agrícola. La implementación de tecnologías de monitoreo en empresas como Banafrut posiciona al sector bananero en un camino hacia la innovación tecnológica y la sostenibilidad.

El desarrollo y aplicación del prototipo de sistema de monitoreo permite medir con precisión la temperatura y humedad del suelo en las plantaciones de banano de la empresa Banafrut. Los resultados obtenidos evidencian la viabilidad técnica del prototipo para recopilar datos relevantes y en tiempo real, facilitando su uso como herramienta de apoyo en la toma de decisiones agrícolas.

A través del monitoreo continuo, se puede identificar las variaciones climáticas que afectan directamente las condiciones del suelo en la zona de producción. Los datos obtenidos muestran tendencias y fluctuaciones significativas en la humedad y temperatura del suelo, permitiendo correlacionarlas con factores climáticos externos como lluvias, temperaturas ambientales y cambios climáticos durante el año.

El análisis de la información recolectada posibilita analizar prácticas agrícolas más eficientes y sostenibles. Con el sistema de monitoreo, la empresa puede anticipar y mitigar los efectos de los cambios en la humedad y temperatura del suelo, mejorando así la calidad del cultivo y optimizando el uso de recursos como el agua y fertilizantes.

Estas conclusiones resumen los logros y los impactos del sistema de monitoreo en los cultivos de banano, destacando la importancia de la implementación de esta tecnología para mejorar la agricultura y la sostenibilidad en el sector.

## Recomendaciones

A continuación, se presentan algunas recomendaciones clave derivadas del proyecto de diseño e implementación del prototipo de sistema de monitoreo para el análisis de la temperatura y humedad en cultivos de banano:

Se recomienda que la empresa Banafrut continúe utilizando el prototipo de manera constante para realizar un seguimiento periódico de las condiciones del suelo. Esto permite establecer patrones climáticos y ajustar de forma proactiva las prácticas agrícolas.

Con el objetivo de obtener una información más completa, se sugiere ampliar la cobertura del sistema de monitoreo a otras zonas de plantación y diferentes fincas de la empresa. Esto contribuye a la homogeneización de prácticas en toda la producción.

Es fundamental realizar calibraciones periódicas de los sensores de temperatura y humedad para garantizar la precisión de los datos recolectados y mantener la fiabilidad del sistema de monitoreo.

Considerar la posibilidad de ampliar las funcionalidades del sistema de monitoreo, como la integración de sensores adicionales para monitorear otros parámetros relevantes para los cultivos de banano, como la luminosidad o la conductividad del suelo.

Agregar la función de alertas automatizadas que notifiquen a los agricultores sobre condiciones ambientales críticas o desviaciones significativas en la temperatura y humedad, permitiendo una respuesta inmediata ante situaciones de riesgo.

Explorar la integración del sistema de monitoreo con plataformas de gestión agrícola existentes para una administración más eficiente de los cultivos, facilitando la toma de decisiones basadas en datos en tiempo real.

Proporcionar capacitación adecuada al personal agrícola sobre el uso del sistema de monitoreo y brindar soporte técnico continuo para garantizar su correcta operación y mantenimiento.

Explorar técnicas de análisis de datos avanzadas, como el uso de algoritmos de aprendizaje automático, para identificar patrones predictivos en los datos recolectados y mejorar la eficiencia en la gestión de los cultivos.

Realizar un seguimiento continuo de los resultados obtenidos con la implementación del sistema de monitoreo, evaluando su impacto en la productividad, calidad y sostenibilidad de los cultivos de banano.

Mantenerse al tanto de las últimas innovaciones tecnológicas en el campo del monitoreo agrícola y considerar la actualización periódica del sistema de monitoreo para aprovechar las nuevas oportunidades que surjan.

Estas recomendaciones buscan fortalecer la eficacia y utilidad del sistema de monitoreo en los cultivos de banano, promoviendo una gestión agrícola más inteligente, sostenible y orientada hacia la optimización de los procesos de cultivo y producción.



## Referencias Bibliográficas

- ¿Qué es el Cambio Climático? -. (2022, 18 enero). <https://www.minambiente.gov.co/cambio-climatico-y-gestion-del-riesgo/que-es-el-cambio-climatico/>
- ¿Qué es el Internet de las cosas (IoT)? (s. f.). Oracle Colombia.  
<https://www.oracle.com/co/internet-of-things/what-is-iot/>
- ¿Qué es el wifi? - Tipos de conexiones wifi y seguridad | Proofpoint ES. (2023, 24 diciembre). Proofpoint. <https://www.proofpoint.com/es/threat-reference/wifi>
- ¿Qué papel juegan las tecnologías agrícolas avanzadas en la agricultura sostenible? - Azada Verde. (s. f.). Azada Verde. <https://azadaverde.org/tecnologias-agricolas-avanzadas-agricultura-sostenible>
- ¿What is Fairtrade? (s. f.). Fairtrade International. <https://info.fairtrade.net/es/what>
- A. Lakshmanarao, M. N. Kumar, K. S. V. Ratnakar and Y. Satwika, "Crop Yield Prediction using Regression Models in Machine Learning," 2023 2nd International Conference on Applied Artificial Intelligence and Computing (ICAAIC), Salem, India, 2023, pp. 423-426, <https://doi-org.bibliotecavirtual.unad.edu.co/10.1109/ICAAIC56838.2023.10141462>
- A. Raj, V. Sharma, S. Rani, A. K. Shanu, A. Alkhayyat and R. D. Singh, "Modern Farming Using IoT-Enabled Sensors For The Improvement Of Crop Selection," 2023 4th International Conference on Intelligent Engineering and Management (ICIEM), London, United Kingdom, 2023, pp. 1-7, <https://doi-org.bibliotecavirtual.unad.edu.co/10.1109/ICIEM59379.2023.10167225>
- A. Zaguia, "Smart greenhouse management system with cloud-based platform and IoT sensors," Spat. Inf. Res., vol. 31, no. 5, pp. 559–571, 2023. <https://link-springer-com.bibliotecavirtual.unad.edu.co/article/10.1007/s41324-023-00523-3>

- Abbasi, R., Martínez, P. y Ahmad, R. (2022). The digitization of agricultural industry – a systematic literature review on agriculture 4.0. *Smart Agricultural Technology*, 2, 100042. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2772375522000090>
- Acerca de | FAO | Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (s. f.). AboutFAO. <https://www.fao.org/about/about-fao/es/>
- Agronegocios. (2024, 29 febrero). El sector bananero del país exportó USD\$1.000 millones y generó 300.000 empleos. AGRONEGOCIOS. <https://www.agronegocios.co/agricultura/colombia-es-potencia-bananera-con-52-000-hectareas-cultivadas-3811838>
- Agronegocios. (2024, 30 enero). Los bananeros quieren subir 5% sus exportaciones en las zonas productoras del país. AGRONEGOCIOS. <https://www.agronegocios.co/agricultura/los-bananeros-quieren-subir-5-sus-exportaciones-en-las-zonas-productoras-del-pais-3791199>
- Agudelo, J. (2023, diciembre 1). PLAN CLIMA Y PAZ 2040. CORPOURABA; Corporación para el Desarrollo Sostenible del Urabá - CORPOURABA. <https://corpouraba.gov.co/plan-clima-y-paz-2040/>
- American Association of Physics Teachers (AAPT). (2021). PSoC in the Advanced Laboratory v2. <https://advlabs.aapt.org/images/files/PSoC%20for%20the%20Advanced%20Laboratory%20v2.pdf>
- Analdex - Asociación Nacional de Comercio Exterior. (2022, 23 agosto). Un panorama sobre el comercio mundial de banano en 2021. <https://www.analdex.org/2022/08/23/un-panorama-sobre-el-comercio-mundial-de-banano-en-2021/>

- Análisis de datos | QuestionPro. (s. f.). [https://www.questionpro.com/es/analisis-de-datos.html#que\\_es\\_analisis\\_de\\_datos](https://www.questionpro.com/es/analisis-de-datos.html#que_es_analisis_de_datos)
- Animus. (s. f.). Información agroclimática para la toma de decisiones sobre el manejo agronómico del cultivo. <https://www.fontagro.org/new/noticias/375/es/informacion-agroclimatica-para-la-toma-de-decisiones-sobre-el-manejo-agronomico-del-cultivo>
- Arduino Documentation. (2004). Arduino UNO R3. <https://docs.arduino.cc/resources/datasheets/A000066-datasheet.pdf>
- Arduino Documentation. (2024). Arduino Mega 2560 rev3. <https://docs.arduino.cc/resources/datasheets/A000067-datasheet.pdf>
- Arduino Documentation. (2024b). Arduino Nano. <https://docs.arduino.cc/resources/datasheets/A000005-datasheet.pdf>
- Arias, A. S. (2024, 22 febrero). ¿Qué es la productividad? Descubre su fórmula, factores y ejemplo. Economipedia. <https://economipedia.com/definiciones/productividad.html>
- Aristizábal, L. M. (2003). Fisiología vegetal. Universidad de Caldas (Manizales). 306p.
- Cherlinka, V. (2023, 29 diciembre). Humedad del suelo: cómo medir y controlar su nivel. EOS Data Analytics. <https://eos.com/es/blog/humedad-del-suelo/>
- Cómo comprar - Licencia estándar - ThingSpeak IoT. (s. f.). [https://thingspeak.mathworks.com/prices/thingspeak\\_standard](https://thingspeak.mathworks.com/prices/thingspeak_standard)
- Components101. (2021, 16 julio). DHT11–Temperature and humidity sensor. <https://components101.com/sensors/dht11-temperature-sensor>
- D. K. Singh and R. Sobti, "Wireless Communication Technologies for Internet of Things and Precision Agriculture: A Review," 2021 6th International Conference on Signal

- Processing, Computing and Control (ISPC), Solan, India, 2021, pp. 765-769,  
<https://doi-org.bibliotecavirtual.unad.edu.co/10.1109/ISPC53510.2021.9609421>
- Daniel. (2020). Qué es ZigBee, cómo funciona y características principales. Venco Electrónica.  
<https://www.vencoel.com/que-es-zigbee-como-funciona-y-caracteristicas-principales/>
- De Ceupe, B. (2020, 19 mayo). Ceupe. Ceupe. <https://www.ceupe.com/blog/que-son-las-tecnologias-de-la-informacion.html>
- Definición de cultivo. (s. f.). Significado.com. <https://significado.com/cultivo/>
- Descubre los diferentes tipos de sensores industriales para monitoreo inalámbrico en tiempo real | Monitoreo, Telemetría, Sensores y Automatización Industrial. (s. f.). Monitoreo, Telemetría, Sensores y Automatización Industrial. <https://controltec.cl/telemetria-y-sensores>
- Dolara, N. (2024, octubre 31). *Los mejores sensores de humedad para plantas... para que sepas cómo cuidarlas de manera óptima*. Ediciones EL PAÍS S.L.  
[https://elpais.com/escaparate/2024-10-31/sensores-de-humedad-para-plantas.html?utm\\_source=chatgpt.com](https://elpais.com/escaparate/2024-10-31/sensores-de-humedad-para-plantas.html?utm_source=chatgpt.com)
- Doorenbos, J., y Kassam, A.H. 1979. Efectos del agua sobre el rendimiento de los cultivos. Organizaciones Unidas Para la Agricultura y la Alimentación (FAO). Roma. 212 p.
- El Estrés Vegetal Parte I: Estrés por Altas Temperaturas | Intagri S.C. (s. f.).  
<https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/estres-vegetal-parte-1-estres-por-altas-temperaturas>
- Electroniclab. (2024). Módulo Sensor DHT22 AM2302 Temperatura y Humedad.  
<https://electronilab.co/tienda/modulo-sensor-dht22-am2302-temperatura-y-humedad/>

ElectroStore. (2024). MÓDULO SENSOR DE HUMEDAD DE SUELO HD-38

HIGRÓMETRO ANTICORROSIVO.

<https://grupoelectrostore.com/shop/sensores/temperatura/modulo-sensor-de-humedad-de-suelo-hd-38-higrometro-anticorrosivo/>

Equipo editorial, Etecé. (2022b, julio 14). Agricultura - Concepto, tipos y fines. Concepto.

<https://concepto.de/agricultura/>

FAO (2023, 15 febrero) Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura: Colombia allana el camino de la planificación de la adaptación a la implementación local en cinco subsectores agrícolas

<https://www.fao.org/colombia/noticias/detail-events/fr/c/1632002/>

FAO (2024, 25 julio) Anexo 1 Índice de cambio climático Urabá Antioqueño. Recuperado de:

<https://www.fao.org.co/PublicacionesFAOCO/PME/Urab%D0%B0%20Antioqueno/Anexo%201.%20An%D0%B0lisis%20de%20cambio%20clim%D0%B0tico-Urab%D0%B0%20Antioqueno.pdf>

Fayerr Stude. (2024, 20 noviembre). Presentación del prototipo - Temperatura y humedad

[Vídeo]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=SFZvS0KQ600>

Fernando Monge-Freile, M., Ruth Álvarez-Sánchez, A., Rosario Batista-Casaco, A., & Santana Alvarado, W. H. (2022). Necesidades hídricas del cultivo de banano (*Musa paradisiaca*) variedad Williams. *Ciencia y Tecnología* (1390-4051), 15(2), 19–23. <https://doi-org.bibliotecavirtual.unad.edu.co/10.18779/cyt.v15i2.581>

Finagro. (2018). ficha de inteligencia banano tipo exportación.

[https://www.finagro.com.co/sites/default/files/node/basic-page/files/ficha\\_banano\\_version\\_ii.pdf](https://www.finagro.com.co/sites/default/files/node/basic-page/files/ficha_banano_version_ii.pdf)

Fischer, G. (2021). El aumento de las

inundaciones generado por el cambio climático afectará nuestros cultivos. Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín, 74(3), 9619-9620.

Fondo Mundial Para la Naturaleza- WWF. (03, Diciembre, 2021). Sostenibilidad del agua.

<https://unad-ambientalex-info.bibliotecavirtual.unad.edu.co/noticias/detalle/18071/sostenibilidad-del-agua-18071>

G. Routis and I. Roussaki, “Low Power IoT Electronics in Precision Irrigation,” Smart Agric.

Technol., vol. 5, 2023. <https://www-sciencedirect-com.bibliotecavirtual.unad.edu.co/science/article/pii/S2772375523001399?via%3Dihub>

Garcia, M. B. (2023, agosto 8). ¿En qué consiste el desarrollo sostenible? Desarrollo Sostenible.

<https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/2023/08/what-is-sustainable-development/>

Gizadmin. (s. f.). | Alianza Mesoamericana por la Biodiversidad.

[https://www.bpmesoamerica.org/wp-content/uploads/2019/12/GIZ-Medidas-para-la-produccion-sostenible-de-banano\\_low.pdf](https://www.bpmesoamerica.org/wp-content/uploads/2019/12/GIZ-Medidas-para-la-produccion-sostenible-de-banano_low.pdf)

Google maps (s.f) [Mapa de ubicación de la empresa Banafrut, en el Urabá Antioqueño]

[https://www.google.com/maps/place/CI+Banafrut/@7.8472257,-76.7043844,11z/data=!4m10!1m2!2m1!1sV%C3%ADa+Zungo+.+Embarcadero+.+Antigua+Entrada+Comunal+El+7+banafrut!3m6!1s0x8e50103358648843:0x39854e2e531ada1c!8m2!3d7.8122091!4d-76.7096791!15sCkBWw61hIFp1bmdvIC4gRW1iYXJjYWRLcm8gLiBBbnRpZ3VhIEVudHJhZGEGQ29tdW5hbCBFbCA3IGJhbmFmcnV0kgEScHJvZHVjZV93aG9sZXNhbGVy4AEA!16s%2Fg%2F11c6lhcb86!5m1!1e4?entry=ttu&g\\_ep=EgoyMDI0MTIxMS4wIKXMDSOASAFQAw%3D%3D](https://www.google.com/maps/place/CI+Banafrut/@7.8472257,-76.7043844,11z/data=!4m10!1m2!2m1!1sV%C3%ADa+Zungo+.+Embarcadero+.+Antigua+Entrada+Comunal+El+7+banafrut!3m6!1s0x8e50103358648843:0x39854e2e531ada1c!8m2!3d7.8122091!4d-76.7096791!15sCkBWw61hIFp1bmdvIC4gRW1iYXJjYWRLcm8gLiBBbnRpZ3VhIEVudHJhZGEGQ29tdW5hbCBFbCA3IGJhbmFmcnV0kgEScHJvZHVjZV93aG9sZXNhbGVy4AEA!16s%2Fg%2F11c6lhcb86!5m1!1e4?entry=ttu&g_ep=EgoyMDI0MTIxMS4wIKXMDSOASAFQAw%3D%3D). Recuperado el 5 de diciembre de 2024.

- H. Benyezza, M. Bouhedda, R. Kara, and S. Rebouh, “Smart platform based on IoT and WSN for monitoring and control of a greenhouse in the context of precision agriculture,” Internet of Things (Netherlands), vol. 23, 2023. <https://www-sciencedirect-com.bibliotecavirtual.unad.edu.co/science/article/pii/S2542660523001531?via%3Dihub>
- Hussain, N. A., & Saradha, S. (2021). Precision Agriculture using IoT Sensor Network System - A Review. Turkish Online Journal of Qualitative Inquiry, 12(7), 8366–8375. <https://research-ebSCO-com.bibliotecavirtual.unad.edu.co/c/qcagk4/viewer/pdf/kshhz7mbif>
- Icontec. (2024, 17 mayo). Certificaciones internacionales GLOBALG.A.P. | ICONTEC. [https://www.icontec.org/eval\\_conformidad/globalg-a-p/#:~:text=es%20un%20conjunto%20de%20normas,en%20todas%20partes%20del%20mundo](https://www.icontec.org/eval_conformidad/globalg-a-p/#:~:text=es%20un%20conjunto%20de%20normas,en%20todas%20partes%20del%20mundo).
- Impermeables: Caja impermeable 120x70x48. (s. f.). [https://www.didacticaselectronicas.com/index.php/component/virtuemart/view/productdetails/virtuemart\\_product\\_id/10827/virtuemart\\_category\\_id/584](https://www.didacticaselectronicas.com/index.php/component/virtuemart/view/productdetails/virtuemart_product_id/10827/virtuemart_category_id/584)
- Intagri. (2018) Requerimientos de Clima y Suelos para el Cultivo de Banano. Serie Frutales Num. 33. Artículos Técnicos del Instituto para la Innovación Tecnológica en la Agricultura. México. 3p.
- IoT Analytics - ThingSpeak Internet of Things. (s. f.). <https://thingspeak.com/>
- Leer datos del canal - MATLAB & Simulink - MathWorks España. (s. f.). <https://es.mathworks.com/help/thingspeak/read-data-from-channel.html>
- Ley de Modernización de la Inocuidad de los Alimentos | Produce Safety Alliance. (s. f.). <https://es.producesafetyalliance.cornell.edu/fsma/food-safety-modernization->

[act/#:~:text=de%20los%20Alimentos%3F-.La%20Ley%20de%20Modernizaci%C3%B3n%20de%20la%20Inocuidad%20de%20los%20Alimentos,e1%204%20de%20enero%20de](#)

Llamas, L. (2016, 19 enero). Medir la humedad del suelo con Arduino e higrómetro FC-28. Luis

Llamas. <https://www.luisllamas.es/arduino-humedad-suelo-fc-28/>

LM35 Precision Centigrade Temperature Sensors. (2017). Texas Instruments.

<https://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm35.pdf>

M. Kandan, G. S. Niharika, M. J. Lakshmi, K. Manikanta and K. Bhavith, "Implementation of Crop Yield Forecasting System based on Climatic and Agricultural Parameters," 2021 IEEE International Conference on Intelligent Systems, Smart and Green Technologies (ICISSGT), Visakhapatnam, India, 2021, pp. 207-211, <https://doi-org.bibliotecavirtual.unad.edu.co/10.1109/ICISSGT52025.2021.00051>

M. Liu, "On the Application of Internet of Things in Smart Agriculture", 2020 2nd International Conference on Artificial Intelligence and Advanced Manufacturing (AIAM) , Manchester, Reino Unido, 2020, págs. 113-116, <https://doi-org.bibliotecavirtual.unad.edu.co/10.1109/AIAM50918.2020.00028>

Martín de Santa, F. y De Juan Valero, J. A. 1993. Agronomía del Riego. Mundi – Prensa, Madrid. 732 p

Mishra, S., Nayak, S., & Yadav, R. (2023). An Energy Efficient LoRa-based Multi-Sensor IoT Network for Smart Sensor Agriculture System. 2023 IEEE Topical Conference on Wireless Sensors and Sensor Networks, WiSNeT 2023, 28–31. <https://doi.org/10.1109/WiSNeT56959.2023.10046242>



Moviltronics. (2024). Sensor Humedad de suelo YL69. <https://moviltronics.com/tienda/sensor-yl69/>

Murcia, J. (2024). Agricultura. Productores de banano.

<https://www.agronegocios.co/agricultura/los-bananeros-quieren-subir-5-sus-exportaciones-en-las-zonas-productoras-del-pais-3791199>

Naylampmechatronics. (2024). MÓDULO ESP-WROOM-32 ESP32 WIFI.

<https://naylampmechatronics.com/espressif-esp/382-modulo-esp-wroom-32-esp32-wifi.html>

Naylampmechatronics. (2024). SENSOR DE HUMEDAD DE SUELO FC-28.

<https://naylampmechatronics.com/sensores-temperatura-y-humedad/47-sensor-de-humedad-de-suelo-fc-28.html>

Nueva ISO 14001. (2024, 4 abril). Nueva ISO 14001. [https://www.nueva-iso-](https://www.nueva-iso-14001.com/pdfs/FDIS-14001.pdf)

[14001.com/pdfs/FDIS-14001.pdf](https://www.nueva-iso-14001.com/pdfs/FDIS-14001.pdf)

Olarte, V y Arenas, M. (2022). VI Informe de Evaluación del IPCC: Cambio Climático 2022.

chrome-

[extension://efaidnbmnnnibpcajpegglefindmkaj/https://repositorio.gestiondelriesgo.gov.co:8443/bitstream/handle/20.500.11762/36827/VI%20InformeEvaluacion\\_IPCC.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.gestiondelriesgo.gov.co/bitstream/handle/20.500.11762/36827/VI%20InformeEvaluacion_IPCC.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Organización de las Naciones Unidas - ONU. (27, Noviembre, 2020). El agua, un recurso que se

agota por el crecimiento de la población y el cambio climático. <https://unad-ambientalex-info.bibliotecavirtual.unad.edu.co/noticias/detalle/16675/el-agua-un-recurso-que-se-agota-por-el-crecimiento-de-la-poblacion-y-el-cambio-climatico-16675>

P. Rajak, A. Ganguly, S. Adhikary, and S. Bhattacharya, "Internet of Things and smart sensors in agriculture: Scopes and challenges," J. Agric. Food Res., vol. 14, 2023. <https://www-scopus-com.bibliotecavirtual.unad.edu.co/record/display.uri?eid=2-s2.0-85171651024&origin=resultlist&sort=plf-f&src=s&sid=7b39312b5f32d20bfec2bc4fc3d76812&sot=b&sdt=b&s=TITLE-ABS-KEY%28iot+and+agriculture%29&sl=34&sessionSearchId=7b39312b5f32d20bfec2bc4fc3d76812>

Política y normativa (2022, 24 enero). <https://www.minambiente.gov.co/cambio-climatico-y-gestion-del-riesgo/politica-y-normativa/>

Qué es el MQTT? - Explicación del protocolo MQTT - AWS. (s. f.). Amazon Web Services, Inc. <https://aws.amazon.com/es/what-is/mqtt/>

Rainforest Alliance. (2024, 3 junio). Sobre Nosotros | Rainforest Alliance | Para empresas. Rainforest Alliance | Para Empresas. <https://www.rainforest-alliance.org/es/sobre-nosotros/>

Raspberry Pi Datasheets. (2024). Raspberry Pi 4 Model B. <https://datasheets.raspberrypi.com/rpi4/raspberry-pi-4-product-brief.pdf>

Redes de sensores - TEKNIKER. (s. f.). <https://www.tekniker.es/es/redes-de-sensores#:~:text=Las%20redes%20de%20sensores%20Inal%C3%A1mbricas,presi%C3%B3n%2C%20movimiento%20o%20agentes%20contaminantes.>

Reglamento - 834/2007 - EN - EUR-LEX. (s. f.). <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/es/ALL/?uri=CELEX%3A32007R0834>

Resolución 2115 - 2007 | MinVivienda. (s. f.). <https://www.minvivienda.gov.co/normativa/resolucion-2115-2007>

- Rhoton, S. (2023, 29 septiembre). Temperatura: Qué es, Características, Cómo se mide y Escalas. Enciclopedia Significados. <https://www.significados.com/temperatura/>
- Serna, F. (2022, 8 junio). ¿Qué es la telemetría? - Cengage. Cengage. <https://latam.cengage.com/que-es-la-telemetria/>
- Sign in - ThingSpeak IoT. (s. f.). <https://thingspeak.com/channels/2336736/edit>
- Sishodia, RP, Ray, RL y Singh, SK (2020). Aplicaciones de la teledetección en agricultura de precisión: una revisión. Teledetección, 12(19), artículo 3136. <https://doi.org/10.3390/rs12193136>
- Sitrack. (s. f.). Qué es la telemetría y sus aplicaciones. [https://landing.sitrack.com/telemetria-y-sus-aplicaciones#:~:text=La%20telemetr%C3%ADa%20es%20un%20sistema,velocidad%20%20tiempo%20%20etc.\)](https://landing.sitrack.com/telemetria-y-sus-aplicaciones#:~:text=La%20telemetr%C3%ADa%20es%20un%20sistema,velocidad%20%20tiempo%20%20etc.))
- SK Swarnkar, L. Dewangan, O. Dewangan, TM Prajapati y F. Rabbi, "Monitoreo de la salud de los cultivos y gestión de nutrientes en la agricultura inteligente mediante IA", 2023, 6.<sup>a</sup> Conferencia Internacional sobre Computación e Informática Contemporáneas (IC3I) , Gautam Buddha Nagar, India, 2023, págs. 2679-2683, <https://doi-org.bibliotecavirtual.unad.edu.co/10.1109/IC3I59117.2023.10398035>
- T. Deshmukh, AS Rajawat y A. Potgantwar, "Técnica de aprendizaje automático para la selección de cultivos y predicción del cultivo de cultivos", Conferencia internacional de 2023 sobre tecnologías y aplicaciones informáticas avanzadas (ICACTA) , Mumbai, India, 2023, págs. 1-7, <https://doi-org.bibliotecavirtual.unad.edu.co/10.1109/ICACTA58201.2023.10392348>

- V. R, A. Manoj Parey, V. Rapelli, KS Chandu y T. Yaswanth Sai Kumar, "Revolucionar la gestión de cultivos: un enfoque inteligente con WSN y tecnología de IA", 2023 14<sup>a</sup> Conferencia Internacional sobre Tecnologías de Redes y Comunicaciones Informáticas (ICCCNT), Delhi, India, 2023, págs. 1-4, <https://doi-org.bibliotecavirtual.unad.edu.co/10.1109/ICCCNT56998.2023.10306375>
- W. Liu, "Smart sensors, sensing mechanisms and platforms of sustainable smart agriculture realized through the big data analysis," Cluster Comput., vol. 26, no. 5, pp. 2503–2517, 2023. <https://link-springer-com.bibliotecavirtual.unad.edu.co/article/10.1007/s10586-021-03295-3>
- Yuridia, & Yuridia. (2023). Sensores. SDI. <https://sdindustrial.com.mx/blog/sensores/>

## Apéndices

### Apéndice A

#### *Autorización de Ingreso y Tratamiento de datos Empresa Banafrut*

18 de Noviembre de 2024

Señor  
**Federico Martínez**  
Director Administrativo

**Asunto:** Solicitud de autorización para proyecto académico aplicado.

Nos dirigimos a usted en calidad de estudiantes de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD) con el propósito de solicitar su amable autorización para acceder a las instalaciones de la Agrícola Mayorca, en la Finca Guabina. Actualmente, estamos desarrollando un prototipo de sistema de monitoreo de temperatura y humedad del suelo en los cultivos de banano como parte de nuestro proyecto académico aplicado.

Para poder llevar a cabo este proyecto con la mayor precisión y rigor, es fundamental que podamos realizar pruebas y recolectar datos directamente en un entorno real, como el que ofrece su empresa. Por lo tanto, solicitamos su autorización para ingresar a sus instalaciones y utilizar el equipo y recursos disponibles para el avance de nuestro prototipo.

Además, deseamos solicitar su consentimiento para que la información recolectada durante este proceso, así como los resultados de nuestro proyecto, puedan ser publicados en el repositorio institucional de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia. Consideramos que esta publicación contribuirá significativamente al desarrollo académico y a la innovación en el campo del monitoreo agrícola.

Quedamos a su disposición para cualquier consulta adicional o aclaración que pueda necesitar. Agradecemos de antemano su atención y esperamos contar con su colaboración.

Atentamente,



Maribel Muñoz Tobón  
CC: 1152704604  
Estudiante Ingeniería en Telecomunicaciones  
[mmunozto@unadvirtual.edu.co](mailto:mmunozto@unadvirtual.edu.co)  
Tel: 321 7269632



Fárlex Álvarez Luna  
CC: 1040366992  
Trabajador Finca Guabina  
Estudiante Ingeniería en Telecomunicaciones  
[falvarezlu@unadvirtual.edu.co](mailto:falvarezlu@unadvirtual.edu.co)  
Tel: 3167114935

OF/   
19/11/24

## Apéndice B

### *Código de Programación Arduino*

```

#include <WiFi.h>
#include <ThingSpeak.h>

#define ADC_VREF_mV 5000.0 // en millivolt
#define ADC_RESOLUTION 4096.0
#define PIN_LM35 35

// Definir los parámetros de tu red WiFi
const char* ssid = "PROTECTED";
const char* password = "##F4m1L14_1150*";

// Definir las claves de API de ThingSpeak
const char* write_api_key = "FBWIE4FS5ZRU1YLX";
const char* read_api_key = "TWUNHUTW2IAVBSFC";

// Definir el ID del canal de ThingSpeak y el número de campo que deseas leer
unsigned long channel_id = 2336736;
unsigned int soil_moisture_field = 1; // Agregado: campo de humedad en el suelo

// Definir el pin del sensor de humedad en el suelo
const int SOIL_MOISTURE_PIN = 34; // Agregado: pin del sensor de humedad en el suelo

WiFiClient client;

void setup() {
  Serial.begin(9600);

  // Conectar a tu red WiFi
  WiFi.begin(ssid, password);
  while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
    delay(1000);
    Serial.println("Conectando a la red WiFi...");
    // Inicializar la conexión con ThingSpeak
  }

  Serial.println("Conectado a la red WiFi");

  // Inicializar la conexión con ThingSpeak
  ThingSpeak.begin(client);

```

```

// Configurar el pin del sensor de humedad en el suelo y temperatura como entrada
pinMode(SOIL_MOISTURE_PIN, INPUT);
pinMode(PIN_DHT11, INPUT);
}

void loop() {

// Leer el valor del sensor de humedad en el suelo
int soil_moisture = analogRead(SOIL_MOISTURE_PIN);

// Convertir el valor leído a porcentaje de humedad en el suelo (0-100%)
float soil_moisture_percent = map(soil_moisture, 4095, 0, 0, 100);

// obtener el valor ADC del sensor de temperatura
int adcVal = analogRead(PIN_DHT11);
//convertir el valor ADC de voltage en milivoltios
float milliVolt = adcVal * (ADC_VREF_mV / ADC_RESOLUTION);
// convertir el voltaje a la temperatura en Celsius
float tempC = milliVolt / 10;
// Imprimir el valor leído por el monitor serial
Serial.print("Humedad en el suelo: ");
Serial.print(soil_moisture_percent);
Serial.println("%");
// Actualizar el campo 2 del canal de ThingSpeak con el valor leído del sensor de temperatura
if (tempC != 0){
Serial.print("tempC: ");
Serial.print(tempC);
Serial.println("°C");
ThingSpeak.writeField(channel_id, 2, tempC, write_api_key);
}
// Actualizar el campo 1 del canal de ThingSpeak con el valor leído del sensor de humedad
ThingSpeak.writeField(channel_id, soil_moisture_field, soil_moisture_percent, write_api_key);

// Esperar 5 segundos antes de realizar la siguiente lectura
delay(5000);
}

```

## Apéndice C

### *Datos Obtenidos Manualmente de la Humedad del Suelo*

<b>created_at</b>	<b>entry_id</b>	<b>field1</b>
2024-25-11T00:56:55+00:00	1	2.800.000
2024-25-11T00:57:12+00:00	2	2.800.000
2024-25-11T00:57:29+00:00	3	2.600.000
2024-25-11T00:57:46+00:00	4	2.700.000
2024-25-11T00:58:03+00:00	5	2.700.000
2024-25-11T00:58:19+00:00	6	2.600.000
2024-25-11T00:58:36+00:00	7	2.600.000
2024-25-11T00:58:53+00:00	8	2.600.000
2024-25-11T00:59:10+00:00	9	2.600.000
2024-25-11T00:59:27+00:00	10	2.600.000
2024-25-11T00:59:44+00:00	11	2.600.000
2024-25-11T01:00:00+00:00	12	2.600.000
2024-25-11T01:00:17+00:00	13	2.600.000
2024-25-11T01:00:34+00:00	14	2.700.000
2024-25-11T01:00:51+00:00	15	2.700.000
2024-25-11T01:01:08+00:00	16	2.700.000
2024-25-11T01:01:25+00:00	17	2.600.000
2024-25-11T01:01:41+00:00	18	2.600.000
2024-25-11T01:01:58+00:00	19	2.600.000
2024-25-11T01:02:15+00:00	20	2.600.000
2024-25-11T01:02:42+00:00	21	2.600.000
2024-25-11T01:02:59+00:00	22	2.700.000
2024-25-11T01:03:16+00:00	23	2.600.000
2024-25-11T01:03:32+00:00	24	2.700.000
2024-25-11T01:03:49+00:00	25	2.600.000
2024-25-11T01:04:06+00:00	26	2.600.000
2024-25-11T01:04:23+00:00	27	2.600.000
2024-25-11T01:04:39+00:00	28	2.600.000
2024-25-11T01:04:56+00:00	29	2.600.000
2024-25-11T01:05:13+00:00	30	2.600.000
2024-25-11T01:05:29+00:00	31	2.600.000
2024-25-11T01:05:46+00:00	32	2.600.000
2024-25-11T01:06:03+00:00	33	2.600.000
2024-25-11T01:06:20+00:00	34	2.600.000
2024-25-11T01:06:37+00:00	35	2.600.000
2024-25-11T01:06:53+00:00	36	2.600.000
2024-25-11T01:07:10+00:00	37	2.600.000



2024-25-11T01:07:27+00:00	38	2.800.000
2024-25-11T01:07:44+00:00	39	2.800.000
2024-25-11T01:08:01+00:00	40	2.800.000
2024-25-11T01:08:17+00:00	41	2.800.000
2024-25-11T01:08:34+00:00	42	2.800.000
2024-25-11T01:08:51+00:00	43	2.700.000
2024-25-11T01:09:08+00:00	44	2.900.000
2024-25-11T01:09:25+00:00	45	2.800.000
2024-25-11T01:09:42+00:00	46	2.800.000
2024-25-11T01:09:58+00:00	47	2.800.000
2024-25-11T01:10:15+00:00	48	2.800.000
2024-25-11T01:10:32+00:00	49	2.800.000
2024-25-11T01:10:49+00:00	50	2.900.000
2024-25-11T01:11:06+00:00	51	2.800.000
2024-25-11T01:11:22+00:00	52	2.800.000
2024-25-11T01:11:39+00:00	53	2.800.000
2024-25-11T01:11:56+00:00	54	2.800.000
2024-25-11T01:12:13+00:00	55	2.900.000
2024-25-11T01:12:30+00:00	56	2.800.000
2024-25-11T01:12:47+00:00	57	2.900.000
2024-25-11T01:13:04+00:00	58	2.800.000
2024-25-11T01:13:21+00:00	59	3.600.000
2024-25-11T01:13:37+00:00	60	3.100.000
2024-25-11T01:13:54+00:00	61	2.800.000
2024-25-11T01:14:14+00:00	62	2.300.000
2024-25-11T01:14:31+00:00	63	2.200.000
2024-25-11T01:14:50+00:00	64	2.100.000
2024-25-11T01:15:07+00:00	65	2.000.000
2024-25-11T01:15:24+00:00	66	2.100.000
2024-25-11T01:15:41+00:00	67	2.100.000
2024-25-11T01:15:58+00:00	68	2.100.000
2024-25-11T01:16:15+00:00	69	2.100.000
2024-25-11T01:16:32+00:00	70	2.200.000
2024-25-11T01:16:48+00:00	71	2.300.000
2024-25-11T01:17:05+00:00	72	2.300.000
2024-25-11T01:17:22+00:00	73	2.600.000
2024-25-11T01:17:39+00:00	74	2.600.000
2024-25-11T01:17:56+00:00	75	2.600.000
2024-25-11T01:18:13+00:00	76	2.600.000
2024-25-11T01:18:30+00:00	77	2.700.000
2024-25-11T01:18:46+00:00	78	2.700.000
2024-25-11T01:24:47+00:00	79	2.600.000
2024-25-11T01:25:04+00:00	80	2.600.000

2024-25-11T01:25:20+00:00	81	2.600.000
2024-25-11T01:25:45+00:00	82	2.800.000
2024-25-11T01:26:01+00:00	83	2.800.000
2024-25-11T01:26:20+00:00	84	2.600.000
2024-25-11T01:26:38+00:00	85	2.700.000
2024-25-11T01:26:57+00:00	86	2.700.000
2024-25-11T01:27:16+00:00	87	2.600.000
2024-25-11T01:27:34+00:00	88	2.600.000
2024-25-11T01:27:53+00:00	89	2.600.000
2024-25-11T01:28:11+00:00	90	2.600.000
2024-25-11T01:28:30+00:00	91	2.600.000
2024-25-11T01:28:48+00:00	92	2.600.000
2024-25-11T01:29:07+00:00	93	2.600.000
2024-25-11T01:29:25+00:00	94	2.600.000
2024-25-11T01:29:44+00:00	95	2.700.000
2024-25-11T01:30:02+00:00	96	2.700.000
2024-25-11T01:30:21+00:00	97	2.700.000
2024-25-11T01:30:40+00:00	98	2.600.000
2024-25-11T01:30:58+00:00	99	2.600.000
2024-25-11T01:31:17+00:00	100	2.600.000
2024-25-11T01:31:36+00:00	101	2.600.000
2024-25-11T01:31:51+00:00	102	2.600.000
2024-25-11T01:32:09+00:00	103	2.700.000
2024-25-11T01:32:28+00:00	104	2.600.000
2024-25-11T01:32:46+00:00	105	2.700.000
2024-25-11T01:33:05+00:00	106	2.600.000
2024-25-11T01:33:23+00:00	107	2.600.000
2024-25-11T01:33:42+00:00	108	2.600.000
2024-25-11T01:34:01+00:00	109	2.600.000
2024-25-11T01:34:19+00:00	110	2.600.000
2024-25-11T01:34:38+00:00	111	2.600.000
2024-25-11T01:34:56+00:00	112	2.600.000
2024-25-11T01:35:15+00:00	113	2.600.000
2024-25-11T01:35:34+00:00	114	2.600.000
2024-25-11T01:35:52+00:00	115	2.600.000
2024-25-11T01:36:11+00:00	116	2.600.000
2024-25-11T01:36:29+00:00	117	2.600.000
2024-25-11T01:36:48+00:00	118	2.600.000
2024-25-11T01:37:06+00:00	119	2.800.000
2024-25-11T01:37:25+00:00	120	2.800.000
2024-25-11T01:37:43+00:00	121	2.800.000
2024-25-11T01:38:02+00:00	122	2.800.000
2024-25-11T01:38:20+00:00	123	2.800.000

2024-25-11T01:38:39+00:00	124	2.700.000
2024-25-11T01:38:57+00:00	125	2.900.000
2024-25-11T01:39:16+00:00	126	2.800.000
2024-25-11T01:39:34+00:00	127	2.800.000
2024-25-11T01:39:52+00:00	128	2.800.000
2024-25-11T01:40:11+00:00	129	2.800.000
2024-25-11T01:40:30+00:00	130	2.800.000
2024-25-11T01:40:48+00:00	131	2.900.000
2024-25-11T01:41:06+00:00	132	2.800.000
2024-25-11T01:41:25+00:00	133	2.800.000
2024-25-11T01:41:44+00:00	134	2.800.000
2024-25-11T01:42:02+00:00	135	2.800.000
2024-25-11T01:42:21+00:00	136	2.900.000
2024-25-11T01:42:41+00:00	137	2.800.000
2024-25-11T01:43:00+00:00	138	2.900.000
2024-25-11T01:43:22+00:00	139	2.800.000
2024-25-11T01:43:38+00:00	140	3.600.000
2024-25-11T01:43:56+00:00	141	3.100.000
2024-25-11T01:44:13+00:00	142	2.800.000
2024-25-11T01:44:31+00:00	143	2.300.000
2024-25-11T01:44:48+00:00	144	2.200.000
2024-25-11T01:45:06+00:00	145	2.100.000
2024-25-11T01:45:22+00:00	146	2.000.000
2024-25-11T01:45:39+00:00	147	2.100.000
2024-25-11T01:45:56+00:00	148	2.100.000
2024-25-11T01:46:14+00:00	149	2.100.000
2024-25-11T01:46:31+00:00	150	2.100.000
2024-25-11T01:46:58+00:00	151	2.200.000
2024-25-11T01:47:15+00:00	152	2.300.000
2024-25-11T01:47:33+00:00	153	2.300.000
2024-25-11T01:47:51+00:00	154	2.600.000
2024-25-11T01:48:08+00:00	155	2.600.000
2024-25-11T01:48:25+00:00	156	2.600.000
2024-25-11T01:48:41+00:00	157	2.600.000
2024-25-11T01:48:58+00:00	158	2.700.000
2024-25-11T01:49:16+00:00	159	2.700.000
2024-25-11T01:49:33+00:00	160	2.600.000
2024-25-11T01:49:51+00:00	161	2.600.000
2024-25-11T01:50:08+00:00	162	2.600.000
2024-25-11T01:50:25+00:00	163	2.900.000
2024-25-11T01:50:44+00:00	164	2.900.000
2024-25-11T01:51:01+00:00	165	2.900.000
2024-25-11T01:51:19+00:00	166	2.900.000

2024-25-11T01:51:36+00:00	167	2.900.000
2024-25-11T01:51:53+00:00	168	2.900.000
2024-25-11T01:52:10+00:00	169	3.000.000
2024-25-11T01:52:28+00:00	170	3.000.000
2024-25-11T01:52:45+00:00	171	3.000.000
2024-25-11T01:53:02+00:00	172	3.000.000
2024-25-11T01:53:20+00:00	173	3.000.000
2024-25-11T01:53:37+00:00	174	3.000.000
2024-25-11T01:53:53+00:00	175	3.100.000
2024-25-11T01:54:11+00:00	176	3.000.000
2024-25-11T01:54:29+00:00	177	3.000.000
2024-25-11T01:54:46+00:00	178	3.100.000
2024-25-11T01:55:04+00:00	179	3.100.000
2024-25-11T01:55:21+00:00	180	3.100.000
2024-25-11T01:55:38+00:00	181	3.100.000
2024-25-11T01:55:56+00:00	182	3.100.000
2024-25-11T01:56:13+00:00	183	3.100.000
2024-25-11T01:56:30+00:00	184	3.100.000
2024-25-11T01:56:47+00:00	185	3.100.000
2024-25-11T01:57:04+00:00	186	3.100.000
2024-25-11T01:57:22+00:00	187	3.100.000
2024-25-11T01:57:39+00:00	188	3.100.000
2024-25-11T01:57:55+00:00	189	3.100.000
2024-25-11T01:58:12+00:00	190	3.100.000
2024-25-11T01:58:29+00:00	191	3.100.000
2024-25-11T01:58:46+00:00	192	3.100.000
2024-25-11T01:59:03+00:00	193	3.100.000
2024-25-11T01:59:22+00:00	194	3.100.000
2024-25-11T01:59:40+00:00	195	3.100.000
2024-25-11T01:59:57+00:00	196	3.100.000
2024-25-11T02:00:14+00:00	197	3.100.000
2024-25-11T02:00:31+00:00	198	3.100.000
2024-25-11T02:00:48+00:00	199	3.100.000
2024-25-11T02:01:05+00:00	200	3.100.000
2024-25-11T02:01:23+00:00	201	3.100.000
2024-25-11T02:01:41+00:00	202	3.100.000
2024-25-11T02:01:59+00:00	203	3.100.000
2024-25-11T02:02:16+00:00	204	3.100.000
2024-25-11T02:02:34+00:00	205	3.100.000
2024-25-11T02:02:50+00:00	206	3.100.000
2024-25-11T02:03:09+00:00	207	3.100.000
2024-25-11T02:03:27+00:00	208	3.100.000
2024-25-11T02:03:45+00:00	209	3.100.000

2024-25-11T02:04:02+00:00	210	3.100.000
2024-25-11T02:04:19+00:00	211	3.100.000
2024-25-11T02:04:36+00:00	212	3.100.000
2024-25-11T02:04:53+00:00	213	3.100.000
2024-25-11T02:05:10+00:00	214	3.100.000
2024-25-11T02:05:27+00:00	215	4.300.000
2024-25-11T02:05:44+00:00	216	2.800.000
2024-25-11T02:06:01+00:00	217	2.800.000
2024-25-11T02:06:18+00:00	218	3.400.000
2024-25-11T02:06:35+00:00	219	3.400.000
2024-25-11T02:06:52+00:00	220	3.300.000
2024-25-11T02:07:11+00:00	221	3.400.000
2024-25-11T02:07:28+00:00	222	3.300.000
2024-25-11T02:07:44+00:00	223	3.400.000
2024-25-11T02:08:02+00:00	224	3.300.000
2024-25-11T02:08:20+00:00	225	3.300.000
2024-25-11T02:08:37+00:00	226	3.300.000
2024-25-11T02:08:55+00:00	227	3.300.000
2024-25-11T02:09:13+00:00	228	3.300.000
2024-25-11T02:09:30+00:00	229	3.300.000
2024-25-11T02:09:48+00:00	230	3.300.000
2024-25-11T02:10:05+00:00	231	3.300.000
2024-25-11T02:10:24+00:00	232	3.300.000
2024-25-11T02:10:42+00:00	233	3.300.000
2024-25-11T02:10:59+00:00	234	3.300.000
2024-25-11T02:11:18+00:00	235	3.300.000
2024-25-11T02:11:35+00:00	236	3.300.000
2024-25-11T02:11:53+00:00	237	3.400.000
2024-25-11T02:12:10+00:00	238	3.300.000
2024-25-11T02:12:28+00:00	239	3.400.000
2024-25-11T02:12:46+00:00	240	3.300.000
2024-25-11T02:13:03+00:00	241	3.300.000
2024-25-11T02:13:21+00:00	242	3.300.000
2024-25-11T02:13:39+00:00	243	3.300.000
2024-25-11T02:13:57+00:00	244	3.300.000
2024-25-11T02:14:15+00:00	245	3.300.000
2024-25-11T02:14:33+00:00	246	3.300.000
2024-25-11T02:14:50+00:00	247	3.300.000
2024-25-11T02:15:07+00:00	248	3.300.000
2024-25-11T02:15:24+00:00	249	3.300.000
2024-25-11T02:15:41+00:00	250	3.300.000
2024-25-11T02:15:59+00:00	251	3.300.000
2024-25-11T02:16:15+00:00	252	3.300.000

2024-25-11T02:16:33+00:00	253	3.300.000
2024-25-11T02:16:51+00:00	254	3.300.000
2024-25-11T02:17:08+00:00	255	3.300.000
2024-25-11T02:17:27+00:00	256	3.300.000
2024-25-11T02:17:44+00:00	257	3.300.000
2024-25-11T02:18:02+00:00	258	3.300.000
2024-25-11T02:18:20+00:00	259	3.300.000
2024-25-11T02:18:37+00:00	260	3.300.000
2024-25-11T02:18:55+00:00	261	3.300.000
2024-25-11T02:19:12+00:00	262	3.300.000
2024-25-11T02:19:29+00:00	263	3.300.000
2024-25-11T02:19:46+00:00	264	3.400.000
2024-25-11T02:20:03+00:00	265	3.300.000
2024-25-11T02:20:20+00:00	266	3.300.000
2024-25-11T02:20:38+00:00	267	3.300.000
2024-25-11T02:20:55+00:00	268	3.300.000
2024-25-11T02:21:12+00:00	269	3.300.000
2024-25-11T02:21:29+00:00	270	3.300.000
2024-25-11T02:21:46+00:00	271	3.300.000
2024-25-11T02:22:03+00:00	272	3.300.000
2024-25-11T02:22:21+00:00	273	3.300.000
2024-25-11T02:22:40+00:00	274	3.300.000
2024-25-11T02:22:58+00:00	275	3.300.000
2024-25-11T02:23:15+00:00	276	3.300.000
2024-25-11T02:23:33+00:00	277	3.300.000
2024-25-11T02:23:51+00:00	278	3.300.000
2024-25-11T02:24:09+00:00	279	3.300.000
2024-25-11T02:24:25+00:00	280	3.300.000
2024-25-11T02:24:43+00:00	281	3.300.000
2024-25-11T02:25:01+00:00	282	3.300.000
2024-25-11T02:25:19+00:00	283	3.300.000
2024-25-11T02:25:38+00:00	284	3.300.000
2024-25-11T02:25:56+00:00	285	2.900.000
2024-25-11T02:26:13+00:00	286	2.900.000
2024-25-11T02:26:31+00:00	287	3.000.000
2024-25-11T02:26:48+00:00	288	3.000.000
2024-25-11T02:27:05+00:00	289	3.000.000
2024-25-11T02:27:23+00:00	290	3.000.000
2024-25-11T02:27:40+00:00	291	3.000.000
2024-25-11T02:27:58+00:00	292	2.900.000
2024-25-11T02:28:15+00:00	293	2.900.000
2024-25-11T02:28:32+00:00	294	2.900.000
2024-25-11T02:28:50+00:00	295	2.900.000

2024-25-11T02:29:08+00:00	296	2.900.000
2024-25-11T02:29:26+00:00	297	3.000.000
2024-25-11T02:29:43+00:00	298	3.000.000
2024-25-11T02:30:01+00:00	299	3.000.000
2024-25-11T02:30:18+00:00	300	3.000.000
2024-25-11T02:30:35+00:00	301	3.000.000
2024-25-11T02:30:52+00:00	302	3.000.000
2024-25-11T02:31:10+00:00	303	3.000.000
2024-25-11T02:31:27+00:00	304	3.000.000
2024-25-11T02:31:44+00:00	305	3.000.000
2024-25-11T02:32:00+00:00	306	3.000.000
2024-25-11T02:32:18+00:00	307	3.000.000
2024-25-11T02:32:35+00:00	308	3.000.000
2024-25-11T02:32:53+00:00	309	3.000.000
2024-25-11T02:33:10+00:00	310	3.000.000
2024-25-11T02:33:27+00:00	311	3.000.000
2024-25-11T02:33:45+00:00	312	3.000.000
2024-25-11T02:34:03+00:00	313	3.000.000
2024-25-11T02:34:20+00:00	314	3.000.000
2024-25-11T02:34:37+00:00	315	2.900.000
2024-25-11T02:34:54+00:00	316	2.900.000
2024-25-11T02:35:13+00:00	317	2.900.000
2024-25-11T02:35:31+00:00	318	2.900.000
2024-25-11T02:35:49+00:00	319	2.900.000
2024-25-11T02:36:06+00:00	320	2.900.000
2024-25-11T02:36:24+00:00	321	2.900.000
2024-25-11T02:36:41+00:00	322	2.900.000
2024-25-11T02:36:58+00:00	323	2.900.000
2024-25-11T02:37:16+00:00	324	2.900.000
2024-25-11T02:37:33+00:00	325	2.900.000
2024-25-11T02:37:50+00:00	326	2.900.000
2024-25-11T02:38:06+00:00	327	2.900.000
2024-25-11T02:38:24+00:00	328	2.900.000
2024-25-11T02:38:40+00:00	329	2.900.000
2024-25-11T02:38:58+00:00	330	2.900.000
2024-25-11T02:39:14+00:00	331	2.900.000
2024-25-11T02:39:33+00:00	332	2.900.000
2024-25-11T02:39:49+00:00	333	2.900.000
2024-25-11T02:40:07+00:00	334	2.900.000
2024-25-11T02:40:24+00:00	335	2.900.000
2024-25-11T02:40:42+00:00	336	2.900.000
2024-25-11T02:40:59+00:00	337	2.900.000
2024-25-11T02:41:16+00:00	338	2.900.000

2024-25-11T02:41:33+00:00	339	2.900.000
2024-25-11T02:41:50+00:00	340	2.900.000
2024-25-11T02:42:08+00:00	341	2.900.000
2024-25-11T02:42:25+00:00	342	2.900.000
2024-25-11T02:42:43+00:00	343	2.900.000
2024-25-11T02:43:00+00:00	344	3.000.000
2024-25-11T02:43:17+00:00	345	3.000.000
2024-25-11T02:43:34+00:00	346	3.000.000
2024-25-11T02:43:52+00:00	347	3.000.000
2024-25-11T02:44:09+00:00	348	3.800.000
2024-25-11T02:44:27+00:00	349	3.800.000
2024-25-11T02:44:45+00:00	350	3.300.000
2024-25-11T02:45:02+00:00	351	3.400.000
2024-25-11T02:45:19+00:00	352	3.300.000
2024-25-11T02:45:36+00:00	353	3.300.000
2024-25-11T02:45:54+00:00	354	3.300.000
2024-25-11T02:46:11+00:00	355	3.290.000
2024-25-11T02:46:30+00:00	356	3.200.000
2024-25-11T02:46:47+00:00	357	3.200.000
2024-25-11T02:47:04+00:00	358	3.200.000
2024-25-11T02:47:22+00:00	359	3.200.000
2024-25-11T02:47:39+00:00	360	3.200.000
2024-25-11T02:47:57+00:00	361	3.200.000
2024-25-11T02:48:14+00:00	362	3.200.000
2024-25-11T02:48:31+00:00	363	3.200.000
2024-25-11T02:48:49+00:00	364	3.300.000
2024-25-11T02:49:06+00:00	365	3.200.000
2024-25-11T02:49:24+00:00	366	3.300.000
2024-25-11T02:49:41+00:00	367	3.200.000
2024-25-11T02:49:59+00:00	368	3.200.000
2024-25-11T02:50:17+00:00	369	3.200.000
2024-25-11T02:50:33+00:00	370	3.200.000
2024-25-11T02:50:51+00:00	371	3.200.000



## Apéndice D

*Datos Exportados desde Thingspeak*

Created_At	Entry_I d	Field1	Field2	Latitud e	Longitu de	Elevatio n	Statu s
2024-25-11T00:56:55+00:00	1	2.800.00 0	0.00000				
2024-25-11T00:57:12+00:00	2	2.800.00 0	2.795.41 0				
2024-25-11T00:57:29+00:00	3	2.600.00 0	3.906.25 0				
2024-25-11T00:57:46+00:00	4	2.700.00 0	3.710.93 8				
2024-25-11T00:58:03+00:00	5	2.700.00 0	3.332.52 0				
2024-25-11T00:58:19+00:00	6	2.600.00 0	195.312				
2024-25-11T00:58:36+00:00	7	2.600.00 0	3.320.31 3				
2024-25-11T00:58:53+00:00	8	2.600.00 0	3.796.38 7				
2024-25-11T00:59:10+00:00	9	2.600.00 0	3.540.03 9				
2024-25-11T00:59:27+00:00	10	2.600.00 0	4.089.35 5				
2024-25-11T00:59:44+00:00	11	2.600.00 0	3.747.55 9				
2024-25-11T01:00:00+00:00	12	2.600.00 0	1.757.81 3				
2024-25-11T01:00:17+00:00	13	2.600.00 0	3.894.04 3				
2024-25-11T01:00:34+00:00	14	2.700.00 0	3.381.34 8				
2024-25-11T01:00:51+00:00	15	2.800.00 0	3.796.38 7				
2024-25-11T01:01:08+00:00	16	2.800.00 0	3.125.00 0				
2024-25-11T01:01:25+00:00	17	2.600.00 0	927.734				
2024-25-11T01:01:41+00:00	18	2.700.00 0	3.747.55 9				
2024-25-11T01:01:58+00:00	19	2.700.00 0	3.979.49 2				
2024-25-11T01:02:15+00:00	20	2.600.00 0	3.295.89 8				

2024-25- 11T01:02:42+00:00	21	2.600.00 0	3.430.17 6				
2024-25- 11T01:02:59+00:00	22	2.700.00 0	3.637.69 5				
2024-25- 11T01:03:16+00:00	23	2.600.00 0	3.344.72 7				
2024-25- 11T01:03:32+00:00	24	2.700.00 0	3.320.31 3				
2024-25- 11T01:03:49+00:00	25	2.600.00 0	1.184.08 2				
2024-25- 11T01:04:06+00:00	26	2.600.00 0	195.312				
2024-25- 11T01:04:23+00:00	27	2.600.00 0	3.930.66 4				
2024-25- 11T01:04:39+00:00	28	2.600.00 0	3.320.31 3				
2024-25- 11T01:04:56+00:00	29	2.600.00 0	3.210.44 9				
2024-25- 11T01:05:13+00:00	30	2.600.00 0	3.076.17 2				
2024-25- 11T01:05:29+00:00	31	2.600.00 0	3.906.25 0				
2024-25- 11T01:05:46+00:00	32	2.600.00 0	2.539.06 3				
2024-25- 11T01:06:03+00:00	33	2.600.00 0	3.479.00 4				
2024-25- 11T01:06:20+00:00	34	2.600.00 0	3.686.52 3				
2024-25- 11T01:06:37+00:00	35	2.600.00 0	3.002.93 0				
2024-25- 11T01:06:53+00:00	36	2.600.00 0	2.941.89 5				
2024-25- 11T01:07:10+00:00	37	2.600.00 0	2.795.41 0				
2024-25- 11T01:07:27+00:00	38	2.800.00 0	3.906.25 0				
2024-25- 11T01:07:44+00:00	39	2.800.00 0	3.710.93 8				
2024-25- 11T01:08:01+00:00	40	2.800.00 0	3.332.52 0				
2024-25- 11T01:08:17+00:00	41	2.800.00 0	195.312				
2024-25- 11T01:08:34+00:00	42	2.800.00 0	3.320.31 3				
2024-25- 11T01:08:51+00:00	43	2.700.00 0	3.796.38 7				

2024-25- 11T01:09:08+00:00	44	2.900.00 0	3.540.03 9				
2024-25- 11T01:09:25+00:00	45	2.800.00 0	4.089.35 5				
2024-25- 11T01:09:42+00:00	46	2.800.00 0	3.747.55 9				
2024-25- 11T01:09:58+00:00	47	2.800.00 0	1.757.81 3				
2024-25- 11T01:10:15+00:00	48	2.800.00 0	3.894.04 3				
2024-25- 11T01:10:32+00:00	49	2.800.00 0	3.381.34 8				
2024-25- 11T01:10:49+00:00	50	2.600.00 0	3.796.38 7				
2024-25- 11T01:11:06+00:00	51	2.700.00 0	3.125.00 0				
2024-25- 11T01:11:22+00:00	52	2.700.00 0	927.734				
2024-25- 11T01:11:39+00:00	53	2.800.00 0	3.747.55 9				
2024-25- 11T01:11:56+00:00	54	2.800.00 0	3.979.49 2				
2024-25- 11T01:12:13+00:00	55	2.900.00 0	3.295.89 8				
2024-25- 11T01:12:30+00:00	56	2.800.00 0	3.430.17 6				
2024-25- 11T01:12:47+00:00	57	2.800.00 0	3.637.69 5				
2024-25- 11T01:13:04+00:00	58	2.600.00 0	3.344.72 7				
2024-25- 11T01:13:21+00:00	59	2.700.00 0	3.320.31 3				
2024-25- 11T01:13:37+00:00	60	2.700.00 0	1.184.08 2				
2024-25- 11T01:13:54+00:00	61	2.800.00 0	195.312				
2024-25- 11T01:14:14+00:00	62	2.300.00 0	3.930.66 4				
2024-25- 11T01:14:31+00:00	63	2.200.00 0	3.320.31 3				
2024-25- 11T01:14:50+00:00	64	2.100.00 0	3.210.44 9				
2024-25- 11T01:15:07+00:00	65	2.000.00 0	3.076.17 2				
2024-25- 11T01:15:24+00:00	66	2.100.00 0	3.906.25 0				

2024-25- 11T01:15:41+00:00	67	2.100.00 0	2.539.06 3				
2024-25- 11T01:15:58+00:00	68	2.100.00 0	3.479.00 4				
2024-25- 11T01:16:15+00:00	69	2.100.00 0	3.686.52 3				
2024-25- 11T01:16:32+00:00	70	2.200.00 0	3.002.93 0				
2024-25- 11T01:16:48+00:00	71	2.300.00 0	2.941.89 5				
2024-25- 11T01:17:05+00:00	72	2.300.00 0	2.795.41 0				
2024-25- 11T01:17:22+00:00	73	2.600.00 0	3.906.25 0				
2024-25- 11T01:17:39+00:00	74	2.600.00 0	3.710.93 8				
2024-25- 11T01:17:56+00:00	75	2.600.00 0	3.332.52 0				
2024-25- 11T01:18:13+00:00	76	2.600.00 0	195.312				
2024-25- 11T01:18:30+00:00	77	2.700.00 0	3.320.31 3				
2024-25- 11T01:18:46+00:00	78	2.700.00 0	3.796.38 7				
2024-25- 11T01:24:47+00:00	79	2.600.00 0	3.540.03 9				
2024-25- 11T01:25:04+00:00	80	2.600.00 0	4.089.35 5				
2024-25- 11T01:25:20+00:00	81	2.100.00 0	3.747.55 9				
2024-25- 11T01:25:45+00:00	82	2.200.00 0	1.757.81 3				
2024-25- 11T01:26:01+00:00	83	2.300.00 0	3.894.04 3				
2024-25- 11T01:26:20+00:00	84	2.300.00 0	3.381.34 8				
2024-25- 11T01:26:38+00:00	85	2.600.00 0	3.796.38 7				
2024-25- 11T01:26:57+00:00	86	2.600.00 0	3.125.00 0				
2024-25- 11T01:27:16+00:00	87	2.600.00 0	927.734				
2024-25- 11T01:27:34+00:00	88	2.600.00 0	3.747.55 9				
2024-25- 11T01:27:53+00:00	89	2.600.00 0	3.979.49 2				

2024-25- 11T01:28:11+00:00	90	2.600.00 0	3.295.89 8				
2024-25- 11T01:28:30+00:00	91	2.600.00 0	3.430.17 6				
2024-25- 11T01:28:48+00:00	92	2.600.00 0	3.637.69 5				
2024-25- 11T01:29:07+00:00	93	2.600.00 0	3.344.72 7				
2024-25- 11T01:29:25+00:00	94	2.600.00 0	3.320.31 3				
2024-25- 11T01:29:44+00:00	95	2.700.00 0	1.184.08 2				
2024-25- 11T01:30:02+00:00	96	2.700.00 0	195.312				
2024-25- 11T01:30:21+00:00	97	2.700.00 0	3.930.66 4				
2024-25- 11T01:30:40+00:00	98	2.600.00 0	3.320.31 3				
2024-25- 11T01:30:58+00:00	99	2.600.00 0	3.210.44 9				
2024-25- 11T01:31:17+00:00	100	2.600.00 0	3.076.17 2				
2024-25- 11T01:31:36+00:00	101	2.600.00 0	3.906.25 0				
2024-25- 11T01:31:51+00:00	102	2.600.00 0	2.539.06 3				
2024-25- 11T01:32:09+00:00	103	2.700.00 0	3.479.00 4				
2024-25- 11T01:32:28+00:00	104	2.600.00 0	3.686.52 3				
2024-25- 11T01:32:46+00:00	105	2.700.00 0	3.002.93 0				
2024-25- 11T01:33:05+00:00	106	2.600.00 0	2.941.89 5				
2024-25- 11T01:33:23+00:00	107	2.600.00 0	2.795.41 0				
2024-25- 11T01:33:42+00:00	108	2.600.00 0	3.906.25 0				
2024-25- 11T01:34:01+00:00	109	2.600.00 0	3.710.93 8				
2024-25- 11T01:34:19+00:00	110	2.600.00 0	3.332.52 0				
2024-25- 11T01:34:38+00:00	111	2.600.00 0	195.312				
2024-25- 11T01:34:56+00:00	112	2.600.00 0	3.320.31 3				

2024-25- 11T01:35:15+00:00	113	2.600.00 0	3.796.38 7				
2024-25- 11T01:35:34+00:00	114	2.600.00 0	3.540.03 9				
2024-25- 11T01:35:52+00:00	115	2.600.00 0	4.089.35 5				
2024-25- 11T01:36:11+00:00	116	2.600.00 0	3.747.55 9				
2024-25- 11T01:36:29+00:00	117	2.700.00 0	1.757.81 3				
2024-25- 11T01:36:48+00:00	118	2.600.00 0	3.894.04 3				
2024-25- 11T01:37:06+00:00	119	2.700.00 0	3.381.34 8				
2024-25- 11T01:37:25+00:00	120	2.600.00 0	3.796.38 7				
2024-25- 11T01:37:43+00:00	121	2.600.00 0	3.125.00 0				
2024-25- 11T01:38:02+00:00	122	2.800.00 0	927.734				
2024-25- 11T01:38:20+00:00	123	2.800.00 0	3.747.55 9				
2024-25- 11T01:38:39+00:00	124	2.700.00 0	3.979.49 2				
2024-25- 11T01:38:57+00:00	125	2.900.00 0	3.295.89 8				
2024-25- 11T01:39:16+00:00	126	2.800.00 0	3.430.17 6				
2024-25- 11T01:39:34+00:00	127	2.800.00 0	3.637.69 5				
2024-25- 11T01:39:52+00:00	128	2.800.00 0	3.344.72 7				
2024-25- 11T01:40:11+00:00	129	2.800.00 0	3.320.31 3				
2024-25- 11T01:40:30+00:00	130	2.800.00 0	1.184.08 2				
2024-25- 11T01:40:48+00:00	131	2.900.00 0	195.312				
2024-25- 11T01:41:06+00:00	132	2.800.00 0	3.930.66 4				
2024-25- 11T01:41:25+00:00	133	2.800.00 0	3.320.31 3				
2024-25- 11T01:41:44+00:00	134	2.800.00 0	3.210.44 9				
2024-25- 11T01:42:02+00:00	135	2.600.00 0	3.076.17 2				

2024-25- 11T01:42:21+00:00	136	2.600.00 0	3.906.25 0				
2024-25- 11T01:42:41+00:00	137	2.700.00 0	2.539.06 3				
2024-25- 11T01:43:00+00:00	138	2.600.00 0	3.479.00 4				
2024-25- 11T01:43:22+00:00	139	2.700.00 0	3.686.52 3				
2024-25- 11T01:43:38+00:00	140	2.600.00 0	3.002.93 0				
2024-25- 11T01:43:56+00:00	141	2.600.00 0	2.941.89 5				
2024-25- 11T01:44:13+00:00	142	2.800.00 0	2.795.41 0				
2024-25- 11T01:44:31+00:00	143	2.300.00 0	3.906.25 0				
2024-25- 11T01:44:48+00:00	144	2.200.00 0	3.710.93 8				
2024-25- 11T01:45:06+00:00	145	2.100.00 0	3.332.52 0				
2024-25- 11T01:45:22+00:00	146	2.000.00 0	195.312				
2024-25- 11T01:45:39+00:00	147	2.100.00 0	3.320.31 3				
2024-25- 11T01:45:56+00:00	148	2.100.00 0	3.796.38 7				
2024-25- 11T01:46:14+00:00	149	2.100.00 0	3.540.03 9				
2024-25- 11T01:46:31+00:00	150	2.100.00 0	4.089.35 5				
2024-25- 11T01:46:58+00:00	151	2.200.00 0	3.747.55 9				
2024-25- 11T01:47:15+00:00	152	2.300.00 0	1.757.81 3				
2024-25- 11T01:47:33+00:00	153	2.300.00 0	3.894.04 3				
2024-25- 11T01:47:51+00:00	154	2.600.00 0	3.381.34 8				
2024-25- 11T01:48:08+00:00	155	2.600.00 0	3.796.38 7				
2024-25- 11T01:48:25+00:00	156	2.600.00 0	3.125.00 0				
2024-25- 11T01:48:41+00:00	157	2.600.00 0	927.734				
2024-25- 11T01:48:58+00:00	158	2.700.00 0	3.747.55 9				

2024-25- 11T01:49:16+00:00	159	2.700.00 0	3.979.49 2				
2024-25- 11T01:49:33+00:00	160	2.600.00 0	3.295.89 8				
2024-25- 11T01:49:51+00:00	161	2.600.00 0	3.430.17 6				
2024-25- 11T01:50:08+00:00	162	2.600.00 0	3.637.69 5				
2024-25- 11T01:50:25+00:00	163	2.900.00 0	3.344.72 7				
2024-25- 11T01:50:44+00:00	164	2.900.00 0	3.320.31 3				
2024-25- 11T01:51:01+00:00	165	2.900.00 0	1.184.08 2				
2024-25- 11T01:51:19+00:00	166	2.900.00 0	195.312				
2024-25- 11T01:51:36+00:00	167	2.900.00 0	3.930.66 4				
2024-25- 11T01:51:53+00:00	168	2.900.00 0	3.320.31 3				
2024-25- 11T01:52:10+00:00	169	3.000.00 0	3.210.44 9				
2024-25- 11T01:52:28+00:00	170	3.000.00 0	3.076.17 2				
2024-25- 11T01:52:45+00:00	171	3.000.00 0	3.906.25 0				
2024-25- 11T01:53:02+00:00	172	3.000.00 0	2.539.06 3				
2024-25- 11T01:53:20+00:00	173	3.000.00 0	3.479.00 4				
2024-25- 11T01:53:37+00:00	174	3.000.00 0	3.686.52 3				
2024-25- 11T01:53:53+00:00	175	3.100.00 0	3.002.93 0				
2024-25- 11T01:54:11+00:00	176	3.000.00 0	2.941.89 5				
2024-25- 11T01:54:29+00:00	177	3.000.00 0	2.795.41 0				
2024-25- 11T01:54:46+00:00	178	3.100.00 0	3.906.25 0				
2024-25- 11T01:55:04+00:00	179	3.100.00 0	3.710.93 8				
2024-25- 11T01:55:21+00:00	180	3.100.00 0	3.332.52 0				
2024-25- 11T01:55:38+00:00	181	3.100.00 0	195.312				



2024-25- 11T01:55:56+00:00	182	3.100.00 0	3.320.31 3				
2024-25- 11T01:56:13+00:00	183	3.100.00 0	3.796.38 7				
2024-25- 11T01:56:30+00:00	184	3.100.00 0	3.540.03 9				
2024-25- 11T01:56:47+00:00	185	3.100.00 0	4.089.35 5				
2024-25- 11T01:57:04+00:00	186	3.100.00 0	3.747.55 9				
2024-25- 11T01:57:22+00:00	187	3.100.00 0	1.757.81 3				
2024-25- 11T01:57:39+00:00	188	3.100.00 0	3.894.04 3				
2024-25- 11T01:57:55+00:00	189	3.100.00 0	3.381.34 8				
2024-25- 11T01:58:12+00:00	190	3.100.00 0	3.796.38 7				
2024-25- 11T01:58:29+00:00	191	3.100.00 0	3.125.00 0				
2024-25- 11T01:58:46+00:00	192	3.100.00 0	927.734				
2024-25- 11T01:59:03+00:00	193	3.100.00 0	3.747.55 9				
2024-25- 11T01:59:22+00:00	194	3.100.00 0	3.979.49 2				
2024-25- 11T01:59:40+00:00	195	3.100.00 0	3.295.89 8				
2024-25- 11T01:59:57+00:00	196	3.100.00 0	3.430.17 6				
2024-25- 11T02:00:14+00:00	197	3.100.00 0	3.637.69 5				
2024-25- 11T02:00:31+00:00	198	3.100.00 0	3.344.72 7				
2024-25- 11T02:00:48+00:00	199	3.100.00 0	3.320.31 3				
2024-25- 11T02:01:05+00:00	200	3.100.00 0	1.184.08 2				
2024-25- 11T02:01:23+00:00	201	3.100.00 0	195.312				
2024-25- 11T02:01:41+00:00	202	3.100.00 0	3.930.66 4				
2024-25- 11T02:01:59+00:00	203	3.100.00 0	3.320.31 3				
2024-25- 11T02:02:16+00:00	204	3.100.00 0	3.210.44 9				

2024-25- 11T02:02:34+00:00	205	3.000.00 0	3.076.17 2				
2024-25- 11T02:02:50+00:00	206	3.000.00 0	3.906.25 0				
2024-25- 11T02:03:09+00:00	207	3.000.00 0	2.539.06 3				
2024-25- 11T02:03:27+00:00	208	3.000.00 0	3.479.00 4				
2024-25- 11T02:03:45+00:00	209	3.000.00 0	3.686.52 3				
2024-25- 11T02:04:02+00:00	210	3.000.00 0	3.002.93 0				
2024-25- 11T02:04:19+00:00	211	3.100.00 0	2.941.89 5				
2024-25- 11T02:04:36+00:00	212	3.100.00 0	2.795.41 0				
2024-25- 11T02:04:53+00:00	213	3.100.00 0	3.906.25 0				
2024-25- 11T02:05:10+00:00	214	3.100.00 0	3.710.93 8				
2024-25- 11T02:05:27+00:00	215	4.300.00 0	3.332.52 0				
2024-25- 11T02:05:44+00:00	216	2.800.00 0	195.312				
2024-25- 11T02:06:01+00:00	217	2.800.00 0	3.320.31 3				
2024-25- 11T02:06:18+00:00	218	3.400.00 0	3.796.38 7				
2024-25- 11T02:06:35+00:00	219	3.400.00 0	3.540.03 9				
2024-25- 11T02:06:52+00:00	220	3.300.00 0	4.089.35 5				
2024-25- 11T02:07:11+00:00	221	3.400.00 0	3.747.55 9				
2024-25- 11T02:07:28+00:00	222	3.300.00 0	1.757.81 3				
2024-25- 11T02:07:44+00:00	223	3.400.00 0	3.894.04 3				
2024-25- 11T02:08:02+00:00	224	3.300.00 0	3.381.34 8				
2024-25- 11T02:08:20+00:00	225	3.300.00 0	3.796.38 7				
2024-25- 11T02:08:37+00:00	226	3.300.00 0	3.125.00 0				
2024-25- 11T02:08:55+00:00	227	3.300.00 0	927.734				

2024-25- 11T02:09:13+00:00	228	3.300.00 0	3.747.55 9				
2024-25- 11T02:09:30+00:00	229	3.300.00 0	3.979.49 2				
2024-25- 11T02:09:48+00:00	230	3.300.00 0	3.295.89 8				
2024-25- 11T02:10:05+00:00	231	3.300.00 0	3.430.17 6				
2024-25- 11T02:10:24+00:00	232	3.300.00 0	3.637.69 5				
2024-25- 11T02:10:42+00:00	233	3.300.00 0	3.344.72 7				
2024-25- 11T02:10:59+00:00	234	3.000.00 0	3.320.31 3				
2024-25- 11T02:11:18+00:00	235	3.000.00 0	1.184.08 2				
2024-25- 11T02:11:35+00:00	236	3.000.00 0	195.312				
2024-25- 11T02:11:53+00:00	237	3.000.00 0	3.930.66 4				
2024-25- 11T02:12:10+00:00	238	3.000.00 0	3.320.31 3				
2024-25- 11T02:12:28+00:00	239	3.000.00 0	3.210.44 9				
2024-25- 11T02:12:46+00:00	240	3.300.00 0	3.076.17 2				
2024-25- 11T02:13:03+00:00	241	3.300.00 0	3.906.25 0				
2024-25- 11T02:13:21+00:00	242	3.300.00 0	2.539.06 3				
2024-25- 11T02:13:39+00:00	243	3.300.00 0	3.479.00 4				
2024-25- 11T02:13:57+00:00	244	3.300.00 0	3.686.52 3				
2024-25- 11T02:14:15+00:00	245	3.300.00 0	3.002.93 0				
2024-25- 11T02:14:33+00:00	246	3.300.00 0	2.941.89 5				
2024-25- 11T02:14:50+00:00	247	3.300.00 0	2.795.41 0				
2024-25- 11T02:15:07+00:00	248	3.300.00 0	3.906.25 0				
2024-25- 11T02:15:24+00:00	249	3.300.00 0	3.710.93 8				
2024-25- 11T02:15:41+00:00	250	3.300.00 0	3.332.52 0				

2024-25- 11T02:15:59+00:00	251	3.300.00 0	195.312				
2024-25- 11T02:16:15+00:00	252	3.300.00 0	3.320.31 3				
2024-25- 11T02:16:33+00:00	253	3.300.00 0	3.796.38 7				
2024-25- 11T02:16:51+00:00	254	3.300.00 0	3.540.03 9				
2024-25- 11T02:17:08+00:00	255	3.300.00 0	4.089.35 5				
2024-25- 11T02:17:27+00:00	256	3.300.00 0	3.747.55 9				
2024-25- 11T02:17:44+00:00	257	3.300.00 0	1.757.81 3				
2024-25- 11T02:18:02+00:00	258	3.300.00 0	3.894.04 3				
2024-25- 11T02:18:20+00:00	259	3.300.00 0	3.381.34 8				
2024-25- 11T02:18:37+00:00	260	3.300.00 0	3.796.38 7				
2024-25- 11T02:18:55+00:00	261	3.300.00 0	3.125.00 0				
2024-25- 11T02:19:12+00:00	262	3.300.00 0	927.734				
2024-25- 11T02:19:29+00:00	263	3.300.00 0	3.747.55 9				
2024-25- 11T02:19:46+00:00	264	3.000.00 0	3.979.49 2				
2024-25- 11T02:20:03+00:00	265	3.000.00 0	3.295.89 8				
2024-25- 11T02:20:20+00:00	266	3.000.00 0	3.430.17 6				
2024-25- 11T02:20:38+00:00	267	3.000.00 0	3.637.69 5				
2024-25- 11T02:20:55+00:00	268	3.000.00 0	3.344.72 7				
2024-25- 11T02:21:12+00:00	269	3.000.00 0	3.320.31 3				
2024-25- 11T02:21:29+00:00	270	3.300.00 0	1.184.08 2				
2024-25- 11T02:21:46+00:00	271	3.300.00 0	195.312				
2024-25- 11T02:22:03+00:00	272	3.300.00 0	3.930.66 4				
2024-25- 11T02:22:21+00:00	273	3.300.00 0	3.320.31 3				

2024-25- 11T02:22:40+00:00	274	3.300.00 0	3.210.44 9				
2024-25- 11T02:22:58+00:00	275	3.300.00 0	3.076.17 2				
2024-25- 11T02:23:15+00:00	276	3.300.00 0	3.906.25 0				
2024-25- 11T02:23:33+00:00	277	3.300.00 0	2.539.06 3				
2024-25- 11T02:23:51+00:00	278	3.300.00 0	3.479.00 4				
2024-25- 11T02:24:09+00:00	279	3.300.00 0	3.686.52 3				
2024-25- 11T02:24:25+00:00	280	3.300.00 0	3.002.93 0				
2024-25- 11T02:24:43+00:00	281	3.300.00 0	2.941.89 5				
2024-25- 11T02:25:01+00:00	282	3.300.00 0	3.649.90 2				
2024-25- 11T02:25:19+00:00	283	3.300.00 0	2.624.51 2				
2024-25- 11T02:25:38+00:00	284	3.300.00 0	3.393.55 5				
2024-25- 11T02:25:56+00:00	285	2.900.00 0	2.795.41 0				
2024-25- 11T02:26:13+00:00	286	2.900.00 0	3.906.25 0				
2024-25- 11T02:26:31+00:00	287	3.000.00 0	3.710.93 8				
2024-25- 11T02:26:48+00:00	288	3.000.00 0	3.332.52 0				
2024-25- 11T02:27:05+00:00	289	3.000.00 0	195.312				
2024-25- 11T02:27:23+00:00	290	3.000.00 0	3.320.31 3				
2024-25- 11T02:27:40+00:00	291	3.000.00 0	3.796.38 7				
2024-25- 11T02:27:58+00:00	292	3.000.00 0	3.540.03 9				
2024-25- 11T02:28:15+00:00	293	3.000.00 0	4.089.35 5				
2024-25- 11T02:28:32+00:00	294	3.000.00 0	3.747.55 9				
2024-25- 11T02:28:50+00:00	295	2.900.00 0	1.757.81 3				
2024-25- 11T02:29:08+00:00	296	2.900.00 0	3.894.04 3				

2024-25- 11T02:29:26+00:00	297	3.000.00 0	3.381.34 8				
2024-25- 11T02:29:43+00:00	298	3.000.00 0	3.796.38 7				
2024-25- 11T02:30:01+00:00	299	3.000.00 0	3.125.00 0				
2024-25- 11T02:30:18+00:00	300	3.000.00 0	927.734				
2024-25- 11T02:30:35+00:00	301	3.000.00 0	3.747.55 9				
2024-25- 11T02:30:52+00:00	302	3.000.00 0	3.979.49 2				
2024-25- 11T02:31:10+00:00	303	3.000.00 0	3.295.89 8				
2024-25- 11T02:31:27+00:00	304	3.000.00 0	3.430.17 6				
2024-25- 11T02:31:44+00:00	305	3.000.00 0	3.637.69 5				
2024-25- 11T02:32:00+00:00	306	3.000.00 0	3.344.72 7				
2024-25- 11T02:32:18+00:00	307	3.000.00 0	3.320.31 3				
2024-25- 11T02:32:35+00:00	308	3.000.00 0	1.184.08 2				
2024-25- 11T02:32:53+00:00	309	3.000.00 0	195.312				
2024-25- 11T02:33:10+00:00	310	3.000.00 0	3.930.66 4				
2024-25- 11T02:33:27+00:00	311	3.000.00 0	3.320.31 3				
2024-25- 11T02:33:45+00:00	312	3.000.00 0	3.210.44 9				
2024-25- 11T02:34:03+00:00	313	3.000.00 0	3.076.17 2				
2024-25- 11T02:34:20+00:00	314	3.000.00 0	3.906.25 0				
2024-25- 11T02:34:37+00:00	315	2.900.00 0	2.539.06 3				
2024-25- 11T02:34:54+00:00	316	2.900.00 0	3.479.00 4				
2024-25- 11T02:35:13+00:00	317	2.900.00 0	3.686.52 3				
2024-25- 11T02:35:31+00:00	318	2.900.00 0	3.002.93 0				
2024-25- 11T02:35:49+00:00	319	2.900.00 0	2.941.89 5				

2024-25- 11T02:36:06+00:00	320	2.900.00 0	2.795.41 0				
2024-25- 11T02:36:24+00:00	321	2.900.00 0	3.906.25 0				
2024-25- 11T02:36:41+00:00	322	2.900.00 0	3.710.93 8				
2024-25- 11T02:36:58+00:00	323	2.900.00 0	3.332.52 0				
2024-25- 11T02:37:16+00:00	324	2.900.00 0	195.312				
2024-25- 11T02:37:33+00:00	325	2.900.00 0	3.320.31 3				
2024-25- 11T02:37:50+00:00	326	2.900.00 0	3.796.38 7				
2024-25- 11T02:38:06+00:00	327	2.900.00 0	3.540.03 9				
2024-25- 11T02:38:24+00:00	328	3.000.00 0	4.089.35 5				
2024-25- 11T02:38:40+00:00	329	3.000.00 0	3.747.55 9				
2024-25- 11T02:38:58+00:00	330	3.000.00 0	1.757.81 3				
2024-25- 11T02:39:14+00:00	331	3.000.00 0	3.894.04 3				
2024-25- 11T02:39:33+00:00	332	3.000.00 0	3.381.34 8				
2024-25- 11T02:39:49+00:00	333	2.900.00 0	3.796.38 7				
2024-25- 11T02:40:07+00:00	334	2.900.00 0	3.125.00 0				
2024-25- 11T02:40:24+00:00	335	2.900.00 0	927.734				
2024-25- 11T02:40:42+00:00	336	2.900.00 0	3.747.55 9				
2024-25- 11T02:40:59+00:00	337	2.900.00 0	3.979.49 2				
2024-25- 11T02:41:16+00:00	338	2.900.00 0	3.295.89 8				
2024-25- 11T02:41:33+00:00	339	2.900.00 0	3.430.17 6				
2024-25- 11T02:41:50+00:00	340	2.900.00 0	3.637.69 5				
2024-25- 11T02:42:08+00:00	341	2.900.00 0	3.344.72 7				
2024-25- 11T02:42:25+00:00	342	2.900.00 0	3.320.31 3				

2024-25- 11T02:42:43+00:00	343	2.900.00 0	1.184.08 2				
2024-25- 11T02:43:00+00:00	344	3.000.00 0	195.312				
2024-25- 11T02:43:17+00:00	345	3.000.00 0	3.930.66 4				
2024-25- 11T02:43:34+00:00	346	3.000.00 0	3.320.31 3				
2024-25- 11T02:43:52+00:00	347	3.000.00 0	3.210.44 9				
2024-25- 11T02:44:09+00:00	348	3.800.00 0	3.076.17 2				
2024-25- 11T02:44:27+00:00	349	3.800.00 0	3.906.25 0				
2024-25- 11T02:44:45+00:00	350	3.300.00 0	2.539.06 3				
2024-25- 11T02:45:02+00:00	351	3.400.00 0	3.479.00 4				
2024-25- 11T02:45:19+00:00	352	3.300.00 0	3.686.52 3				
2024-25- 11T02:45:36+00:00	353	3.300.00 0	3.002.93 0				
2024-25- 11T02:45:54+00:00	354	3.300.00 0	2.941.89 5				
2024-25- 11T02:46:11+00:00	355	3.290.00 0	3.344.72 7				
2024-25- 11T02:46:30+00:00	356	3.200.00 0	2.795.41 0				
2024-25- 11T02:46:47+00:00	357	3.200.00 0	3.906.25 0				
2024-25- 11T02:47:04+00:00	358	3.200.00 0	3.710.93 8				
2024-25- 11T02:47:22+00:00	359	3.200.00 0	3.332.52 0				
2024-25- 11T02:47:39+00:00	360	3.200.00 0	195.312				
2024-25- 11T02:47:57+00:00	361	3.200.00 0	3.320.31 3				
2024-25- 11T02:48:14+00:00	362	3.200.00 0	3.796.38 7				
2024-25- 11T02:48:31+00:00	363	3.200.00 0	3.540.03 9				
2024-25- 11T02:48:49+00:00	364	3.300.00 0	4.089.35 5				
2024-25- 11T02:49:06+00:00	365	3.200.00 0	3.747.55 9				



2024-25- 11T02:49:24+00:00	366	3.300.00 0	1.757.81 3				
2024-25- 11T02:49:41+00:00	367	3.200.00 0	3.894.04 3				
2024-25- 11T02:49:59+00:00	368	3.200.00 0	3.381.34 8				
2024-25- 11T02:50:17+00:00	369	3.200.00 0	3.796.38 7				
2024-25- 11T02:50:33+00:00	370	3.200.00 0	3.125.00 0				
2024-25- 11T02:50:51+00:00	371	3.200.00 0	927.734				