



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y**  
**APLICADAS**

**CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA**

**PROPUESTA TECNOLÓGICA**

**“DISEÑO DE UNA ESTACIÓN METEOROLÓGICA  
INTELIGENTE PARA EL MONITOREO CONTINUO DE  
VARIABLES AMBIENTALES UTILIZANDO TECNOLOGÍAS DE  
INTERNET DE LAS COSAS (IoT)”**

**PROPUESTA TECNOLÓGICA PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL  
TÍTULO DE INGENIERO EN ELECTROMECÁNICA.**

**AUTORES:**

López Medina Marcelo Bacilio  
Paste Zambrano Jeison Paúl

**TUTOR:**

Ing. Corrales Bastidas Byron Paúl Ms.C.

**LATACUNGA – ECUADOR**  
**MARZO - 2024**

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

López Medina Marcelo Bacilio, con cédula de ciudadanía N° 1850341403 y Paste Zambrano Jeison Paúl con cédula de ciudadanía N° 0504375296 declaramos ser autores del presente **PROPUESTA TECNOLÓGICA: “DISEÑO DE UNA ESTACIÓN METEOROLÓGICA INTELIGENTE PARA EL MONITOREO CONTINUO DE VARIABLES AMBIENTALES UTILIZANDO TECNOLOGÍAS DE INTERNET DE LAS COSAS (IoT)”**, siendo el Ing. Byron Paul Corrales Bastidas Ms.C., tutor del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

Latacunga, febrero 2025

López Medina Marcelo Bacilio  
C.C: 1850341403

Paste Zambrano Jeison Paúl  
C.C: 0504375296

## **AVAL DEL TUTOR DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA**

En calidad de tutor del proyecto de investigación sobre el título:

**“DISEÑO DE UNA ESTACIÓN METEOROLÓGICA INTELIGENTE PARA EL MONITOREO CONTINUO DE VARIABLES AMBIENTALES UTILIZANDO TECNOLOGÍAS DE INTERNET DE LAS COSAS (IoT)”**, López Medina Marcelo Bacilio y Paste Zambrano Jeison Paúl, de la carrera de Ingeniería Electromecánica, considero que dicho informe investigativo es merecedor del aval de aprobación al cumplir las normas técnicas, traducción y formatos previstos, así como también ha incorporado las observaciones y recomendaciones propuestas en la pre-defensa.

Latacunga, febrero del 2025



---

Ing. Corrales Bastidas Byron Paúl Ms.C  
C.C: 0502347768.  
**TUTOR**



## AVAL DE MIEMBROS DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban la presente propuesta tecnológica de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas; por cuanto, los postulantes: López Medina Marcelo Bacilio, con cédula de ciudadanía N.º 1850341403 y Paste Zambrano Jeison Paúl con cedula de ciudadanía N.º 0504375296, con el título de Proyecto de titulación: **“DISEÑO DE UNA ESTACIÓN METEOROLÓGICA INTELIGENTE PARA EL MONITOREO CONTINUO DE VARIABLES AMBIENTALES UTILIZANDO TECNOLOGÍAS DE INTERNET DE LAS COSAS (IoT)”**, han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de sustentación del trabajo de titulación.

Por lo antes expuesto, se autoriza grabar los archivos correspondientes en un CD, según la normativa institucional.

Latacunga, febrero del 2025

Para constancia firman:

Ing. Cruz Panchi Luis Rolando Ms.C.  
C.C: 0502595176  
**LECTOR 1 (PRESIDENTE)**

Ing. Porras Reyes Jefferson Alberto Ms.C  
C.C: 0704400449  
**LECTOR 2 (MIEMBRO)**

Ing. Freire Martínez Luigi Orlando Ms.C.  
C.C: 0502529589  
**LECTOR 3 (MIEMBRO)**

## CARTA DE AVAL DE LA IMPLEMENTACIÓN

En calidad de Docente de la carrera de Ingeniería Hidráulica de la Facultad CIYA de la Universidad Técnica de Cotopaxi certificado que mediante al proyecto tecnológico **“Diseño de una estación meteorológica inteligente para el monitoreo continuo de variables ambientales utilizando en internet de las cosas (IoT)”**, realiza la entrega del prototipo para el monitoreo en tiempo real de variables ambientales, para uso de la facultad de CIYA de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

Latacunga, febrero del 2025



Ing. MSc. Xiomara Alejandra Zambrano Navarrete

C.I. 1313058453

**Docente**

## **AGRADECIMIENTO**

*Agradezco principalmente a Dios por darme la salud, guiarme y brindarme el intelecto para poder alcanzar este logro.*

*Quiero agradecer a mis padres, hermanas por darme su apoyo incondicional, por las enseñanzas, consejos brindados, siendo el pilar fundamental en toda mi formación universitaria.*

*También quiero agradecer a mi familia por su respaldo emocional y apoyo incondicional, los cuales fueron de mucha ayuda durante las extensas horas de estudio y dedicación. Expreso mi gratitud a docentes universitarios los cuales nos imparten sus conocimientos, experiencias las cuales nos servirán en toda nuestra vida profesional. Agradezco a mis amigos, compañeros de clase por con los cuales forme una amistad, quienes supieron ayudarme en los momentos críticos de mi vida tanto dentro como fuera de la Universidad.*

**Marcelo López**

## ***DEDICATORIA***

*El presente trabajo va dedicado principalmente a mis padres quienes confiaron en mí y los que siempre me brindaron su apoyo para poder lograr esta meta propuesta.*

*A todas las personas que me supieron dar un consejo, las que estuvieron ahí dentro y fuera de la universidad como personas y como amigos.*

***Marcelo López***

## **AGRADECIMIENTO**

*Agradezco primeramente a Dios por darme la fuerza y voluntad para este logro en especial agradezco a mi ángel del cielo que es mi padre el cual me enseñó a ser perseverante para conseguir mis objetivos en la vida.*

*Quiero agradecer a la persona que es muy especial para mí que nunca dejo que me rinda con su apoyo incondicional mi mama quien fue un ejemplo de lucha para mí y así culminar mis estudios en esta etapa.*

*Mi hermano por ser quien me dieron ánimos por darme su apoyo incondicional para salir adelante y seguir para cumplir mi meta trazada.*

*Mi hermana quien mediante su afecto emocional fue de mucha ayuda para poder estar en mis largas jornadas de estudio.*

*Agradezco a mis docentes universitarios por transmitirme sus conocimientos a mis compañeros quienes los conocí me dieron su amistad y cumplir un logro más en mi vida profesional.*

**Jeison Paste**

## **DEDICATORIA**

*Este trabajo va dedicado principalmente a mi padre que se encuentra en el cielo quien me dio su guía para ser un gran profesional.*

*Mi madre quien fue quien con sus consejos supo guiarme para cumplir mi meta.*

*A todas las personas que me supieron dar un consejo, de vida a las experiencias que la vida me dio para surgir como persona.*

**Jeison Paste**

# **UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**

## **FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS**

### **TÍTULO: “DISEÑO DE UNA ESTACIÓN METEOROLÓGICA INTELIGENTE PARA EL MONITOREO CONTINUO DE VARIABLES AMBIENTALES UTILIZANDO TECNOLOGÍAS DE INTERNET DE LAS COSAS (IoT)”**

#### **Autores:**

López Medina Marcelo Bacilio

Paste Zambrano Jeison Paúl

#### **RESUMEN**

La falta de estaciones meteorológicas accesibles limita el almacenamiento de datos climáticos en tiempo real, afectando el análisis ambiental y futuras investigaciones científicas. Para mitigar este problema se diseña una estación meteorológica inteligente con el objetivo de monitorear variables ambientales en tiempo real que garantice la obtención de una base de datos confiable en la nube. Se investigó el decreto No. INAHMI-DRO-2016-001, el cual establece que la recopilación de datos meteorológicos puede ser realizada por agentes externos, siempre que sean seleccionados por inspectores meteorológicos e hidrológicos y aprobados por los directores de observación y meteorología. Asimismo, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Bogotá determina que la precisión en la medición de variables meteorológicas debe mantenerse dentro de un margen de error entre el 3% y el 15%, de acuerdo con el protocolo de monitoreo y seguimiento de la calidad del aire. En la metodología se incluyó la selección de sensores, microcontroladores, plataforma IoT y el diseño de placa y diagramas de conexión, posteriormente se desarrolló la programación en el software Arduino 2560. Para la validación del funcionamiento se comparó los resultados medidos por parte de la estación meteorológica automática UTC 1 con otra estación meteorológica de similares características, obteniendo los siguientes resultados, en la variable de temperatura el porcentaje de error es del 6.18%, en la variable de humedad relativa el porcentaje de error es del 7.42%, en la variable de velocidad del viento el porcentaje de error es del 8.65%, en la variable de radiación solar el porcentaje de error es del 8.30% y en la variable de precipitación el porcentaje de error es del 2.38%.

**Palabras clave:** Estación meteorológica, microcontroladores, sensores, monitoreo, variables meteorológicas, diagramas de conexión.

**TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI**  
**FACULTY OF ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES**

**THEME:** “Design of an Intelligent Meteorological Station for the Continuous Monitoring of Environmental Variables Using Internet of Things (IoT) Technologies.”

**Authors:** López Medina Marcelo Bacilio  
Paste Zambrano Jeison Paul

**ABSTRACT**

The lack of accessible weather stations limits the storage of real-time climate data, affecting environmental analysis and future scientific research on how to mitigate this problem; an intelligent weather station is designed to monitor environmental variables in real time to ensure a reliable database in the cloud. Decree No. INAHMI-DRO-2016-001 was investigated, which establishes that external agents can collect meteorological data, provided they are selected by meteorological and hydrological inspectors and approved by the directors of observation and meteorology. Likewise, the Bogotá Ministry of Environment and Sustainable Development determines that the accuracy in the measurement of meteorological variables must be maintained within a margin of error between 3% and 15% by the protocol for monitoring and follow-up of air quality. The methodology included the selection of sensors, microcontrollers, and IoT platforms, as well as the design of the board and connection diagrams, followed by programming in the Arduino 2560 software. For the validation of the operation, the results measured by the automatic weather station UTC 1 were compared with another weather station of similar characteristics, obtaining the following results: in the temperature variable, the error percentage is 6.18%, in the relative humidity variable the error percentage is 7.42%, in the wind speed variable the error percentage is 8.65%, in the solar radiation variable the error percentage is 8.30% and in the precipitation variable the error percentage is 2.38%.

**Keywords:** Weather Station, Microcontrollers, Sensors, Monitoring, Meteorological Variables, Connection Diagrams.



UNIVERSIDAD  
TÉCNICA DE  
COTOPAXI



FACULTAD DE  
CIENCIAS DE LA  
INGENIERÍA Y APLICADAS

## *AVAL DE TRADUCCIÓN*

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que:

La traducción del resumen al idioma Inglés de la propuesta tecnológica cuyo título versa: **“Diseño de una Estación Meteorológica inteligente para el monitoreo continuo de variables ambientales utilizando tecnologías de internet de las cosas (IoT)”**, presentado por: **López Medina Marcelo Bacilio y Paste Zambrano Jeison Paul**, egresados de la Carrera de: **Ingeniería Electromecánica**, perteneciente a la **Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas**, lo realizaron bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo a los peticionarios hacer uso del presente aval para los fines académicos legales.

Latacunga, febrero del 2025

Atentamente,

Mg. Bolívar Cevallos  
**DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS-UTC**  
**CI: 0910821669**



**CENTRO  
DE IDIOMAS**

## INDICE GENERAL

DECLARACIÓN DE AUTORÍA .....	¡Error! Marcador no definido.
AVAL DEL TUTOR DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA	¡Error! Marcador no definido.
AVAL DE MIEMBROS DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN	¡Error! Marcador no definido.
<i>AGRADECIMIENTO</i> .....	¡Error! Marcador no definido.
<i>DEDICATORIA</i> .....	¡Error! Marcador no definido.
RESUMEN .....	¡Error! Marcador no definido.
1. INFORMACIÓN GENERAL .....	1
2. INTRODUCCIÓN.....	2
2.1. Situación problemática.....	2
2.2. Formulación del problema .....	3
2.3. Objeto y campo de acción.....	3
2.3.1. Objeto de Investigación: .....	3
2.3.2. Campo de Investigación: .....	3
2.4. BENEFICIARIOS .....	3
2.4.1. Directos.....	3
2.4.2. Indirectos .....	3
2.5. JUSTIFICACIÓN .....	3
2.6. OBJETIVOS .....	4
2.6.1. Objetivo general .....	4
2.6.2. Objetivos específicos.....	4
2.7. SISTEMA DE TAREAS CON RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS ..	4
3. MARCO TEÓRICO .....	6
3.1. ANTECEDENTES .....	7
3.2. ESTACIONES METEOROLÓGICAS .....	8
3.2.1. Definición .....	8
3.2.2. TIPOS DE ESTACIONES METEOROLÓGICAS .....	8

3.2.3. Estaciones meteorológicas convencionales .....	8
3.2.4. Estaciones meteorológicas automáticas.....	9
3.4. SISTEMAS DE ESTACIONES METEOROLÓGICAS CONVENCIONALES.....	10
3.5. COMPONENTES DE UNA ESTACIÓN METEOROLÓGICA .....	10
3.6. SISTEMA DE ESTACIONES METEOROLÓGICAS AUTOMÁTICAS CON .....	
IOT.....	11
3.7. VARIABLES DE MEDICIÓN DE UNA ESTACIÓN METEOROLÓGICA.....	12
3.7.1. Temperatura y humedad .....	12
3.7.2. Velocidad y dirección del viento .....	12
3.7.3. Radiación solar .....	12
3.7.4. Temperatura del suelo.....	13
3.7.5. Precipitación.....	13
3.8. INTERNET DE LAS COSAS IoT.....	13
3.9. SISTEMAS DE ESTACIONES METEOROLÓGICAS CON IoT.....	13
3.9.1. Redes de sensores inalámbricas.....	14
3.9.2. Conectividad.....	15
3.10. PLATAFORMAS IOT .....	15
3.10.1. Plataforma Ubidots.....	15
3.10.2. Plataforma Things Board.....	16
3.10.3. Plataforma Blynk.....	17
3.10.4. Plataforma deltaelectronics3d.....	18
3.11. NORMAS UTILIZADAS PARA LA REGULACIÓN DE ESTACIONES .....	
METEOROLÓGICAS.....	20
3.11.1. Decreto No. INAHMI-DRO-2016-001 .....	20
3.11.2. El protocolo para el monitoreo y seguimiento de la calidad del aire .....	20
4. MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS.....	20
4.1. DECLARACIÓN DE VARIABLES.....	21
4.2. METODOLOGÍA DE DISEÑO .....	21

4.3. DETALLE DE LOS COMPONENTES DEL SISTEMA.....	23
4.3.1. Sensor de Temperatura y Humedad.....	23
4.3.2. Sensor de Velocidad y Dirección del Viento .....	24
4.3.3. Sensor de Radiación Solar PYR20 .....	26
4.3.4. Sensor de Precipitación .....	27
4.3.5. Microcontrolador ESP32 .....	28
4.3.6. Microcontrolador Atmega 2560.....	29
4.4. DETALLE DE LOS COMPONENTES DEL SISTEMA.....	30
4.4.1. Estructura del sistema.....	30
4.4.2. Circuito eléctrico del sistema .....	31
4.5. SELECCIÓN DE LA PLATAFORMA IoT .....	32
4.6. DIAGRAMA DE CONEXIÓN.....	35
4.6.1. Diagrama de conexión del sensor de temperatura y humedad .....	35
4.6.2. Diagrama de conexión del sensor de velocidad y dirección del viento.....	36
4.6.3. Diagrama de conexión del sensor de radiación solar .....	36
4.6.4. Diagrama de conexión del sensor de precipitación .....	37
4.7. DESARROLLO DEL SISTEMA .....	37
4.7.1. Diseño de la placa del sistema.....	37
4.7.2. Diagrama de flujo .....	37
5. ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	40
5.1. VALIDACION DEL FUNCIONAMIENTO DEL PROTOTIPO.....	40
5.1.1. Análisis de datos del sensor de Temperatura y Humedad .....	41
5.1.2. Análisis de datos del sensor de Velocidad del viento .....	48
5.1.3. Análisis de datos del sensor de radiación solar .....	51
5.1.4. Análisis de datos del sensor de Precipitación.....	55
5.2. USO DEL PROTOTIPO Y DE LA PLATAFORMA IoT DE RESPALDO.....	58
5.2.1 Conexiones .....	58

5.2.2	Uso de la plataforma de respaldo Ubidots.....	59
5.3.	CÁLCULO PARA EL DESARROLLO DE UNA ESTACIÓN METEOROLÓGICA.....	59
5.2.3	ANÁLISIS DE COSTOS.....	59
5.2.3.1	Costos directos del desarrollo del Prototipo de una Estación Meteorológica ....	59
5.2.4	Costos indirectos del desarrollo del Prototipo de una Estación Meteorológica .	60
6.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	60
6.1.	CONCLUSIONES .....	60
6.2.	RECOMENDACIONES.....	61
7.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	62
8.	ANEXOS.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS:

Figura 1. Estación meteorológica convencional [9] .....	9
Figura 2. Estación meteorológica automática [10] .....	9
Figura 3. Componentes de una estación meteorológica automática.....	11
Figura 4. Redes de sensores inalámbricos .....	14
Figura 5. Conectividad del internet de las cosas [3] .....	15
Figura 6. Entorno de la plataforma ubidots .....	16
Figura 7. Entorno de la plataforma things board .....	17
Figura 8. Entorno de la plataforma blynk [20] .....	18
Figura 9. Entorno de la plataforma deltaelectronics3d.....	19
Figura 10. Fases del procedimiento propuesto .....	22
Figura 11. Boceto de una estación meteorológica .....	23
Figura 12. Microcontrolador esp32 [23].....	29
Figura 13. Características técnicas del microcontrolador “atmega 2560” [25].....	30
Figura 14. Estructura general del sistema.....	31
Figura 15. Circuito eléctrico del sistema .....	31
Figura 16. Gráfica de los planes de todas las plataformas iot .....	34
Figura 17. Conexión del sensor de temperatura y humedad.....	35
Figura 18. Conexión del sensor de velocidad y dirección del viento .....	36
Figura 19. Conexión del sensor de radiación solar.....	36

Figura 20. Conexión del sensor de precipitación .....	37
Figura 21. Diagrama de comunicación de los sensores con el arduino .....	38
Figura 22. Diagrama de comunicación del esp32 con la plataforma delataelectronics3d .....	39
Figura 23. Gráfica del cambio de temperatura del mes de noviembre y diciembre del 2024 ..	44
Figura 24. Gráfica de todos los datos de temperatura monitoreados del mes de noviembre y diciembre del 2024 .....	44
Figura 25. Gráfica del cambio de humedad relativa del mes de noviembre y diciembre del 2024 .....	47
Figura 26. Gráfica de todos los datos de humedad relativa monitoreados del mes de noviembre y diciembre del 2024. ....	47
Figura 27. Gráfica del cambio de velocidad del viento del mes de noviembre y diciembre del 2024 .....	50
Figura 28. Gráfica de todos los datos de velocidad del viento monitoreados del mes de noviembre y diciembre del 2024. ....	51
Figura 29. Gráfica del cambio de radiación solar del mes de noviembre y diciembre del 2024 .....	54
Figura 30. Gráfica de todos los datos de radiación solar monitoreados del mes de noviembre y diciembre del 2024. ....	54
Figura 31. Gráfica de precipitación del mes de diciembre del 2024 .....	57
Figura 32. Gráfica de todos los datos de precipitación monitoreados del mes de noviembre y diciembre del 2024. ....	58

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Campos de la ciencia y tecnología.....	1
Tabla 2. Sistema de tareas en relación con los objetivos planteados.....	5
Tabla 3. Estaciones meteorológicas convencionales a nivel nacional [11] .....	10
Tabla 4. Selección del sensor de temperatura y humedad .....	23
Tabla 5. Características técnicas del sensor de temperatura y humedad “sht30” .....	24
Tabla 6. Selección del sensor de velocidad y dirección del viento.....	25
Tabla 7. Características técnicas del sensor de velocidad y dirección del viento “rk120-01”..	25
Tabla 8. Selección del sensor de radiación solar .....	26
Tabla 9. Características técnicas del sensor de radiación solar “pyr20” .....	27
Tabla 10. Selección del sensor de precipitación .....	27
Tabla 11. Características técnicas del sensor de precipitación con el número de modelo .....	
“rd-rg-ahp-0.5-o-14”.....	28
Tabla 12. Selección de la plataforma iot.....	32
Tabla 13. Validación del funcionamiento del sensor de temperatura .....	42
Tabla 14. Desviación estándar del mes de noviembre y diciembre por hora del día.....	43
Tabla 15. Validación del funcionamiento del sensor de humedad relativa.....	45
Tabla 16. Desviación estándar del mes de noviembre y diciembre por hora del día.....	46
Tabla 17. Validación del funcionamiento del sensor de velocidad del viento .....	48
Tabla 18. Desviación estándar del mes de noviembre y diciembre por hora del día.....	50
Tabla 19. Validación del funcionamiento del sensor de radiación solar.....	52

Tabla 20. Desviación estándar del mes de noviembre y diciembre por hora del día.....	53
Tabla 21. Validación del funcionamiento del sensor de precipitación.....	55
Tabla 22. Desviación estándar del mes de noviembre y diciembre por hora del día.....	57
Tabla 23. Tipo de conexión y los conectores de cada sensor utilizado .....	58
Tabla 24. Costos directos para el desarrollo del prototipo de una estación meteorológica .....	59
Tabla 25. Costos indirectos del desarrollo del prototipo de una estación meteorológica.....	60

## 1. INFORMACIÓN GENERAL

### Título del proyecto:

“Diseño de una Estación Meteorológica inteligente para el monitoreo continuo de variables ambientales utilizando tecnologías de internet de las cosas (IoT)”.

### Modalidad de Titulación:

Propuesta Tecnológica

Proyecto de Investigación

### Trabajo de Titulación Vinculado al Proyecto:

Gestión y uso del agua: Soluciones para Comunidades de la Zona 3

### Equipo de trabajo de Titulación:

#### Docente tutor de la Propuesta Tecnológica:

Ing. Byron Paúl Corrales Bastidas Ms.C.

#### Estudiante 1:

López Medina Marcelo Bacilio

#### Estudiante 2:

Paste Zambrano Jeison Paúl

#### Área de Conocimiento:

Tabla 1. Campos de la ciencia y tecnología

07 Ingeniería, Industria y Construcción	071 Ingeniería y Profesiones Afines	0714 Electrónica y automatización
---	-------------------------------------	-----------------------------------

#### Línea de Investigación:

Procesos Industriales

#### Sub líneas de investigación:

Automatización e inteligencia artificial aplicado a procesos electromecánicos.

## **2. INTRODUCCIÓN**

La evolución de la tecnología se ha convertido en el principal motivo para que el ser humano pueda diseñar, construir y desarrollar diversos dispositivos que se encarguen de controlar y automatizar una infinidad de procesos, el internet de las cosas (IoT) ha generado un gran cambio en la industria con el fin de poder realizar un interfaz de comunicación con una gran variedad de microcontroladores. En las distintas aplicaciones existentes localizamos el sector meteorológico donde la fusión con el (IoT) realiza funciones como el monitoreo en tiempo real para la obtención de una base de datos de los diferentes parámetros que determinan el estado del clima [1].

El interés de poseer un prototipo de una estación meteorológica transportable y eficiente inicia con el objetivo de poder obtener valores de temperatura, humedad, velocidad y dirección del viento, radiación solar y precipitación en varias zonas que poseen un difícil acceso y una estadía prolongada de un usuario para poder adquirir la medición de los parámetros especificados anteriormente. El presente trabajo se plantea a analizar y utilizar las múltiples herramientas tecnológicas fundamentales para mejorar el tipo monitoreo y la visualización de datos meteorológicos utilizando el internet de las cosas (IoT). Este nuevo método de monitoreo en tiempo real ha sido un diseño de ingeniería, el cual permite que los datos obtenidos sean almacenados en la nube.

El equipo de supervisión de variables climáticas en diversas zonas geográficas facilita la obtención datos meteorológicos. El propósito del proyecto se orienta al diseño y construcción de un prototipo de una estación meteorológica con el fin de poder monitorear en tiempo real las diversas variaciones climatológicas y así obtener una base de datos que ayuden a desarrollar nuevos proyectos tecnológicos [2].

### **2.1. Situación problemática**

Desde la antigüedad, la humanidad ha intentado analizar y predecir la manera de actuar de los diversos estados climáticos, hay registros históricos que en la antigua Grecia se desarrollaron una de las primeras maneras de análisis del comportamiento de la atmósfera, se inventaron artefactos para poder evaluar la velocidad y dirección del viento. En el año de “1607” se creó el termómetro, en el año “1643” se inventó el barómetro y así mismo en el año “1667” se construyó el anemómetro gracias a estos inventos se pudo llevar a cabo la medición de otras

variables meteorológicas por varios siglos, así revelando el beneficio para el incremento de diversas acciones humanitarias [3].

En relación con esto se ha planeado construir un mecanismo de una estación meteorológica automática implementando el internet de las cosas (IoT) proyectado a la facilidad de poder monitorear variables atmosféricas, de tal manera que empleando el sistema de monitoreo posibilitara que el usuario o los usuarios logren monitorear y verificar variables climáticas en desde diferentes lugares que se sitúen. Esta operatividad es notable, ya que en nuestro País existen diversas zonas donde que el ser humano no puede tener una estadía prolongada para poder adquirir datos climáticos, por lo cual el usuario podrá verificar mediante la aplicación (IoT) el estado climático a cualquier hora del día sin tener que acudir a dicho lugar [4].

## **2.2. Formulación del problema**

La falta de estaciones meteorológicas accesibles y la dificultad de integrar datos climáticos en tiempo real limitan el almacenamiento y análisis ambiental, afectando investigaciones y la toma de decisiones oportunas.

## **2.3. Objeto y campo de acción**

### **2.3.1. Objeto de Investigación:**

Estación meteorológica para el monitoreo continuo de variables ambientales

### **2.3.2. Campo de Investigación:**

3311.02 Ingeniería de Control

## **2.4. BENEFICIARIOS**

### **2.4.1. Directos**

Docentes y estudiantes de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas (CIYA) de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

### **2.4.2. Indirectos**

Comunidad Científica.

## **2.5. JUSTIFICACIÓN**

Académicamente, la importancia de este proyecto inicia con la necesidad de poder construir un recurso tecnológico con el cual permita verificar, analizar y observar el comportamiento climático, aplicando el internet de las cosas (IoT). Se desarrollará una interconexión entre un

microcontrolador ESP32 y la plataforma IoT, para realizar el envío de datos de temperatura, humedad, temperatura del suelo, presión atmosférica, altitud, velocidad del viento, dirección del viento y precipitación.

Laboralmente, la construcción de este proyecto no solo reducirá el tiempo de obtención de datos, sino que la comunicación será de una manera más eficiente y reducirá los daños en el equipo, también no es necesario que una persona se encuentre manipulando constantemente, ya que el envío de datos se desarrolla automáticamente con total eficacia. El desarrollo del diseño de una estación meteorológica automática servirá como un pilar fundamental para futuros proyectos innovadores en el aspecto de la obtención de una base de datos de parámetros meteorológicos.

El presente proyecto beneficia a diferentes usuarios de la Universidad Técnica de Cotopaxi específicamente a docentes y estudiantes. Para los beneficiarios, simplificará la obtención de una base de datos meteorológicos restando tiempo y recursos, lo que se obtendrá un almacenamiento de información confiable.

El proyecto se realizó con la plataforma deltaelectronics3d con esta plataforma se va a mostrar las ventajas que existen hoy en día gracias a las tecnologías “IoT” la cual facilita el desarrollo de nuevos proyectos tecnológicos en el ámbito de la robótica y domótica. La plataforma seleccionada es amigable con el usuario, el tiempo de respuesta estimado se establece según a las necesidades del beneficiario, la transmisión de datos se realiza por una conexión de nodos de la información la cual dispone de una base de datos la misma que almacena y guarda en la nube.

## **2.6. OBJETIVOS**

### **2.6.1. Objetivo general**

Diseñar un dispositivo de una estación meteorológica con enfoque en la adquisición de datos de temperatura, humedad, velocidad y dirección del viento, radiación solar y precipitación, utilizando una plataforma (IoT) como un medio de comunicación y visualización de parámetros ambientales.

### **2.6.2. Objetivos específicos**

- Investigar los diversos tipos de plataformas (IoT), sensores y acondicionamientos meteorológicos.

- Diseñar planos estructurales y conexión de los sensores de la estación meteorológica e implementar la programación para cada sensor meteorológico.
- Fabricar la estructura del prototipo de una estación meteorológica con la perspectiva en la adquisición de datos climáticos.
- Validar el funcionamiento de la estación meteorológica mediante la comparación de datos meteorológicos para determinar sus características.

## 2.7. SISTEMA DE TAREAS CON RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS

Se obtiene una programación de todas las actividades, resultados y técnicas que se desarrollarán de acuerdo con objetivos planteados en el desarrollo del prototipo de la estación meteorológica inteligente utilizando el internet de las cosas IoT. En la Tabla 2. se puede visualizar el sistema de tareas en relación con los objetivos planteados.

Tabla 2. Sistema de tareas en relación con los objetivos planteados

<b>Objetivos específicos</b>	<b>Actividades</b>	<b>Resultados esperados</b>	<b>Técnicas, Medios e Instrumentos</b>
Investigar los diversos tipos de plataformas (IoT), sensores y acondicionamientos meteorológicos.	- Revisión bibliográfica sobre el internet de las cosas (IoT), sensores meteorológicos y plataformas de monitoreo en tiempo real que sean amigables con el usuario.	- Conocimiento sobre el funcionamiento de un sistema de estaciones meteorológicas. - Información de equipos acoplados al sistema de rastreo y las variables a controlar en el sistema. - Fundamentación teórica.	- Investigación bibliográfica. - Artículos científicos. - Tesis - Libros
	- Análisis de las características técnicas de sensores meteorológicos.	- Elección de sensores de acuerdo con su grado de protección IP.	

Continuación:

Diseñar planos estructurales y conexión de los sensores de la estación meteorológica e implementar la programación para cada sensor meteorológico.	- Diseño de planos eléctricos de conexión de los sensores.	- Para los planos eléctricos de la estación meteorológica.	- Software Arduino en la versión 1.8.1.6
	- Implementación de la programación de los sensores y la comunicación con la plataforma (IoT) mediante el software Arduino.	- Utilizando las credenciales de la plataforma de monitoreo deltaelectrónica3d.	
Fabricar la estructura del prototipo de una estación meteorológica con la perspectiva en la adquisición de datos climáticos.	- Fabricación de la estructura y soporte de sensores meteorológicos.	- Elaboración de soportes para los sensores.	- Construcción de soportes.
Validar el funcionamiento de la estación meteorológica mediante la comparación de datos meteorológicos para determinar sus características.	- Realización de pruebas experimentales.	- Recolección de datos experimentales en relación con el estado del climático.	- Gráficas, tablas de los resultados obtenidos visualizando su precisión en la adquisición de datos meteorológicos.
	- Análisis de los datos obtenidos de las pruebas realizadas para determinar la calibración de cada sensor meteorológico.	- Resumen de los datos obtenidos de cada variable en función del tiempo para la determinación de precisión y exactitud.	

### **3. MARCO TEÓRICO**

#### **3.1. ANTECEDENTES**

Algunos investigadores, como Contreras Lintol, Ibarra Manuel han diseñado un sistema de una estación meteorológica mediante el método de consultas que se realizan desde un bot en Telegram. Dentro del internet de las cosas IoT la aplicación Telegram permite construir prototipos para comunicarse entre ellos. Un bot de Telegram es un interfaz que se basa en el protocolo de conexión HTTP (The Hypertext Transfer Protocol). Señalan que los resultados obtenidos de la implementación que cualquier usuario puede realizar una consulta mediante comandos “bot de Telegram”, seguidamente el sensor devuelve el valor leído por el sensor, este dispositivo envía datos en tiempo real [5].

La investigación realizada en la Universidad de Nariño en Colombia de los autores Jair Edolio Chicaiza Valdez, Gabriel Darío Villarreal Rebelo diseñaron una estación meteorológica móvil capaz de transmitir datos mediante tecnología GSM el proyecto realiza el monitoreo de las condiciones climáticas haciendo uso de la transmisión de la red celular se envía datos con mensajes de textos donde se recopila la información en una plataforma web [4].

En la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, el autor Jefferson Ricardo Chivata Castro, realizaron un sistema bidireccional con el cual varios sensores envían datos a una plataforma IoT y viceversa los usuarios pueden realizar el control de diversos procesos usando el protocolo de comunicación de máquina a máquina. Reportando que los resultados de la implementación brinden a un usuario la facilidad de recibir datos monitoreados y poder realizar el control de diferentes procesos industriales [6].

Los investigadores, Victor Hernandez Rodríguez, David Kairuz Cabrera, Alain Martínez Laguardia, Pedro Merino Laso, Olivier Schalm, realizan una solución para el monitoreo de factores climáticos con el desarrollo de la placa TTGO T-Beam utilizando LoRa en la estación meteorológica Bresser 5 en 1. La implementación de este dispositivo mejora la forma de adquisición y envío de información a una plataforma IoT a largas distancias [7].

El Centro de investigación y desarrollo en microelectrónica (CIDEM) del Instituto de Buenos Aires (ITBA), los autores Eduardo D. Baez, Walter Aróztegui, Andrés H. D’Alessandro, Antonio A. Quijano, realizan el diseño sensores para la medición de temperatura en el área aeroespacial analizando un proceso de acondicionamiento de señal analógica, teniendo en cuenta las variaciones de diversos efectos adversos, para lo cual la importancia de la calibración

de sensores determinan cuáles pueden ser los niveles offset cuya disminución depende de la entrada y ganancia del sensor [8].

## **3.2. ESTACIONES METEOROLÓGICAS**

### **3.2.1. Definición**

Una estación meteorológica es un dispositivo electrónico que registra las diversas condiciones climáticas a través de sensores electrónicos, la información es recibida para realizar un almacenamiento en la nube con los datos adquiridos. Existen diferentes tipos de estaciones meteorológicas como la estación móvil y fija las cuales funcionan de manera diferente la una estación adquiere datos de manera mecánica mientras la estación móvil mediante dispositivos que permite la automatización del proceso adquirido de manera exacta. En la Figura 1. se puede visualizar un modelo de una estación meteorológica convencional.

### **3.2.2. TIPOS DE ESTACIONES METEOROLÓGICAS**

Las estaciones meteorológicas se componen de un conjunto de sensores capaces obtención de datos atmosféricos como son la temperatura y humedad, velocidad y dirección del viento, radiación solar, precipitación, temperatura del suelo, presión atmosférica. La recopilación de las dichas lecturas es guardada en memorias electrónicas para posteriormente realizar un análisis de toma de datos en un cierto periodo de tiempo [2].

Las estaciones meteorológicas pueden ser:

- Estaciones meteorológicas convencionales
- Estaciones meteorológicas automáticas internet de las cosas

### **3.2.3. Estaciones meteorológicas convencionales**

El primer diseño de una estación meteorológica convencional se desarrolló en la segunda mitad del siglo XIX y principios del siglo XX, ha dado como resultado que con el pasar del tiempo los dispositivos meteorológicos han sufrido diversas variaciones para que su análisis y obtención de parámetros meteorológicos posea un margen de mínimo, dichas estaciones deberían estar controladas por un observador cuya estadía deberá ser de forma prolongada, para así tener el control y poder obtener los datos climáticos [9].



Figura 1. Estación meteorológica convencional [9]

### 3.2.4. Estaciones meteorológicas automáticas

Estas estaciones meteorológicas automáticas desarrollan una intercomunicación en tiempo real en diversas zonas que son de difícil acceso, este proceso de monitoreo de parámetros atmosféricos no se los puede realizar con estaciones meteorológicas convencionales ya que estas deberían estar supervisadas por un asistente cuya estadía sea de forma prolongada, en cambio con la estación meteorológica automática no es necesaria la presencia de un supervisor, esta puede estar en operación por periodos de tiempo prolongados. Estas pueden llevar información a largas distancias para que un usuario pueda visualizar los datos mediante una plataforma [10]. En la Figura 2. se puede visualizar un modelo de una estación meteorológica automática.



Figura 2. Estación meteorológica automática [10]

### 3.4. SISTEMAS DE ESTACIONES METEOROLÓGICAS CONVENCIONALES

El Instituto Nacional de Metrología e Hidrología (INAMHI), es el organismo delegado de la observación y vigilancia de los parámetros climáticos. En el Ecuador actualmente se encuentran en funcionamiento 383 estaciones meteorológicas convencionales distribuidas en las 4 regiones de nuestro País. En la Tabla 3. se puede visualizar las estaciones meteorológicas convencionales a nivel nacional.

Tabla 3. Estaciones meteorológicas convencionales a nivel nacional [11]

ESTACIÓN	COSTA	SIERRA	ORIENTE	INSULAR
Agrometeorológica	5	6	2	-
Climatológica principal	16	31	4	3
Climatológica Ordinaria	46	44	6	1
Pluviométrica	77	122	13	1
Pluviográfica	2	4	1	-
Subtotal	146	206	26	5
%	38	53,9	6,8	1,3
Total	383			

### 3.5. COMPONENTES DE UNA ESTACIÓN METEOROLÓGICA

Los sistemas de alarma están compuestos por:

1. Sensores climáticos: Son dispositivos idóneos para medir diversos parámetros meteorológicos de una zona o lugar con un margen de error mínimo. El monitoreo de estas variables se realiza mediante una plataforma la cual recibe la información proporcionada por los sensores [12].
2. Tablero de control: Es el cerebro de la estación meteorológica, la cual es el encargado de recopilar las mediciones que proporcionan los sensores, este debe avalar que la calidad de recopilación de datos llegue a su destinatario. Dicho grupo está integrado de un microcontrolador, una placa “PCB”, modulo WIFI, entre otros elementos electrónicos [13].

3. Dispositivos de monitoreo: Mediante una plataforma se podrá recopilar y monitorear datos atmosféricos como son la temperatura y humedad, velocidad y dirección del viento, radiación solar, precipitación, temperatura del suelo, presión atmosférica.

En la Figura 3. se puede visualizar los componentes de una estación meteorológica automática.

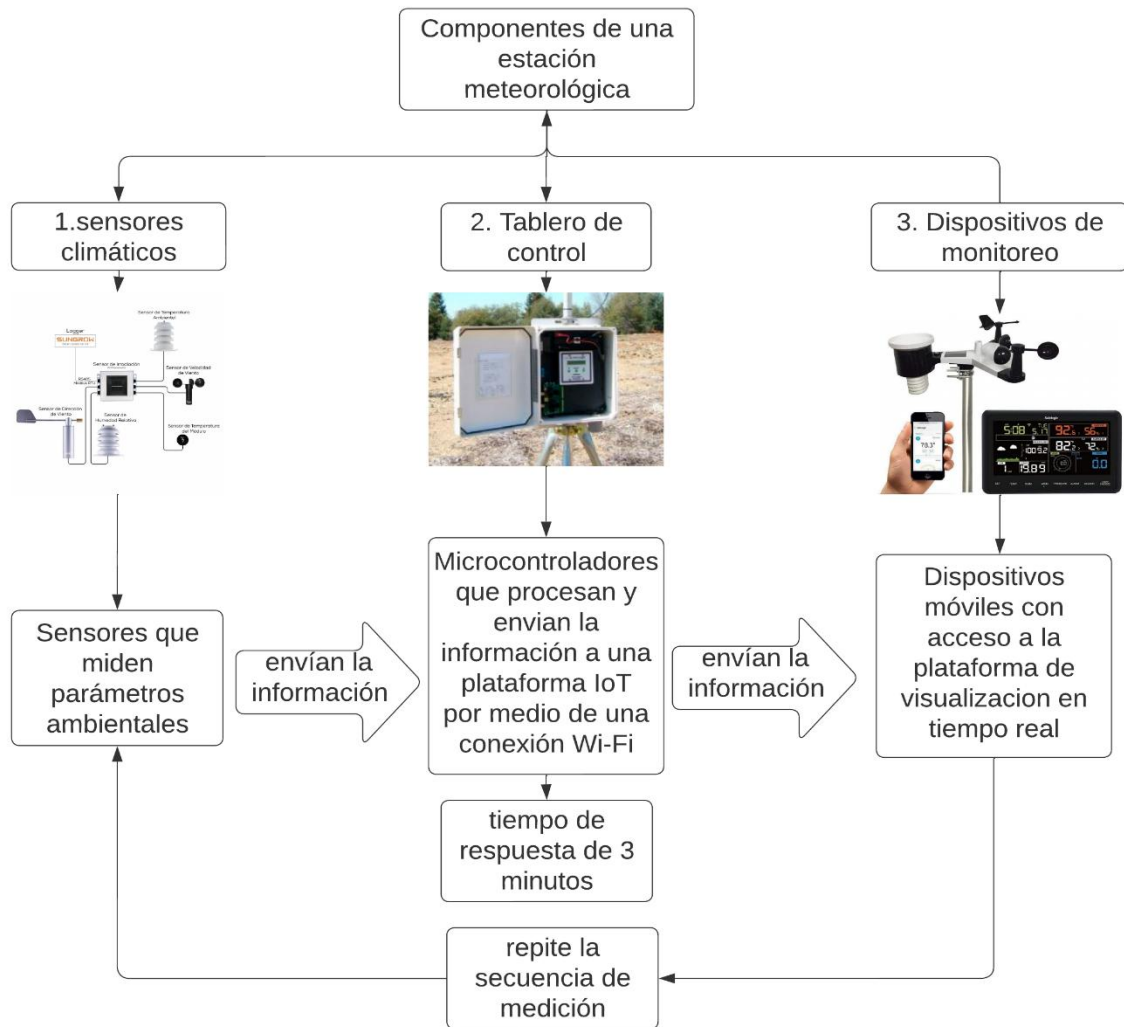


Figura 3. Componentes de una estación meteorológica automática

### 3.6. SISTEMA DE ESTACIONES METEOROLÓGICAS AUTOMÁTICAS CON IOT

Las estaciones meteorológicas automáticas juntamente con el internet de las cosas (IoT), son sistemas que sirven para el monitoreo continuo de variables climáticas en tiempo real, sin que tenga que intervenir un usuario para poder visualizar los datos obtenidos. Estos valores se podrán evidenciar mediante una plataforma la cual permitirá mayor facilidad en la recaudación y verificación de la medición de variables atmosféricas, ya que los mismos se podrán ver desde cualquier parte del mundo. Los sensores están creados para reaccionar a cualquier anomalía de

la atmósfera en un corto tiempo para que así ese dato de medición pueda ser procesado por un microcontrolador para luego ser analizado por un usuario mediante una plataforma.

En la actualidad mediante el internet de las cosas (IoT), ha desarrollado una nueva forma de automatización, ya que el mismo permite que diversos procesos se puedan controlar, verificar o monitorear una infinidad de procesos reduciendo así el uso de una persona para que realice dicha actividad.

### **3.7. VARIABLES DE MEDICIÓN DE UNA ESTACIÓN METEOROLÓGICA**

Las variables de una estación meteorológica determinan el cambio de las condiciones atmosféricas a diversas horas del día, a continuación, se muestran los parámetros de monitoreo como son: temperatura, humedad, radiación solar, temperatura del suelo, precipitación, velocidad y dirección del viento.

#### **3.7.1. Temperatura y humedad**

El intercambio de calor que existe en la tierra se ve reflejado en la temperatura, la misma determina el índice de calentamiento, a su vez se reduce con el enfriamiento a su vez se evidencia la intensidad de energía interna que tiene dicho lugar. La temperatura promedio que los habitantes de un lugar prefieren se encuentra en un nivel de 20 a 25°C. La humedad denota el vapor de agua que encuentra en el aire y se puede interpretar en diversas magnitudes [14].

#### **3.7.2. Velocidad y dirección del viento**

Generalmente el viento tiene dos variables que se pueden determinar cómo su velocidad y dirección, los mismos se puede realizar la medición mediante el anemómetro y la veleta ya que son instrumentos desarrollados específicamente para realizar la adquisición de este tipo de datos meteorológicos. La velocidad del viento se mide en (m/s) o en (km/s), esto determina las especificaciones del fabricante del instrumento de medida, la dirección del viento determina la veleta, esta indica una dirección del viento a través de los puntos cardinales según sea el sentido del viento [15].

#### **3.7.3. Radiación solar**

La radiación solar es emitida directamente por el sol, esta radiación no ionizante pertenece a un tipo de radiación Ultravioleta (UV). La radiación específicamente se puede clasificar en:

- Radiación Ultravioleta A (UVA)
- Radiación Ultravioleta B (UVB)
- Radiación Ultravioleta C (UVC)

La radiación que tiene más efecto en la tierra es la (UVA), esta puede traer consecuencias en un breve o extenso periodo [15].

#### **3.7.4. Temperatura del suelo**

La temperatura del suelo se refleja en el índice de calor desde la superficie terrestre hacia el interior de la tierra, la transferencia se produce por el aumento de temperatura ambiente la misma que depende de varios factores que son las precipitaciones en el área, las horas exposición solar, el tipo de clima [15].

#### **3.7.5. Precipitación**

La precipitación es una expresión física por parte del ciclo del agua, radica la caída del agua desde la atmósfera hasta llegar a la superficie terrestre. La precipitación líquida se puede dividir de dos formas diferentes que son:

- Lluvia
- Llovizna

### **3.8. INTERNET DE LAS COSAS IoT**

El internet de las cosas (IoT), admite enlazar la realidad con la virtualidad para así crear espacios inteligentes que pueden ser compatibles con muchos instrumentos de diversos distribuidores. Los sistemas (IoT) principalmente se componen por establecer un interfaz de conexión “M2M”, este proceso nombrado máquina a máquina. Los dispositivos enlazados mediante esta conexión pueden realizar su trabajo sin que haya alguna intervención Humana, es decir, que mediante el internet de las cosas los sensores y actuadores pueden recopilar datos y luego transmitir dicha información para que sea almacenada, analizada y verificada por un usuario [16].

### **3.9. SISTEMAS DE ESTACIONES METEOROLÓGICAS CON IoT**

Las Estaciones Meteorológicas Inteligentes son dispositivos que generalmente están situadas en diversas zonas de difícil acceso, aprovechando el desarrollo de la tecnología (IoT) la cual permite el monitoreo y la vigilancia de una forma eficaz reduciendo la manipulación para que no sea propenso a producir fallas. Las estaciones meteorológicas se caracterizan por trabajar con mayor tipo de sensores climáticos a diferencia de las estaciones meteorológicas convencionales, estos dispositivos pueden tener una conexión en tiempo real para así determinar y vigilar los cambios de climáticos en un cierto tiempo.

### 3.9.1. Redes de sensores inalámbricas

Un sistema de sensores inalámbricas se constituye por la unión de varios sensores que recopilan diversos datos de acuerdo con la necesidad de cada usuario, en estaciones meteorológicas se miden las variables como son la temperatura, humedad, presión atmosférica, altitud, precipitación, radiación, velocidad y dirección del viento.

Para la operatividad de un WSN se realiza juntamente con la red de comunicación inalámbrica de cada nodo, la información recopilada por los sensores es transmitida por los gateways mediante un servidor en la nube. Este sistema es conocido como Sistema de Gerenciamiento de Información (IMS).

En la Figura 4. se puede visualizar las redes de sensores inalámbricos.

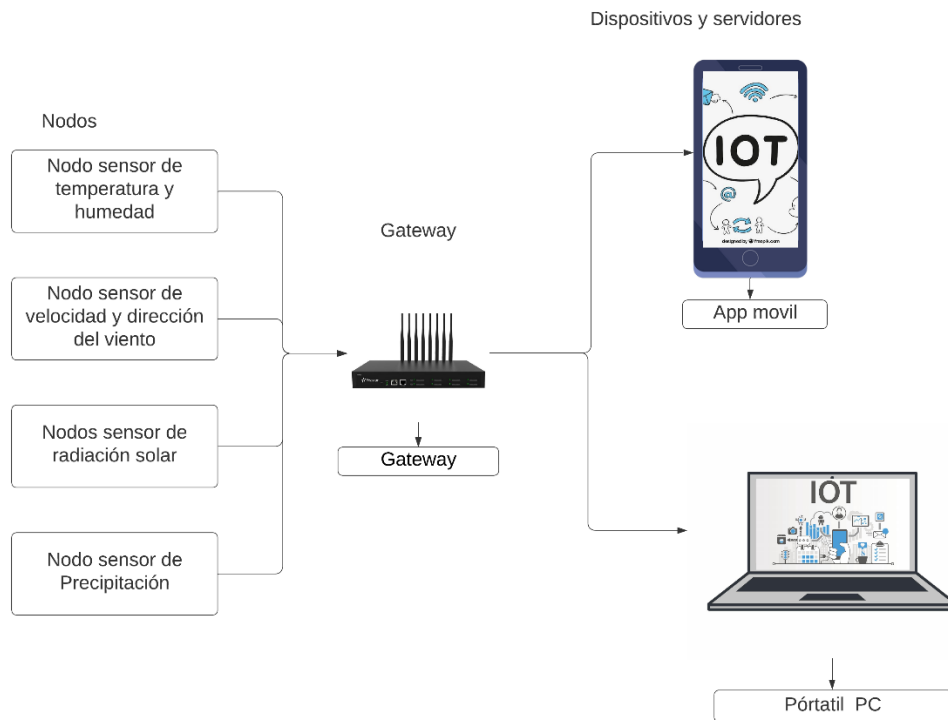


Figura 4. Redes de sensores inalámbricos

- **Nodos:** Los nodos están compuestos por uno o varios sensores, un microcontrolador, una fuente de alimentación y la red de comunicación inalámbrica lo que facilitara la comunicación de los sensores y el Gateway.
- **Gateway:** Es el responsable de recibir los datos por parte de los sensores y enviarlos al IMS a través de un microcontrolador.
- **Servidor en la nube:** Es aquí donde se almacenan los datos generados por los sensores y enviadas al Gateway para facilitar la información a los usuarios finales [17].

### 3.9.2. Conectividad

Se establece una conexión entre los sensores con el internet de las cosas, el monitoreo en tiempo real de los valores medidos por los sensores se podrá visualizar mediante una plataforma (IoT). Los datos obtenidos se almacenarán en la nube a través de una extensa variedad de dispositivos inalámbricas (Wi-Fi, Bluetooth, LPWAN), los cuales son un mecanismo electrónico que tienen la principal función de conectarse entre sí, y así poder aprovecharlos produciendo inteligencia de forma efectiva [3]. En la Figura 5. se puede visualizar la conectividad del internet de las cosas.



Figura 5. Conectividad del Internet de las cosas [3] .

### 3.10. PLATAFORMAS IOT

Las plataformas IoT tienen la capacidad de almacenar y monitorear datos en tiempo real y así ofrecer diversos estándares de acuerdo con las necesidades de cada usuario. La recolección de datos que son adquiridos de diversos dispositivos conectados es enviada a una plataforma IoT, donde se puede visualizar y descargar para diferentes propósitos del usuario. A continuación, se muestran algunas plataformas IoT que se encuentran en el mercado [18].

#### 3.10.1. Plataforma Ubidots

La plataforma Ubidots tiene la capacidad de recibir, almacenar y monitorear datos en tiempo real. Dentro de la página es posible crear aplicaciones para que la visualización de los resultados sea de una forma fácil y dinámica, también se puede comunicar con un gran número de microcontroladores como son:

- Arduino.
- Raspberry Pi.
- Android.

- ESP 32, etc.

En la Figura 6. se muestra el entorno de la plataforma Ubidots.

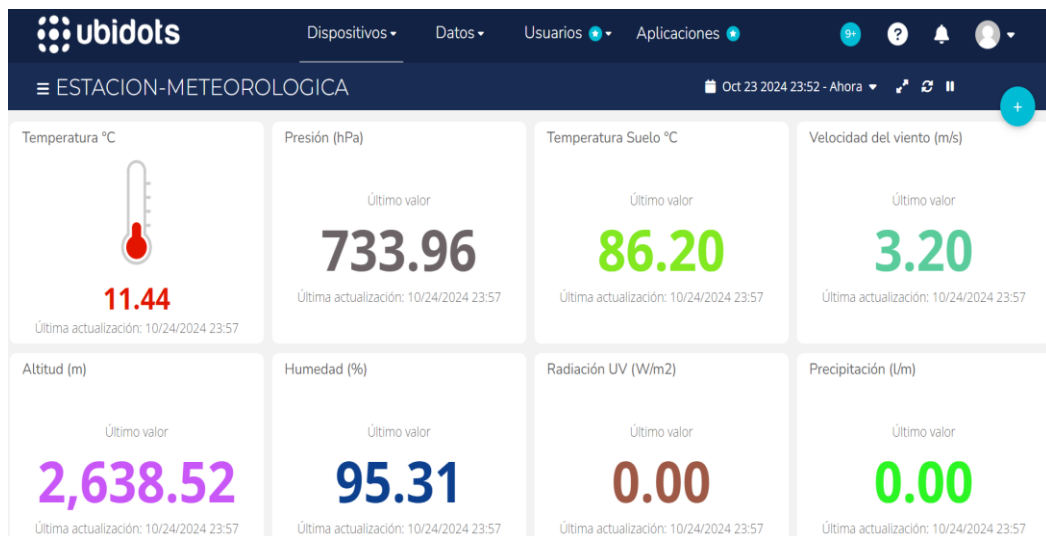


Figura 6. Entorno de la Plataforma Ubidots

Los planes que muestra la plataforma son:

- Plan educativo: Este tipo plan no tiene costo, retención de información es durante un mes con un máximo 4000 datos enviados, un máximo de 10 dispositivos de monitoreo y soporte de 3 usuarios.
- Plan profesional: Tiene el costo de \$99 dólares mensuales, la retención de información es durante un mes no tiene límite de envío de datos con un máximo de 50 dispositivos de monitoreo y soporte de 10 usuarios.
- Plan Industrial: Tiene el costo de \$499 dólares, la retención de información es durante un mes no tiene límite de envío de datos con un máximo de 50 dispositivos de monitoreo y soporte de 50 usuarios.
- Plan empresarial: tiene capacidad personalizada de acuerdo con las exigencias del usuario empresarial [18].

### 3.10.2. Plataforma Things Board

Es una plataforma inteligente de fácil desarrollo permite la realización de proyectos IoT permite la conexión de dispositivos a través de la arquitectura del lado del servidor de listas locales para usarse para la tolerancia utiliza diferentes proveedores en la nube como AWS IoT y Google Cloud tiene un conocimiento específico en cada módulo de programación que se maneja facilita un mejor estudio para el estudiante o investigador sin dejar de lado sus varias funciones que

realiza esta plataforma existen dos versiones que existen la versión gratuita de código abierto llamado (Community Edition) donde existe algunas limitaciones.

Comunicación de Things Board con microcontroladores:

- ESP32
- Raspberry Pi.
- Arduino, entre otras.

En la Figura 7. se puede visualizar el entorno de la plataforma Things Board.

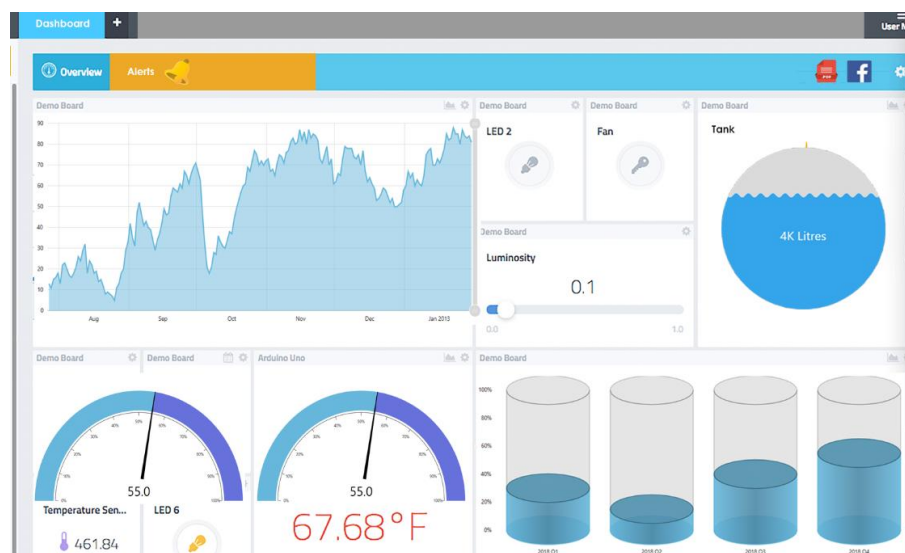


Figura 7. Entorno de la plataforma Things Board

- Plan fabricante tiene el costo de \$10 dólares por mes la cual incluye 30 dispositivos, 30 activos y soporte de 4 usuarios.
- Plan prototipo tiene el costo de \$149 dólares por mes la cual incluyen hasta 100 dispositivos, 100 activos y soporte de 10 usuarios.
- Plan puesto en marcha tiene el costo de \$399 dólares por mes la cual incluye hasta 500 dispositivos, 500 activos y soporte de 25 usuarios
- Plan negocio tiene el costo de \$749 dólares al mes la cual incluye hasta 1000 dispositivos, 1000 activos, soporte de 50 o más usuarios, soporte por correo electrónico y marca blanca es la versión negocio [19].

### 3.10.3. Plataforma Blynk

La plataforma Blynk permite el control y monitoreo de cualquier tipo de proyecto desde un sistema iOS Android, la página cuenta con diversos tipos de widgets como graficas,

deslizadores entre otras. Además, posibilita construir un interfaz con el usuario para así facilitar el uso de la aplicación. Los datos obtenidos se almacenan en la nube, se puede comunicar con diversos microcontroladores como son:

- ESP8266.
- ESP32.
- Raspberry Pi.
- Arduino, entre otras.

En la Figura 8. se muestra el entorno de la plataforma Blynk.

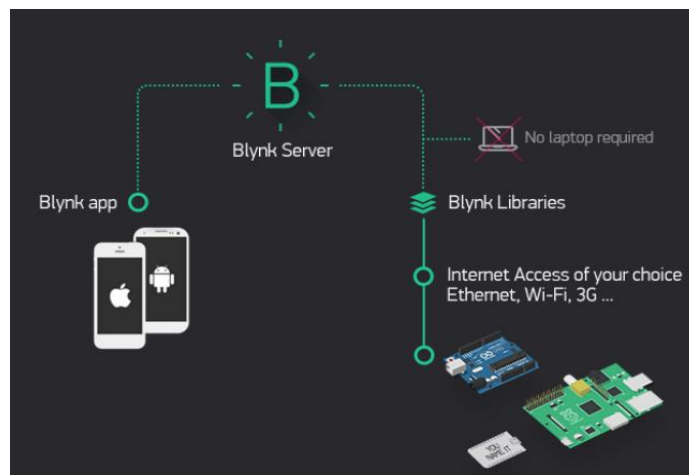


Figura 8. Entorno de la plataforma Blynk [20]

Los planes que muestra la plataforma IoT son:

- Plan gratis: Este tipo plan no tiene costo, retención de información es durante una semana, 20 flujos de datos por plantilla, 10 dispositivos de monitoreo y soporte de 1 solo usuario.
- Plan pro: Tiene el costo de \$99 dólares mensuales, retención de información es durante 6 meses, 200 flujo de datos por plantilla, hasta 500 dispositivos de monitoreo y soporte de 10 usuarios.
- Plan empresarial: capacidad personalizada de acuerdo con las exigencias del usuario [20].

#### 3.10.4. Plataforma delataelectronics3d

La plataforma delataelectronics3d es una plataforma IoT comercial, la cual permite monitorear diferentes proyectos mediante el uso de un buscador como Google Chrome, Firefox, etc. Esta

página tiene una gran capacidad de almacenamiento ya que es nueva en el mercado. En la Figura 9. se muestra el entorno de la plataforma IoT delataelectronics3d.



Figura 9. Entorno de la plataforma delataelectronics3d

Esta plataforma IoT es fácil de usar ya que el interfaz está desarrollado según a las necesidades del proyecto que se va a desarrollar, la retención de información se localiza en la nube hasta que el usuario decida eliminarla. Para la comunicación puede realizarse con diversos microcontroladores como son:

- ESP32.
- Raspberry Pi.
- ESP8266, etc.

Los planes que muestra la plataforma son:

- Plan básico: tiene un costo de \$5 dólares, la retención de información hasta que el usuario decida eliminarla, no tiene límite de datos, 14 dispositivos, no tiene límite de usuarios.
- Plan profesional: Tiene el costo de \$25 dólares mensuales, la retención de información hasta que el usuario decida eliminarla, no tiene límite de datos, 50 dispositivos, no tiene límite de usuarios.
- Plan empresarial: tiene capacidad personalizada de acuerdo con las exigencias del usuario.

### **3.11. NORMAS UTILIZADAS PARA LA REGULACIÓN DE ESTACIONES METEOROLÓGICAS**

#### **3.11.1. Decreto No. INAHMI-DRO-2016-001**

En el decreto No. INAHMI-DRO-2016-001 se justifica que la actividad de obtención de datos se pueda realizar por agentes externos según el artículo 6 la selección de los observadores externos depende de los inspectores meteorológicos e hidrológicos quien será aprobada en primera instancia por los directores de observación y meteorología. Con esto se puede decir que se realiza una inspección del lugar donde se va a instalar la estación meteorológica y regula la información de los equipos seleccionados para realizar la medición de variables ambientales. La OMM (Organización Mundial de meteorología) especifica los requisitos que se debe cumplir donde se debe colocar los instrumentos de medición con el objetivo de obtener valores estándar[21].

#### **3.11.2. El protocolo para el monitoreo y seguimiento de la calidad del aire**

El protocolo para la supervisión y control de la calidad del aire se compone de dos manuales fundamentales que orientan tanto el diseño como la operación de los Sistemas de Vigilancia de la Calidad del Aire. El Manual de Diseño establece los principios y directrices necesarias para la creación de un sistema de monitoreo ambiental, mientras que el Manual de Operación detalla los procedimientos para su funcionamiento, incluyendo las pautas esenciales para su implementación y gestión en Colombia, específicamente en Bogotá.

Este protocolo abarca las fases generales para la planificación de un sistema de vigilancia de la calidad del aire, desde la revisión inicial hasta la culminación del diseño, además de los criterios técnicos para modificar los sistemas existentes. También especifica los recursos requeridos para la instalación, operación y supervisión del sistema. Además, proporciona información sobre la clasificación de áreas contaminantes y la validez de error de los datos obtenidos en el monitoreo. De igual forma, contempla aspectos comunes [22].

## **4. MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS**

En el presente capítulo se muestran las técnicas, procesos, componentes, diseño y construcción de una Estación Meteorológica inteligente para el monitoreo continuo de variables ambientales.

Esta Investigación reúne criterios importantes de los diversos elementos empleados en la construcción de una estación meteorológica orientado al monitoreo continuo de variables ambientales en tiempo real. Para alcanzar el objetivo planteado es necesario investigar en datos

idóneos sobre el tema de titulación propuesto para así implantar una fuente de información sólida. Se desarrolla un análisis para así definir de forma detallada la fabricación del prototipo, sus protocolos de comunicación entre los sensores meteorológicos, microcontroladores y con la plataforma IoT. La construcción de un prototipo de una estación meteorológica para el monitoreo de variables ambientales en tiempo real, el mismo permite elección de los diversos elementos eléctricos y electrónicos para el desarrollo del proyecto.

#### **4.1. DECLARACIÓN DE VARIABLES**

- Variable independiente

Estación meteorológica inteligente con IoT.

- Variable dependiente

Monitoreo continuo de variables ambientales.

#### **4.2. METODOLOGÍA DE DISEÑO**

En la metodología se puede visualizar todas las fases del procedimiento propuesto para la construcción y validación de datos obtenidos del prototipo por parte de la estación meteorológica para el monitoreo continuo de variables climáticas, en la Figura 10. se puede evidenciar las fases del procedimiento propuesto de acuerdo con las exigencias del proyecto que se va a desarrollar. En la construcción de un prototipo existen diversos tipos de procedimientos que se debe emplear para el correcto diseño y funcionamiento del equipo. En el caso de la construcción de una estación meteorológica al inicio de este proyecto se debe establecer un objetivo con el cual se busca determinar que la estación meteorológica adquiera datos en tiempo real mediante la aplicación IoT, seguidamente se lleva a cabo un estudio de los requisitos determinando así su eficacia, posteriormente se selecciona los elementos utilizados para la fabricación del prototipo, luego se llevara a cabo la comunicación de todos los componentes para así desarrollar la programación de cada uno de los componentes que conforman el sistema. Para la comunicación con la plataforma de visualización de parámetros meteorológicos se lleva a cabo mediante un enlace de comunicación con el cual se configura dentro de la programación del ESP32, para la validación del funcionamiento del prototipo se realizará la comparación de información de dos estaciones meteorológicas de similares características donde se evaluará el porcentaje de error al momento de recolectar información.

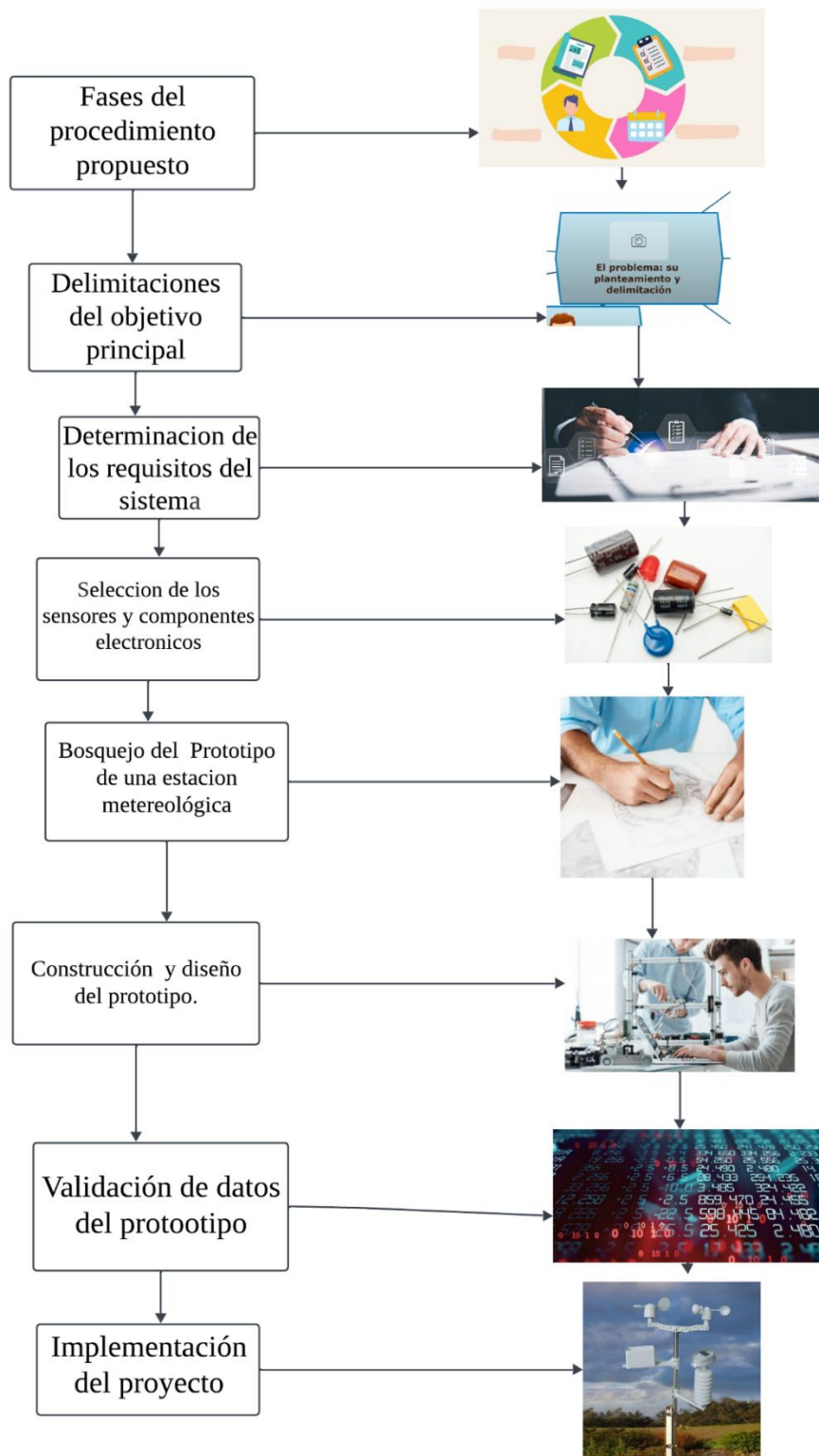


Figura 10. Fases del procedimiento propuesto

En la Figura 11. Se puede evidenciar un boceto de una estación meteorológica, en la cual se muestran los sensores que determinan los cambios climáticos.

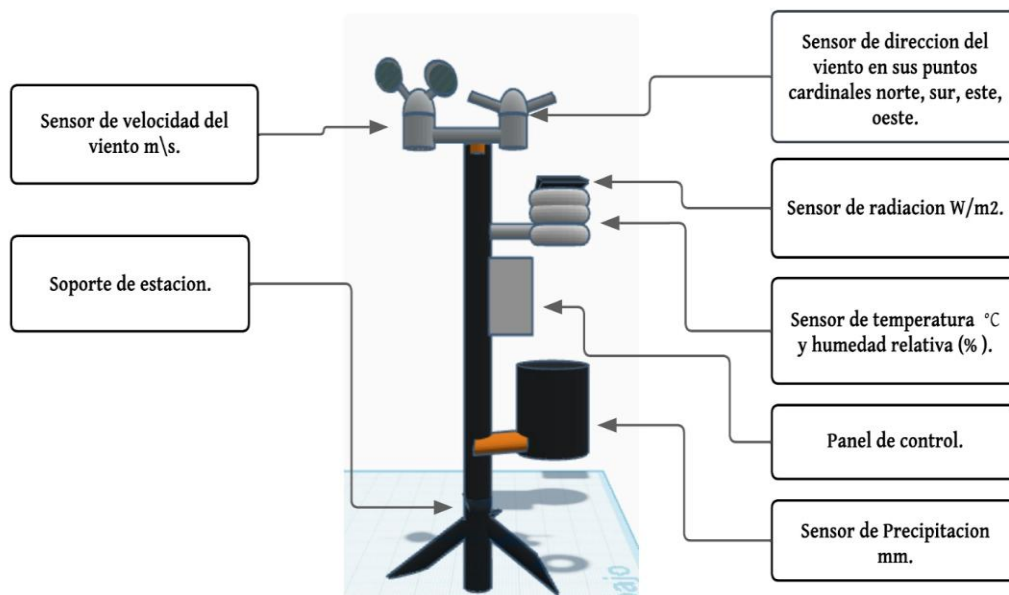


Figura 11. Boceto de una estación meteorológica

### 4.3. DETALLE DE LOS COMPONENTES DEL SISTEMA

En este apartado se especificará los componentes eléctricos y electrónicos que formaran parte del prototipo de una estación meteorológica, con los cuales se pretende usar dispositivos ideales para la construcción del prototipo.

#### 4.3.1. Sensor de Temperatura y Humedad


Para la selección del sensor de temperatura y humedad se tomaron en cuenta tres sensores que se encuentran en el mercado. En la Tabla 4. se puede evidenciar la selección del sensor de temperatura y humedad.

Tabla 4. Selección del Sensor de Temperatura Y Humedad

Tipos de Sensores	Características				
	Voltaje de alimentación	Rango de medida de la Temperatura	Precisión de medición de temperatura	Rango de medida de Humedad	Precisión de medición de humedad
DTH11	3.5 V a 5.5 V	0°C a 50°C	± 2.0 °C.	20% a 95%	4% RH
SHT25	2.1 V a 3.6 V	-40°C a 125°C	+/- 0.4 C	0% a 100%	+/- 1.8%
SHT30	3.3 V a 5 V	-10°C a 80 °C	± 0,5 °C	0% a 100%	±5,0% RH

El sensor “SHT30” se localiza en el grupo conformado por diversos tipos de sensores que tienen la capacidad de realizar la medición de variables atmosféricas como son la temperatura y la humedad, los mismos brindan la obtención de datos de una manera más amigable con el usuario, por tal motivo se escogió el sensor mencionado debido a que tiene una mayor precisión realizar la medición de temperatura y humedad en comparación con otros sensores que existen en el mercado [15]. En la siguiente Tabla 5. se muestra las características técnicas del sensor de Temperatura Y Humedad “SHT30”.

Tabla 5. Características técnicas del sensor de Temperatura Y Humedad “SHT30”

SENSOR	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Consumo de energía: 0,15 mW (promedio)</li> <li>• Tipo de interfaz: Interfaz de dos cables (digital)</li> <li>• Cable rojo – 5V</li> <li>• Cable verde - Cable SCA</li> <li>• Cable amarillo - Cable SDL</li> <li>• Cable negro - GND</li> <li>• La salida analógica del SHT30 se ajusta a un rango de voltaje comúnmente utilizado, como 0-3.3 voltios o 0-5 voltios</li> </ul>

#### 4.3.2. Sensor de Velocidad y Dirección del Viento


Para la selección del sensor de velocidad y dirección del viento se tomaron en cuenta tres sensores que se encuentran en el mercado. En la Tabla 6. se puede evidenciar la selección del sensor de velocidad y dirección del viento. El sensor de velocidad y dirección del viento identifica los cambios repentinos que se presenta en diversas horas del día, la medición de estas variaciones lo realiza el equipo denominado anemómetro. Para el desarrollo del prototipo de una estación meteorológica se eligió el sensor “RK120-01” el cual nos brinda una mejor capacidad de resolución de datos en cuanto a la velocidad y dirección. En la siguiente Tabla 7.

se muestra las características técnicas del sensor de velocidad y dirección del Viento “RK120-01”.

Tabla 6. Selección del Sensor de Velocidad y Dirección del Viento

Tipos de Sensores	Características				
	Velocidad del Viento		Dirección del Viento		
	Resolución	Precisión	Rango	Resolución	Precisión
Modelo GEO-WS Sensor de Viento Ultrasónico Biaxial	0.01 m/s	$\pm 0.6$ m / s	0 a 360°	1°	$\pm 2^\circ$
HOBO, RXW-WCG-900 Sensor ultrasónico de velocidad y dirección del viento	0.4 m / s	$\pm 0.8$ m / s	0 a 360°	1°	$\pm 4^\circ$
RK120-01 Sensor de velocidad y dirección del viento	0,1m/s	$\pm(0,3+0,0$ 3V) m/s	0-360°	1°	$\leq\pm 3^\circ$

Tabla 7. Características técnicas del sensor de velocidad y dirección del viento “RK120-01”

SENSOR	CARACTERISTICAS TÉCNICAS	
	Velocidad del Viento	Dirección del Viento
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Resolución: 0,1m/s</li> <li>• Velocidad del Viento inicial: 0,5m/s</li> <li>• Velocidad del Viento Limitada: 75m/s</li> <li>• Suministro: 5V (solo para salida digital),12-24VDC</li> <li>• Señal de salida: 5V, RS232, pulso (NPN, solo para velocidad de viento)</li> <li>• Temperatura de funcionamiento: -40°C-+70°C</li> <li>• Protección contra entrada: IP65</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rango: 0-360°</li> <li>• Resolución: 1°</li> <li>• Precisión: <math>\leq\pm 3^\circ</math></li> </ul>

### 4.3.3. Sensor de Radiación Solar PYR20

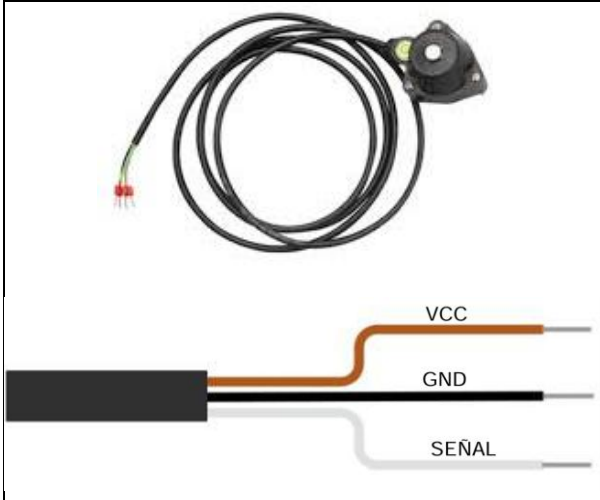
Para la selección del sensor de radiación solar se tomaron en cuenta tres sensores que se encuentran en el mercado. En la Tabla 8. se puede evidenciar la selección del sensor de radiación solar. Existen diversos tipos de sensores de radiación solar, cada uno de ellos tiene la capacidad de realizar la misma función. La mayoría de son desarrollados en placa PCB sin ningún tipo de protección lo que puede afectar los componentes que lo conforman.

Tabla 8. Selección del sensor de radiación solar

Tipos de sensores	Características				
	Voltaje de alimentación	Rango	Precisión	Resolución	Temperatura de funcionamiento
<b>UV, Ref. SU-221-SS</b> Sensor de Radiación Ultravioleta	2.7V a 5.5V	0-100 W/m <sup>2</sup>	+/- 10%	2W/m <sup>2</sup>	-35 a 85 °C
<b>UV 6490</b> Sensor de Radiación Solar	3 VDC	0 a 1.800 W/m <sup>2</sup>	±5%	1W/m <sup>2</sup>	-40°C a 65°C
<b>PYR20</b> Sensor de Radiación Solar	3.9-30 V/DC	0 a 2000 W/m <sup>2</sup>	±5%	1W/m <sup>2</sup>	-40~85°C

Analizando diversos parámetros del lugar de funcionamiento del prototipo se eligió un sensor que posea una estructura protectora se escogió el sensor de Radiación Solar “PYR20” [23]. En la siguiente Tabla 9. se muestra las características técnicas del sensor de Radiación Solar “PYR20”.

Tabla 9. Características técnicas del sensor de radiación solar “PYR20”

SENSOR	CARACTERISTICAS TÉCNICAS
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Interfaz de salida: <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Voltaje analógico 0-2V (Resistencia de salida ~0ohm)</li> <li>✓ Corriente analógica 4 a 20 mA (Resistencia de Carga &lt;500ohm)</li> <li>✓ RS485, ModbusRTU</li> </ul> </li> <li>• Fuente de alimentación: 3.9-30 V/DC</li> <li>• Rango Pyr: Rango: 0-2000W/m2</li> <li>• Clasificaciones de IP: IP65</li> <li>• Temperatura de funcionamiento: -40~85‘C°</li> </ul>

#### 4.3.4. Sensor de Precipitación

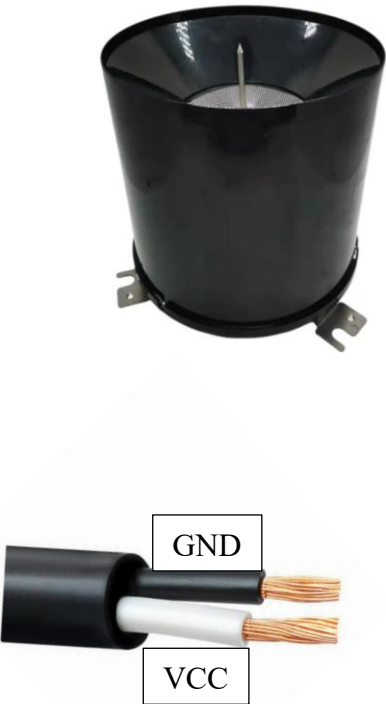
Para la selección del sensor de precipitación se tomaron en cuenta tres sensores que se encuentran en el mercado. En la Tabla 10. se puede evidenciar la selección del sensor de precipitación.

Tabla 10. Selección del sensor de precipitación

Tipos de Sensores	Características			
	Voltaje de alimentación	Temperatura funcionamiento	Humedad funcionamiento	Rango medido tamaño de gotas
TR-525USW Sensor de Precipitación	4.5 a 32 VDC	0 °C a 50 °C	0 a 100%	0,01mm a 0,2mm
SPR2S Sensor de Precipitación	4 a 32 VDC	-40 a +60°C	0 a 100%	0,3 a 5mm
modelo RD-RG-AHP-0.5-O-14 Sensor de Precipitación	4,5 ~ 30VDC	0 °C a 70 °C	<100%	0,2mm a 0,5mm

El sensor de Precipitación o conocido también como un pluviómetro es el encargado de realizar la medición del estado climático (lluvia), este dispositivo para poder operar debe situarse en la intemperie donde se vaya a realizar el monitoreo. Para lo cual se ha elegido un sensor que cumpla con estas características de impermeabilidad lo cual el sensor seleccionado es con el número de modelo RD-RG-AHP-0.5-O-14 [24]. En la siguiente Tabla 11. se muestra las características técnicas del sensor de precipitación con el número de modelo RD-RG-AHP-0.5-O-14.

Tabla 11. Características técnicas del sensor de precipitación con el número de modelo “RD-RG-AHP-0.5-O-14”

SENSOR	CARACTERISTICAS TÉCNICAS
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nombre del Producto: Pulso de 0,5mm/salida RS485 ABS balde basculante pluviómetro.</li> <li>• Material: ABS</li> <li>• Resolución: 0,2mm/0,5mm</li> <li>• Tamaño entrada de lluvia: <math>\Phi</math> 200mm</li> <li>• Rango de intensidad de lluvia: 0mm ~ 4 mm/min; Intensidad máxima de lluvia permitida 8 mm/min.</li> <li>• Salida: <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ R: RS485 (Protocolo Modbus-RTU estándar, dirección predeterminada del dispositivo: 01)</li> <li>✓ B: salida de pulso</li> <li>✓ C:4-20mA/0-5V/0-10V</li> </ul> </li> <li>• Fuente de alimentación: 4,5 ~ 30V CC (cuando la señal de salida es RS485)</li> <li>• Consumo energético: 0,24 W</li> <li>• Forma de envío: Salida de señal de encendido y apagado de interruptor de lengüeta bidireccional</li> <li>• Ambiente laboral: Temperatura ambiente: 0 °C ~ 70 °C</li> <li>• Tamaño: <math>\Phi</math> 220mm × 217mm</li> </ul>

#### 4.3.5. Microcontrolador ESP32

El microcontrolador seleccionado es el “ESP32”, dicho microcontrolador posee un microprocesador Xensa dual-Core 32-bits con tres tipos de memoria:

- Memoria ROM 448 KB
- Memoria SRAM 520 KB

- Memoria SRAM en RTC 16KB

Con este dispositivo obtenemos muchas ventajas de prestaciones ya que su microprocesador es mucho más eficiente y rápido [20]. En la Figura 12. se muestra las características técnicas del microcontrolador “ESP32”.

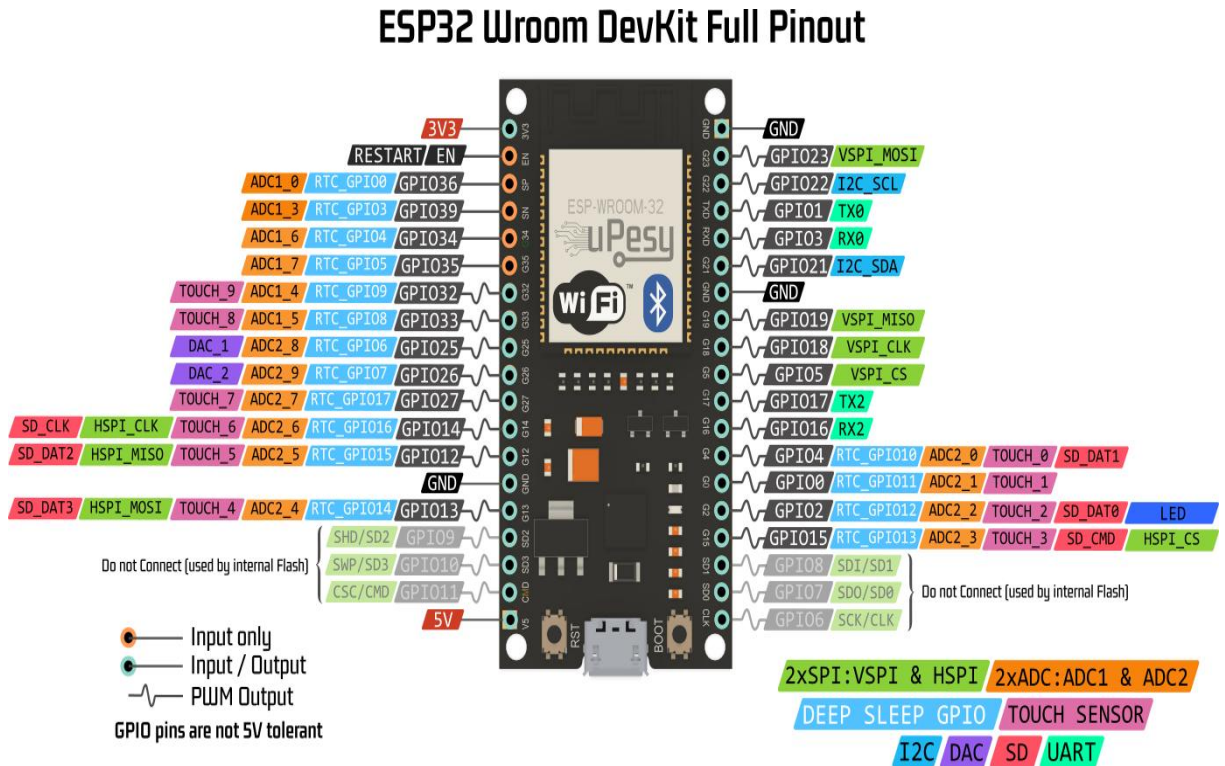


Figura 12. Microcontrolador ESP32 [23]

#### 4.3.6. Microcontrolador Atmega 2560

El microcontrolador ATmega 2560 o también conocido como Arduino mega 2560, es un dispositivo que tiene la capacidad de controlar la funcionalidad de diversos procesos, el mismo dispone 54 pines digitales de salida/entrada. La comunicación que se realiza entre una computadora y el microcontrolador se lleva a cabo mediante un dispositivo de transmisión de datos “USB” a “SERIE” por el cual se podrá compartir datos programados desde el software Arduino hasta el microcontrolador [3]. En la Figura 13. se muestra las características técnicas del Microcontrolador “ATmega 2560”.

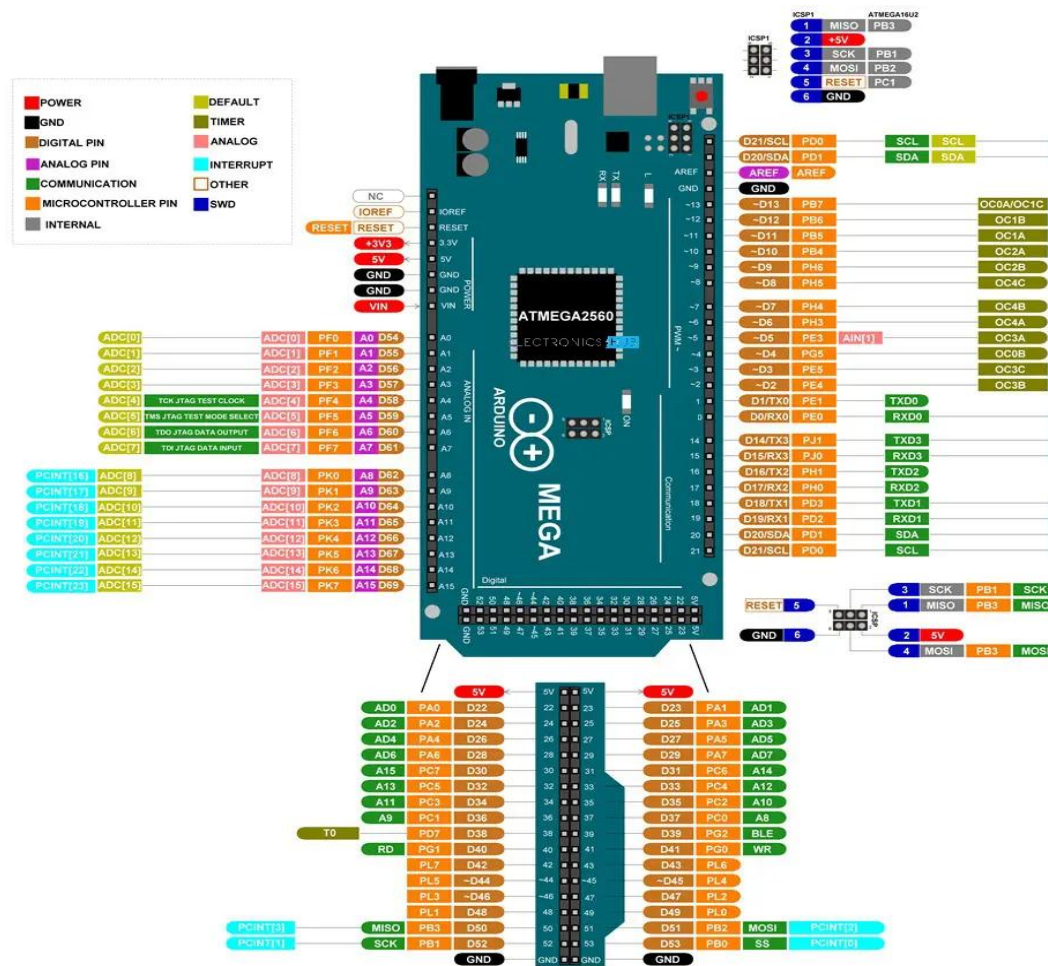


Figura 13. Características técnicas del Microcontrolador “ATmega 2560” [25]

#### 4.4. DETALLE DE LOS COMPONENTES DEL SISTEMA

Una vez seleccionados los componentes eléctricos para el diseño de una estación meteorológica se da inicio al desarrollo de la programación de cada sensor para así poder obtener datos meteorológicos.

##### 4.4.1. Estructura del sistema

Una estación meteorológica está compuesta por una estructura como se muestra en la Figura 14. en el cual se puede visualizar la operatividad del dispositivo, diversos sensores son los encargados de realizar la medición de distintas variables climáticas, toda esta información es recopilada por un microcontrolador (ATmega 2560), los registros son transmitidos a otro microprocesador (ESP32) el cual tiene la capacidad de transmitir los datos vía Wi-Fi a una plataforma “IoT”, la cual es la encargada de proyectar las mediciones de los parámetros atmosféricos para luego poder visualizarla y analizarla.

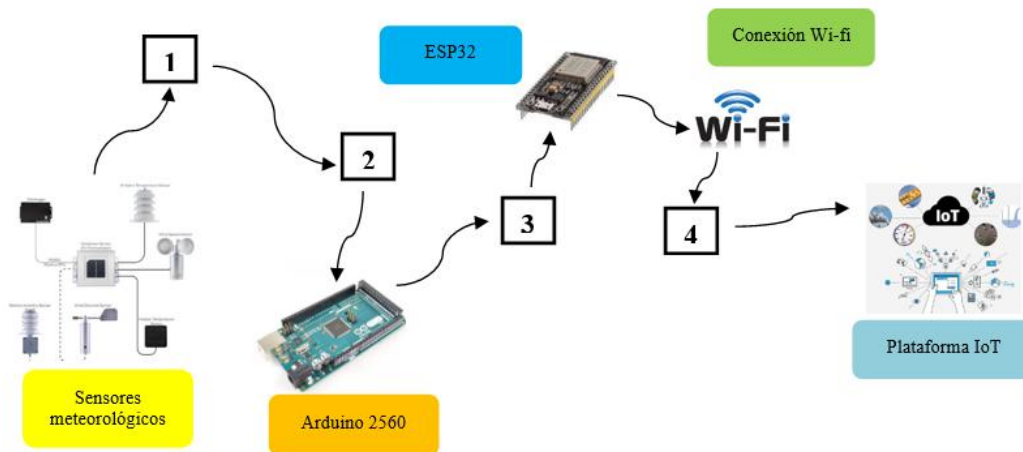


Figura 14. Estructura general del sistema

#### 4.4.2. Circuito eléctrico del sistema

El circuito eléctrico del sistema primeramente está constituido por una serie de sensores los que realizan las mediciones ambientales, el Arduino ATmega 2560 es el encargado de recopilarla información de los sensores para que esta luego sea transmitida al microcontrolador ESP32, este envía los datos a una plataforma virtual deltaelectronics3d, donde se podrá visualizar y analizar dicha información climática. En la Figura 15. se puede evidenciar el circuito eléctrico del sistema.

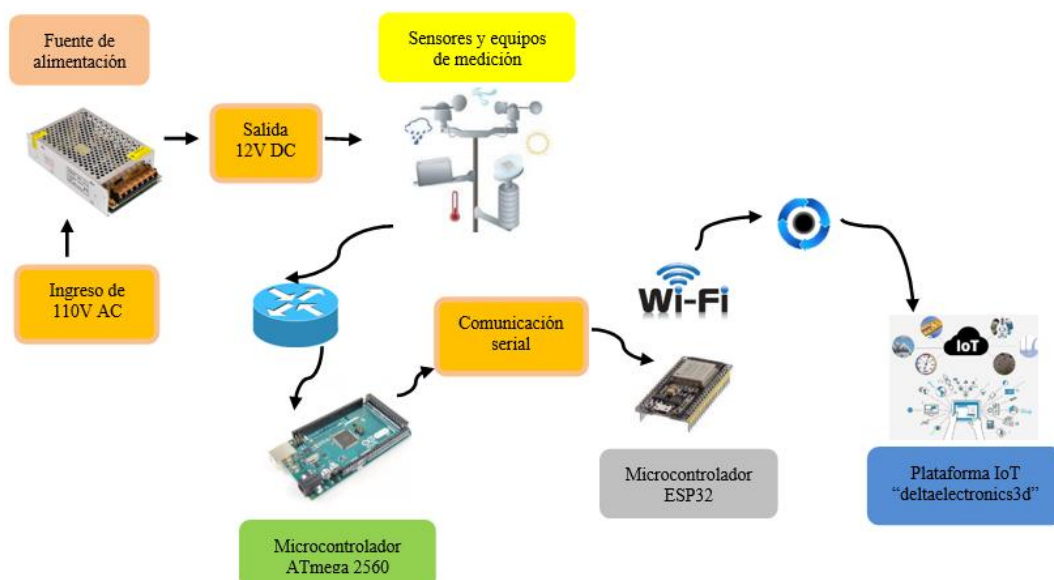


Figura 15. Circuito eléctrico del sistema

El sensor de temperatura y humedad se conecta a los puertos de comunicación SCA Y SDL, el sensor de velocidad se conecta a una resistencia 10 kΩ y en paralelo un capacitor de 100 nano faradios y esta se establece una conexión a un puerto digital con señal de PWM, el sensor de dirección del viento se conecta a una resistencia de 10 kΩ y el otro extremo se enlaza a un

puerto analógico, el sensor de radiación solar se conecta a un pin analógico, el sensor de precipitación se comunica mediante la interconexión a un puerto digital PWM, todas estas conexiones se encuentran incorporados en el Arduino mega 2560.

El desarrollo del plano eléctrico del sistema refleja las conexiones de los sensores juntamente con el microcontrolador ARDUINO ATmega 2560 y el microprocesador ESP32, el mismo se ve reflejado en el Anexo 2.

#### 4.5. SELECCIÓN DE LA PLATAFORMA IoT

Existen diversas plataformas IoT en el mercado donde ofrecen varios beneficios pero lo cual se analizó precios de los paquetes en el mercado sus utilidades en el número de dispositivos, datos de programación y usuarios. En la Tabla 12. se puede visualizar la selección de la plataforma IoT.

Tabla 12. Selección de la plataforma IoT

Plataformas	Beneficios	Precios de Paquetes	Dispositivos y usuarios	Desventajas
Plataforma IoT Ubidots	Tiene la capacidad de recibir, almacenar y monitorear datos en tiempo real.	Plan educativo no tiene costo envía 4000 datos.	10 dispositivos de monitoreo, 3 usuarios.	En el plan educativo no almacena más de 4000 datos, límite corto de usuarios.
		Plan profesional cuesta 99 dólares para mensuales mejor retención de la información.	50 dispositivos de monitoreo, 10 usuarios.	
		Plan Industrial tiene un costo de 499 dólares al mes.	500 dispositivos de monitoreo, 50 usuarios.	
		Plan empresarial tiene un costo dependiendo las características que solicite el usuario.	De acuerdo con lo que requiera el usuario.	

Continuación:

Plataforma IoT Blynk	La plataforma IoT Blynk permite el control y monitoreo de cualquier tipo de proyecto desde un sistema iOS Android	Versión básica es gratis es una versión estudiantil no tiene costo retención de la información durante una semana.	10 dispositivos de monitoreo, 1 usuario.	La versión gratuita solo puede registrar un usuario, poco tiempo de retención de información
		Plan pro tiene un costo de \$99 dólares por mes retención de la información durante 6 meses.	500 dispositivos de monitoreo, 10 usuarios	
		Plan empresarial: capacidad personalizada de acuerdo con las exigencias del usuario.	Según el usuario lo requiera.	
Plataforma IoT Things Board	Es una plataforma de código abierto donde almacena datos en la nube.	Plan fabricante costo de \$10 dólares retención de la información un mes.	30 dispositivos y un soporte de 4 usuarios.	Todos los planes son pagados, poco tiempo de retención de información
		Plan prototipo costo de 149 dólares, retención de la información un mes.	100 dispositivos, soporte de 10 usuarios.	
		Plan puesto en marcha costo de 399 dólares por mes retención de la información un mes	500 dispositivos, soporte de 25 usuarios.	
		Plan Negocio costo de 749 dólares por mes retención de la información un mes	1000 dispositivos, soporte de 50 o más usuarios.	

Continuación:

Plataforma IoT deltaelectronics3d	Es una plataforma desarrollada con el objetivo de ser más accesible a las necesidades del usuario	Plan básico nos permite tomar varios datos a disposición de costo de \$5 dólares mensuales.	14 dispositivos, sin límite de usuarios	Todos los planes son pagados
		Plan profesional cuesta \$25 dólares mensuales, mejor retención de la información.	50 dispositivos de monitoreo, sin límite de usuarios	
		Plan empresarial	Plan el costo depende de las características establecidas por el usuario.	

En la Figura 16. se puede visualizar la gráfica de los planes de todas las plataformas IoT.

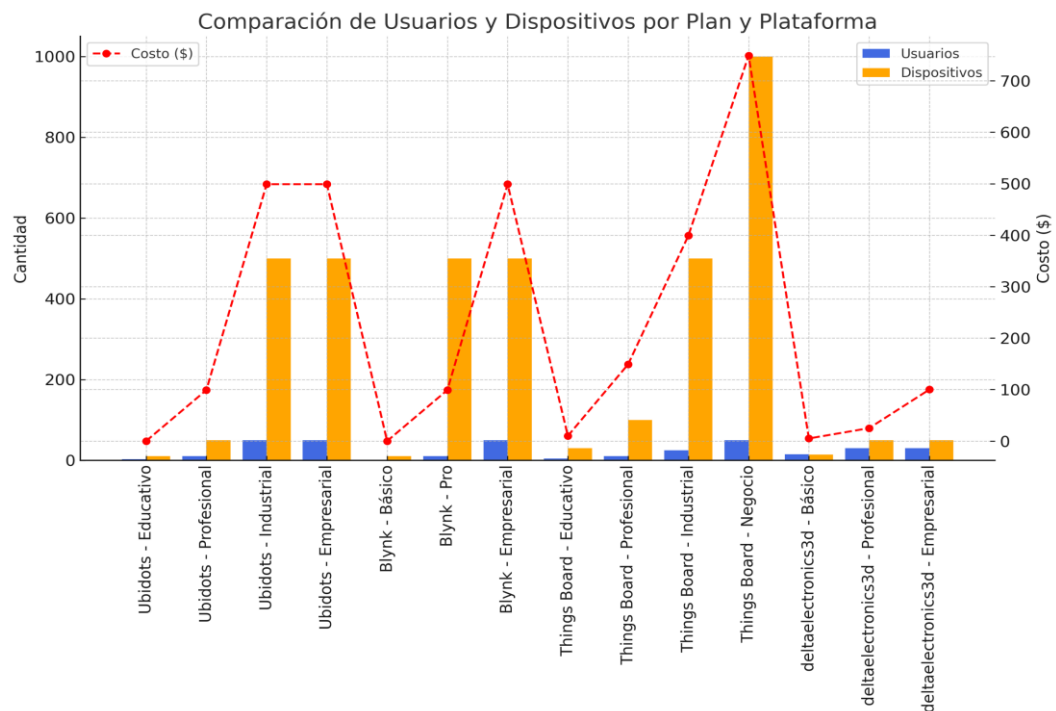


Figura 16. gráfica de los planes de todas las plataformas IoT

Se escogió la plataforma deltaelectronics3d por su confiabilidad en el almacenamiento de datos meteorológicos, no tiene límite de usuarios para poder monitorear y su costo es cómodo ya que la retención de información se encuentra dentro de la nube de la plataforma hasta que el usuario decida eliminarla.

La plataforma deltaelectronics3d se realiza una configuración dentro de la programación del Arduino donde se ancla a una red wifi donde se inserta el usuario y contraseña del internet Para acceder a los datos de la estación ponemos el usuario con su respectiva clave de acceso se desplegará las diferentes variables de los sensores con sus respectivas mediciones. En todos los planes los datos se almacenan hasta que el usuario decida eliminarlos, en el Anexo 7 se puede visualizar el manual configuración de la plataforma deltaelectronics3d.

El plan con el que se realizó el monitoreo es el básico el cual tiene un costo de \$5 dólares esta plataforma permite visualizar los datos medidos por los sensores, también permite 14 dispositivos de monitoreo y un almacenamiento confiable.

#### 4.6. DIAGRAMA DE CONEXIÓN

El diagrama de conexión muestra todas las conexiones de todos los sensores con el microcontrolador Arduino 2560 el cual es el encargado de recopilar toda la información.

##### 4.6.1. Diagrama de conexión del sensor de temperatura y humedad

En la Figura 17. se muestra la conexión del sensor de temperatura y humedad desde la fuente de voltaje, las señales de comunicación del sensor con el Arduino mega 2560.

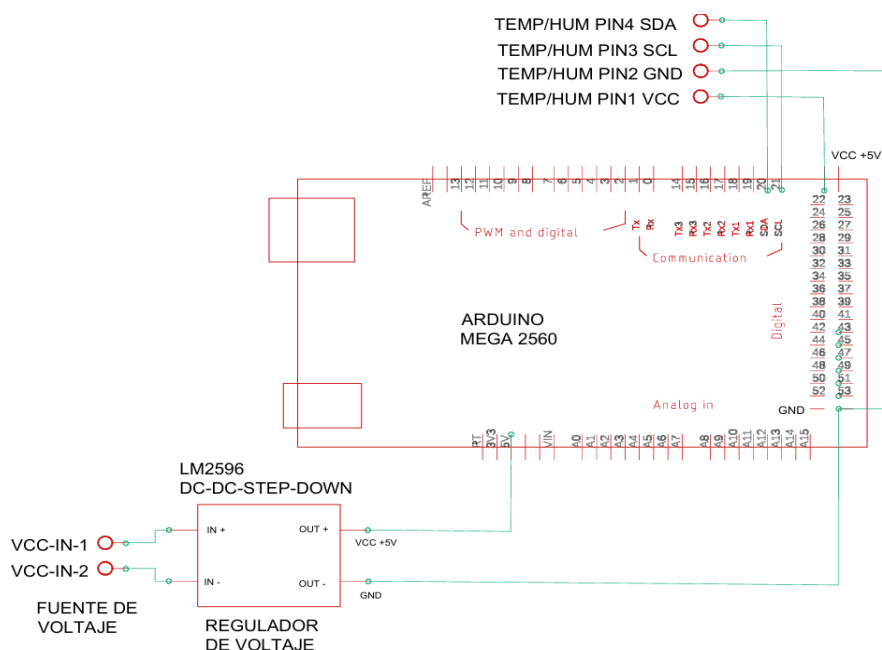


Figura 17. Conexión del sensor de temperatura y humedad

#### 4.6.2. Diagrama de conexión del sensor de velocidad y dirección del viento

En la Figura 18. se muestra la conexión del sensor de velocidad y dirección del viento desde la fuente de voltaje, las señales de comunicación del sensor con el Arduino mega 2560.

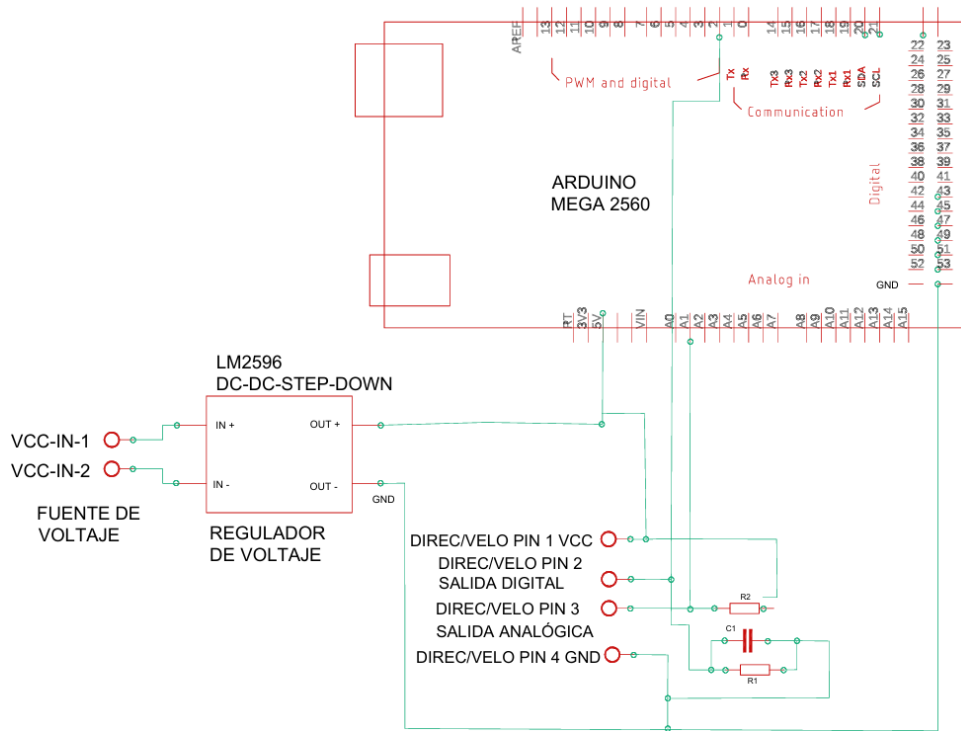


Figura 18. Conexión del sensor de velocidad y dirección del viento

#### 4.6.3. Diagrama de conexión del sensor de radiación solar

En la Figura 19. se muestra la conexión del sensor de radiación solar desde la fuente de voltaje, las señales de comunicación del sensor con el Arduino mega 2560.

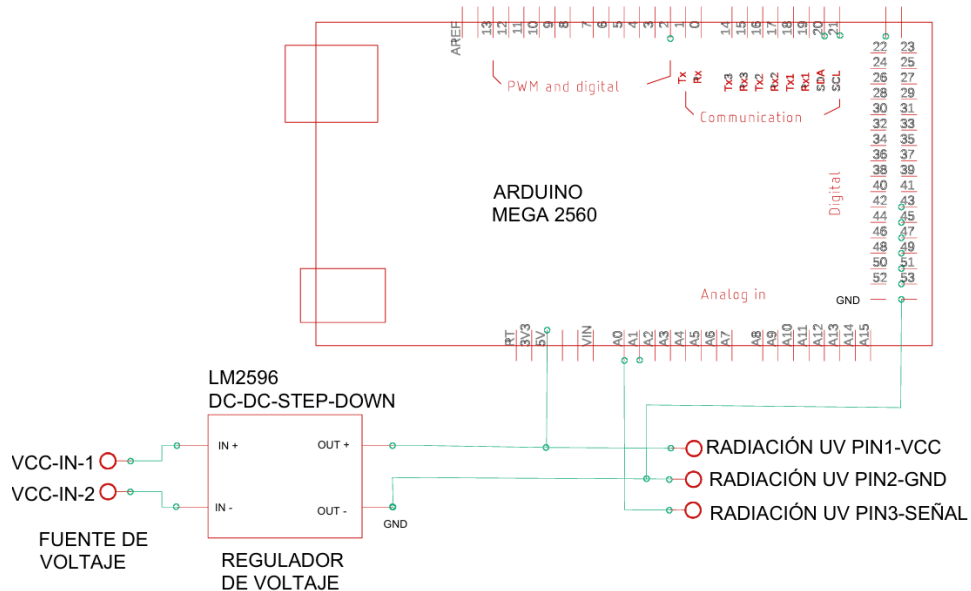


Figura 19. Conexión del sensor de radiación solar

#### 4.6.4. Diagrama de conexión del sensor de precipitación

En la Figura 20. se muestra la conexión del sensor de precipitación desde la fuente de voltaje, las señales de comunicación del sensor con el Arduino mega 2560.

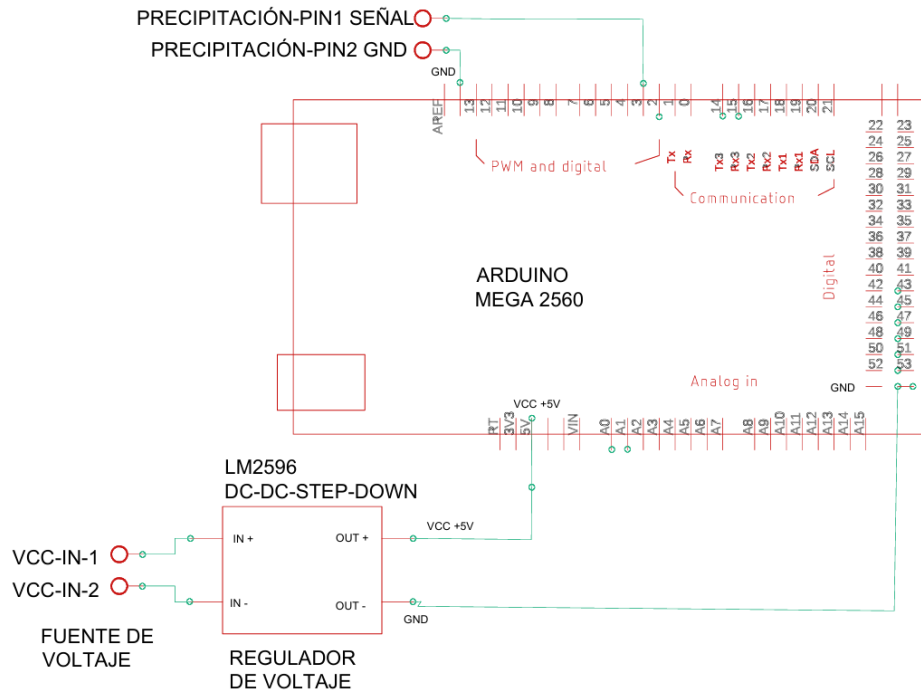


Figura 20. Conexión del sensor de precipitación

### 4.7. DESARROLLO DEL SISTEMA

Para el funcionamiento del sistema de una estación meteorológica, es necesario que los diversos sensores tengan una conexión con la plataforma “deltaelectronics3d” mediante el uso de microcontroladores los cuales nos permiten la recolección y el procesamiento de diversos datos meteorológicos, también permite la comunicación mediante un interfaz “Wi-Fi”, el mismo que nos permite la transferencia de datos obtenidos a partir medición de los diversos sensores meteorológicos para que el usuario pueda visualizarlos.

#### 4.7.1. Diseño de la placa del sistema

Para el diseño de la placa del sistema se debió tener en cuenta las diferentes características técnicas de cada uno de los sensores de acuerdo con las especificaciones de los fabricantes. El diseño se lo realizo en el Software “Eagle”. En Anexo 5 se puede visualizar el desarrollo del esquema de la PCB.

#### 4.7.2. Diagrama de flujo

En este apartado se presenta los diagramas de flujo como son del microcontrolador Arduino 2560 y del microprocesador ESP32 el cual envía información hacia la plataforma IoT

“deltaelectronics3d” la cual nos permitirá visualizar los datos recopilados por los diversos sensores climáticos. A continuación, se detallará la funcionalidad de cada uno de ellos.

En la Figura 21. se puede visualizar la comunicación de Arduino con los sensores encargados de la medición de cada variable meteorológica.

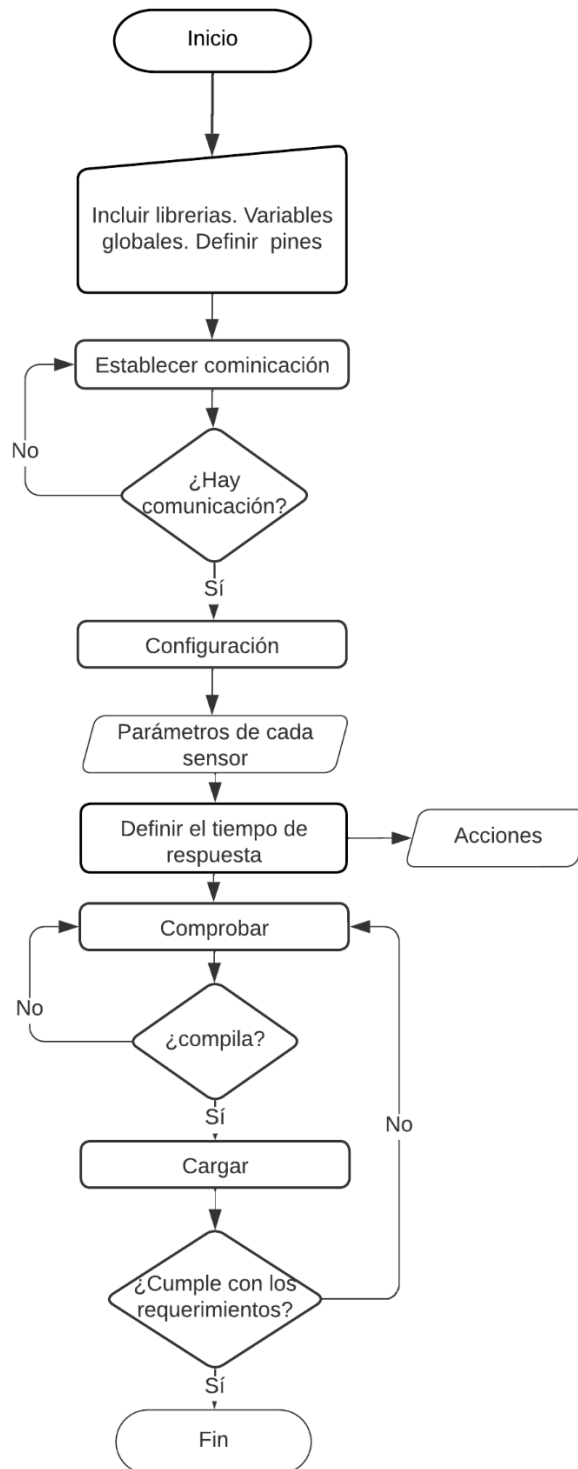


Figura 21. Diagrama de comunicación de los sensores con el Arduino

Inicia con un interfaz de comunicación entre los sensores y el Arduino el cual obtiene los datos que son medidos por parte de cada sensor meteorológico, seguidamente desarrolla un interfaz de comunicación con el ESP32 el cual es el encargado de enviar los datos que el Arduino proporciona a una plataforma IoT la cual permite a un usuario la verificación y el monitoreo en tiempo real de todos los parámetros ambientales que se están midiendo. En la Figura 22. se puede visualizar la comunicación del ESP32 con la plataforma deltaelectronics3d la cual facilita la monitorización en tiempo real y es la encargada de almacenar los datos obtenidos de todas las mediciones realizadas por los sensores meteorológicos.

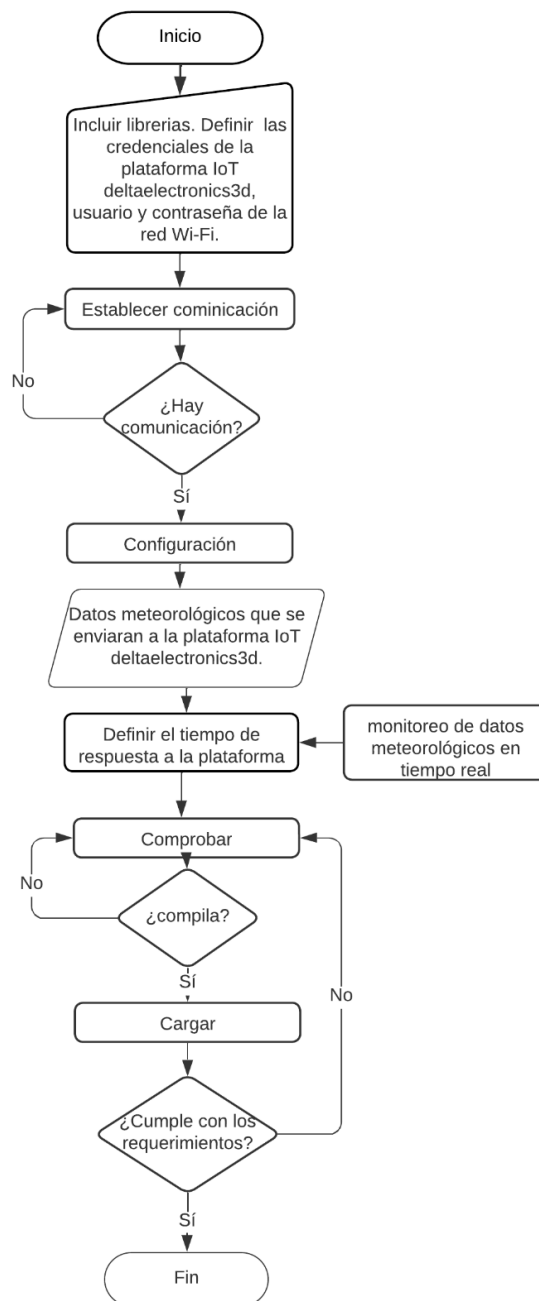


Figura 22. Diagrama de comunicación del ESP32 con la plataforma deltaelectronics3d

## 5. ANÁLISIS DE RESULTADOS

En el presente capítulo se presenta la verificación del funcionamiento de la estación meteorológica automática UTC 1, mediante la comparación de información adquirida por los sensores meteorológicos, donde se observa la eficiencia en la adquisición de datos de temperatura, humedad, velocidad del viento, radiación y precipitación. La recopilación de registros de las mediciones se realizó cuando ambas estaciones se encontraban en la misma ubicación.

En el Anexo 19 se puede visualizar el Certificado de los datos meteorológicos que registran los equipos de la estación meteorológica Salache UTC son remitidos mensualmente al Instituto nacional de Meteorología e Hidrología.

### 5.1. VALIDACION DEL FUNCIONAMIENTO DEL PROTOTIPO

Para la validación del funcionamiento del prototipo se analiza el porcentaje de error entre la estación meteorológica automática UTC 1 y la estación meteorológica Salache UTC ubicada en la Universidad Técnica de Cotopaxi, para realizar una comparación del porcentaje de error en la lectura de datos meteorológicos en el mes de noviembre y diciembre del 2024, primero se realiza el cálculo el error absoluto para ello se utiliza la ecuación 5.1.

$$\text{Error absoluto} = |\text{valor medido} - \text{valor verdadero}| \quad (5.1.)$$

Donde:

*Valor medido* = valor de la estación meteorológica automática UTC 1

*Valor medido* = valor de la estación meteorológica Salache UTC

Una vez calculado el error absoluto se realiza el cálculo del error porcentual, para ello se utiliza la ecuación 5.2.

$$\text{Error Porcentual} = \left| \frac{\text{Error absoluto}}{\text{Valor verdadero}} * 100\% \right| \quad (5.2.)$$

Donde:

*Error absoluto* = Error absoluto

*Valor medido* = valor de la estación meteorológica Salache UTC

Para el cálculo de la desviación estándar se utiliza la ecuación 5.3.

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(x_n - \bar{x})^2}{n}} \quad (5.3.)$$

Donde:

$\sigma$  = Desviación estándar

$x_n$  = Observación del número de la variable

$\bar{x}$  = es la media aritmética

$n$  = número de observaciones

El prototipo recolecta al día 504 datos por variable de medición dentro de la estación tenemos 6 parámetros, entonces tenemos 3024 datos al día por todas las condiciones meteorológicas medidas.

### **5.1.1. Análisis de datos del sensor de Temperatura y Humedad**

#### **5.1. 1.1. Validación del funcionamiento del sensor de temperatura**

En este apartado se analiza los datos de obtenidos de temperatura de la estación meteorológica automática UTC 1 y de la estación meteorológica Salache UTC ubicada en la Universidad Técnica de Cotopaxi para realizar una comparación del porcentaje de error en la lectura de datos meteorológicos en el mes de noviembre y diciembre del 2024.

En la Tabla 13. se muestra la validación del sensor de temperatura con los datos obtenidos de dos estaciones meteorológicas para poder calcular y verificar el porcentaje de error que existe en la recopilación de los datos brindados por el sensor de temperatura.

**Nota.** Los casilleros vacíos de la tabla que se muestran a continuación son de cortes del servicio eléctrico, por el motivo que en esos horarios no se encontraba en funcionamiento la estación meteorológica automática UTC 1.

Tabla 13. Validación del funcionamiento del sensor de temperatura

Validación del funcionamiento de la variable de temperatura										
Mes	Días	Temperaturas diarias del mes de noviembre y diciembre de la estación meteorológica automática UTC 1			Temperaturas diarias del mes de diciembre de la estación meteorológica Salache UTC			Error Porcentual		
		Horas			Horas			Horas		
		7:00 a.m.	13:00 p.m.	19:00 p.m.	7:00 a.m.	13:00 p.m.	19:00 p.m.	7:00 a.m.	13:00 p.m.	19:00 p.m.
Noviembre	15		24.84		10.0	23.2	18.1		7.07%	
Noviembre	16		22.57		12.0	23.2	15.1		2.72%	
Noviembre	17	11.92	22.19	15.4	12.6	24.0	14.4	5.40%	7.54%	6.94%
Noviembre	18	12.75	22.51	15.4	14.2	21.5	14.6	10.21%	4.70%	5.48%
Noviembre	19		24.14	14.23	24.0	22.8	13.1		5.88%	8.63%
Noviembre	20	11.48	24.05	15.17	13.1	24.0	17.2	12.37%	0.21%	11.80%
Noviembre	21	12.43	19.45	14.17	13.1	20.1	12.9	5.11%	3.23%	9.84%
Noviembre	22	8.67	22.83	14.49	8.4	21.0	13.4	3.21%	8.71%	8.13%
Noviembre	23	9.79			10.9	20.8	15.0	10.18%		
Noviembre	24		17.7	12.99	17.1	18.2	14.2		2.75%	8.52%
Noviembre	25		15.7	12.05	12.4	17.5	13.3		10.29%	9.40%
Noviembre	26		19.87	12.93	13.1	22.1	14.4		10.09%	10.21%
Noviembre	27		17.7	13.05	14.0	19.4	12.1		8.76%	7.85%
Noviembre	28		19.85		11.6	17.9	13.4		10.89%	
Noviembre	29		18.65	13.67		18.2	13.4		2.47%	2.01%
Noviembre	30	11.04	16.49	13.41	12.7	18.1	11.8	13.07%	8.90%	13.64%
Diciembre	1	6.36	20.78	17.51	7.4	22.9	15.6	13.82%	9.26%	12.24%
Diciembre	2	6.87	22.84		7.4	23.0	20.1	7.16%	0.70%	
Diciembre	3	12.86	20.87		13.0	21.4	15.1	1.08%	2.48%	
Diciembre	4	12.21	21.23		13.2	20.0	14.0	7.50%	6.15%	
Diciembre	5	13.52	19.12		13.6	19.2	14.0	0.59%	0.42%	
Diciembre	6	11.66	22.39	14.12	12.1	22.0	12.9	3.64%	1.77%	9.46%
Diciembre	7	12.04	15.96	13.79	13.2	17.1	12.8	8.79%	6.67%	7.73%
Diciembre	8		20.15	13.31	11.4	20.0	14.2		0.75%	6.27%
Diciembre	9	10.25	17.32	13.9	11.0	18.3	15.1	6.82%	5.36%	7.95%
Diciembre	10	10.71	16.78	12.34	11.6	18.4	12.3	7.67%	8.80%	0.33%
Diciembre	11	11.12	18.14	14.3	11.9	18.4	13.4	6.16%	1.41%	6.72%
Diciembre	12			16.5	12.2	22.0	14.9			10.74%
Diciembre	13	12.47	26.02	12.95	12.8	24.4	14.2	2.58%	6.64%	8.80%
Diciembre	14		20.35	13.99	11.1	21.1	13.2		3.55%	5.98%
Diciembre	15	9.32	22.48	15.29	10.1	23.0	15.1	7.72%	2.26%	1.26%

Continuación:

Diciembre	16	11.29	20.03	13.8	12.0	19.2	14.0	5.92%	4.32%	1.43%
Diciembre	17	11.66	17.49	13.02	12.4	18.2	13.2	5.97%	3.90%	1.36%
Diciembre	18	11.88	18.72	13.34	12.3	19.1	13.2	3.41%	1.99%	1.06%
Diciembre	19			14.04	11.3	18.2	12.6			11.43%
Diciembre	20	11.48	17.43	14.79	12.3	18.0	14.0	6.67%	3.17%	5.64%
Diciembre	21	10.74	19.27	15.92	10.4	20.3	15.3	3.27%	5.07%	4.05%
Diciembre	22	10.56	20.77	16.66	11.8	21.8	15.4	10.51%	4.72%	8.18%
Diciembre	23	12.18	17.73	14.25	12.8	18.0	14.0	4.84%	1.50%	1.79%
Diciembre	24	9.89	19.38	12.87	10.4	21.9	12.2	4.90%	11.51%	5.49%
Diciembre	25	11.75	20.59	15.21	13.1	22.2	13.9	10.31%	7.25%	9.42%
Diciembre	26	11.17	19.2	13.78	13.1	22.0	12.6	14.73%	12.73%	9.37%
Diciembre	27	10.18	15.82	13.38	10.3	15.1	13.2	1.17%	4.77%	1.36%
Diciembre	28	10.73	18.47		10.3	16.5	14.1	4.17%	11.94%	
Porcentaje promedio de error total por hora del día								6.53%	5.32%	6.68%
Porcentaje promedio de error total al día								6.18%		

En la tabla anterior se puede evidenciar el porcentaje de error en los datos de temperatura de las dos estaciones meteorológicas se encuentran dentro de un rango aceptable del 6.18% de error por lo que se llega a la conclusión que el sensor se encuentra operando correctamente. En la tabla 14. se puede visualizar la desviación estándar del mes de noviembre y diciembre por hora del día.

Tabla 14. Desviación estándar del mes de noviembre y diciembre por hora del día.

Desviación estándar		
Horas		
7:00 a.m.	13:00 p.m.	19:00 p.m.
2.50	3.99	2.66

A continuación, se muestra la gráfica del mes de noviembre y diciembre en las que se puede visualizar los cambios de temperatura de la estación meteorológica automática UTC 1. En la Figura 23. se puede visualizar la gráfica del cambio de temperatura del mes de noviembre y diciembre del 2024.

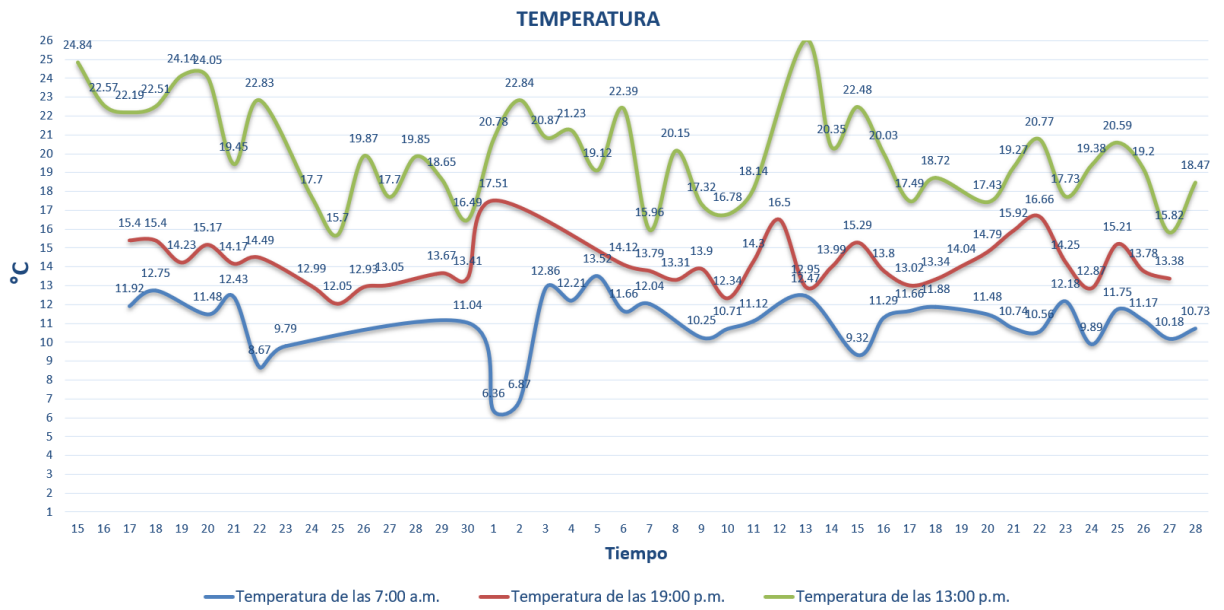


Figura 23. Gráfica del cambio de temperatura del mes de noviembre y diciembre del 2024

En el anexo 8 se puede visualizar la tabla que muestra las temperaturas máximas y mínimas obtenidas de la estación meteorológica automática UTC 1 en el mes de noviembre y diciembre del 2024.

En el anexo 9 se puede visualizar la tabla que muestra los datos de temperatura obtenidos de la estación meteorológica Salache UTC ubicada en la Universidad Técnica de Cotopaxi en el mes de noviembre y diciembre del 2024.

En la Figura 24. Se pueden evidenciar todos los datos de temperatura monitoreados del mes de noviembre y diciembre del 2024

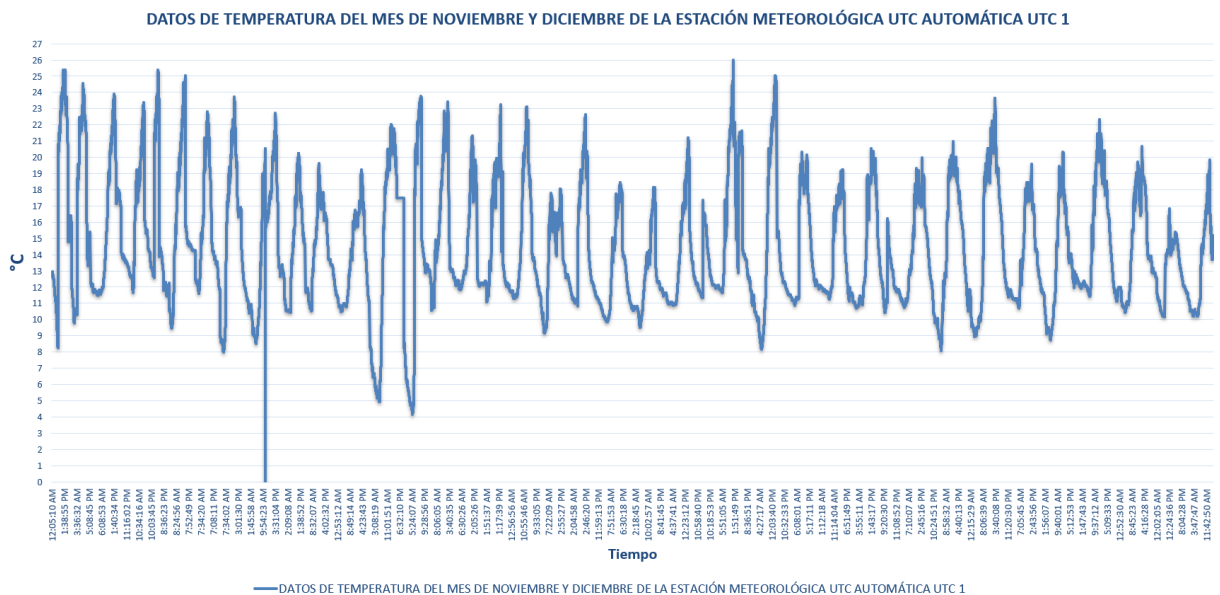


Figura 24. Gráfica de todos los datos de temperatura monitoreados del mes de noviembre y diciembre del 2024

### 5.1.1.2. Validación del funcionamiento del sensor de humedad relativa

En este apartado se analiza los datos de obtenidos de humedad relativa de la estación meteorológica automática UTC 1 y de la estación meteorológica Salache UTC ubicada en la Universidad Técnica de Cotopaxi para realizar una comparación del porcentaje de error en la lectura de datos meteorológicos en el mes de noviembre y diciembre del 2024. En la Tabla 15. se muestra la validación del sensor de Humedad relativa de los datos obtenidos de dos estaciones meteorológicas para poder calcular y verificar el porcentaje de error que existe en la recopilación de los datos brindados por el sensor de humedad relativa.

**Nota.** Los casilleros vacíos de la tabla que se muestran a continuación son de cortes del servicio eléctrico, por el motivo que en esos horarios no se encontraba en funcionamiento la estación meteorológica automática UTC 1.

Tabla 15. Validación del funcionamiento del sensor de humedad relativa

Validación del funcionamiento de la variable de humedad relativa										
Mes	Días	Humedad relativa diaria del mes de noviembre y diciembre de la estación meteorológica automática UTC 1			Humedad relativa diaria del mes de diciembre de la estación meteorológica Salache UTC			Error Porcentual		
		Horas			Horas			Horas		
		7:00 a.m.	13:00 p.m.	19:00 p.m.	7:00 a.m.	13:00 p.m.	19:00 p.m.	7:00 a.m.	13:00 p.m.	19:00 p.m.
Noviembre	15		75.96		73.0	70.0	91.0		8.51%	
Noviembre	16		83.97		92.0	78.0	73.0		7.65%	
Noviembre	17	97.9	50.76	69.2	96.0	53.0	76.0	1.98%	4.23%	8.95%
Noviembre	18	87.77	47.8	69.2	84.0	46.0	78.0	4.49%	3.91%	11.28%
Noviembre	19		42.9	81.8	37.0	48.0	90.0		10.63%	9.11%
Noviembre	20	86.02	43.33	69.15	78.0	49.0	76.0	10.28%	11.57%	9.01%
Noviembre	21	89.53	58.28	77.04	81.0	63.0	73.0	10.53%	7.49%	5.53%
Noviembre	22	94.07	46.44	66.04	98.0	51.0	72.0	4.01%	8.94%	8.28%
Noviembre	23	86.04			86.0	94.0	75.0	0.05%		
Noviembre	24		64.25	76.86	83.0	72.0	88.0		10.76%	12.66%
Noviembre	25		68.2	83.63	98.0	73.0	93.0		6.58%	10.08%
Noviembre	26		58.54	77.28	89.0	62.0	70.0		5.58%	10.40%
Noviembre	27		64.25	88.81	81.0	62.0	79.0		3.63%	12.42%
Noviembre	28		64.12		72.0	70.0	80.0		8.40%	
Noviembre	29		61.57	83.26		66.0	79.0		6.71%	5.39%
Noviembre	30	65.1	69.77	81.82	60.0	78.0	94.0	8.50%	10.55%	12.96%
Diciembre	1	85.8	43.62	92.1	87.0	50.0	85.0	1.38%	12.76%	8.35%

Continuación:

Diciembre	2	85.8	41.82		86.0	47.0	64.0	0.23%	11.02%	
Diciembre	3	94.55	54.17		85.0	60.0	94.0	11.24%	9.72%	
Diciembre	4	87.41	57.45		94.0	63.0	85.0	7.01%	8.81%	
Diciembre	5	96.2	61.04		90.0	68.0	82.0	6.89%	10.24%	
Diciembre	6	90.46	46.87	87.73	93.0	51.0	98.0	2.73%	8.10%	10.48%
Diciembre	7	85.19	76.28	92.59	76.0	70.0	87.0	12.09%	8.97%	6.43%
Diciembre	8		61.25	84.27	98.0	58.0	76.0		5.60%	10.88%
Diciembre	9	71.91	70.01	82.44	80.0	73.0	85.0	10.11%	4.10%	3.01%
Diciembre	10	73.6	80.71	88.2	82.0	90.0	90.0	10.24%	10.32%	2.00%
Diciembre	11	98.77	73.32	83.36	96.0	67.0	90.0	2.89%	9.43%	7.38%
Diciembre	12			71	91.0	89.0	80.0			11.25%
Diciembre	13	96.5	39.94	97.87	86.0	41.2	91.0	12.21%	3.06%	7.55%
Diciembre	14		62.01	95.8	93.0	57.0	98.0		8.79%	2.24%
Diciembre	15	96.98	48.28	99.68	90.0	53.0	95.0	7.76%	8.91%	4.93%
Diciembre	16	87.37	71.81	93.85	94.0	67.0	86.0	7.05%	7.18%	9.13%
Diciembre	17	98.39	76.46	94.93	92.0	79.0	88.0	6.95%	3.22%	7.88%
Diciembre	18	95.32	70.52	92.92	89.0	63.0	85.0	7.10%	11.94%	9.32%
Diciembre	19			78.54	89.0	61.0	83.0			5.37%
Diciembre	20	84.27	77.4	81.07	89.0	72.0	75.0	5.31%	7.50%	8.09%
Diciembre	21	78.52	61.76	75.7	86.0	56.0	73.0	8.70%	10.29%	3.70%
Diciembre	22	75.31	57.42	72.14	85.0	64.0	79.0	11.40%	10.28%	8.68%
Diciembre	23	83.48	68.97	81.46	90.0	65.0	75.0	7.24%	6.11%	8.61%
Diciembre	24	64.17	59.94	97.1	70.0	56.0	88.0	8.33%	7.04%	10.34%
Diciembre	25	80.88	61.47	77.8	84.0	56.0	84.0	3.71%	9.77%	7.38%
Diciembre	26	95.7	67.4	97.52	88.0	72.0	88.0	8.75%	6.39%	10.82%
Diciembre	27	97.3	89.73	93.5	98.0	81.0	88.0	0.71%	10.78%	6.25%
Diciembre	28	75.6	75.23		78.0	69.0	62.0	3.08%	9.03%	
Porcentaje promedio de error total por hora del día								6.34%	7.96%	7.95%
Porcentaje promedio de error total al día								7.42%		

En la tabla anterior se puede evidenciar el porcentaje de error en los datos de Humedad relativa de las dos estaciones meteorológicas los cuales se encuentran dentro de un rango aceptable del 7.42% de error por lo que se llega a la conclusión que el sensor se encuentra operando correctamente. En la tabla 16. se puede visualizar la desviación estándar del mes de noviembre y diciembre por hora del día.

Tabla 16. Desviación estándar del mes de noviembre y diciembre por hora del día.

Desviación estándar		
Horas		
7:00 a.m.	13:00 p.m.	19:00 p.m.
18.07	15.64	16.86

Se muestra la gráfica del mes de noviembre y diciembre en la que se puede visualizar los cambios de humedad relativa de la estación meteorológica automática UTC 1. En la Figura 25. se puede visualizar la gráfica del cambio de humedad relativa del mes de noviembre y diciembre del 2024.

Universidad Técnica de Cotopaxi en el mes de noviembre y diciembre del 2024.

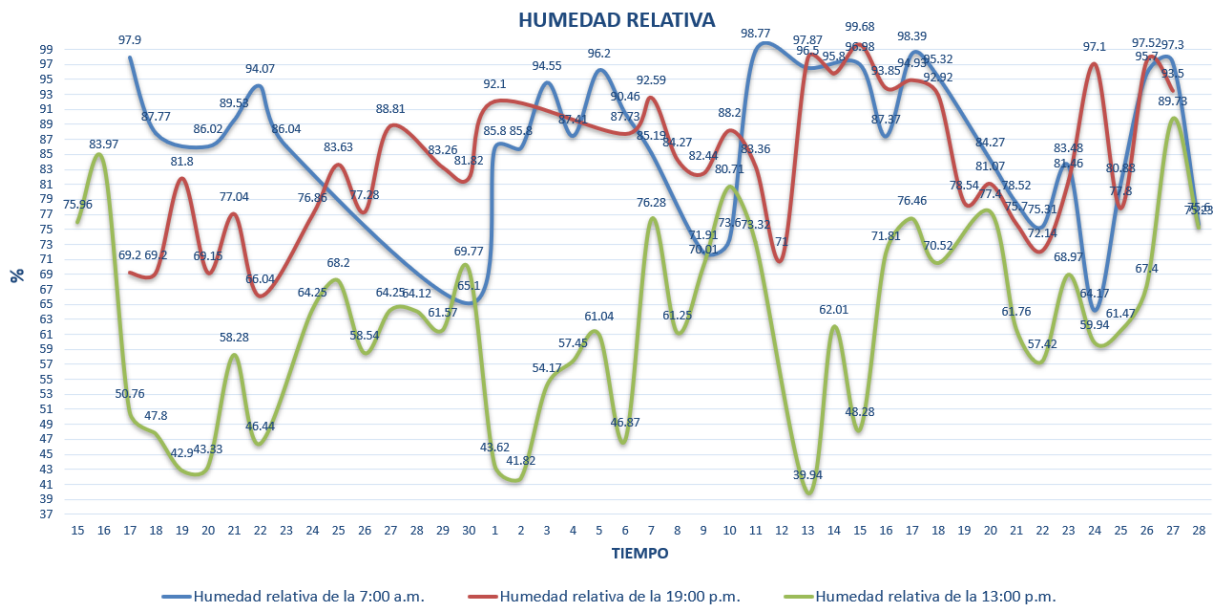


Figura 25. Gráfica del cambio de humedad relativa del mes de noviembre y diciembre del 2024

En la Figura 26. Se pueden evidenciar todos los datos de Humedad relativa monitoreados del mes de noviembre y diciembre del 2024.

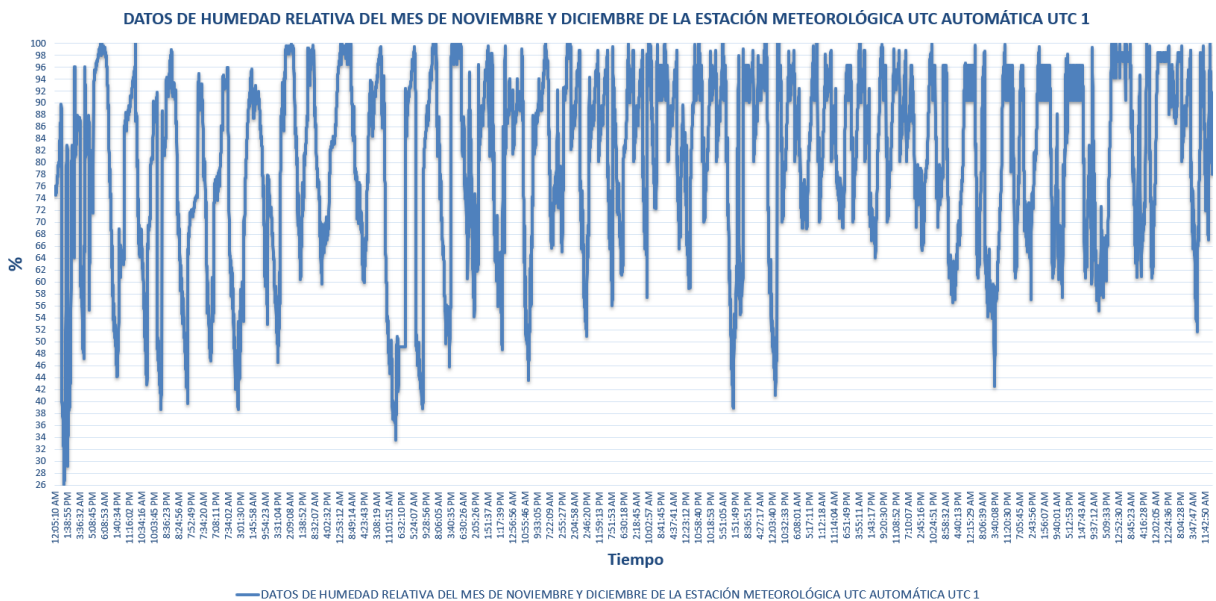


Figura 26. Gráfica de todos los datos de Humedad relativa monitoreados del mes de noviembre y diciembre del 2024.

En el anexo 10 se puede visualizar la tabla que muestra los datos máximos y mínimos de humedad relativa obtenidos de la estación meteorológica automática UTC 1 en el mes de noviembre y diciembre del 2024.

En el anexo 11 se puede visualizar la tabla que muestra los datos de humedad relativa obtenidos de la estación meteorológica Salache UTC ubicada en la

### 5.1.2. Análisis de datos del sensor de Velocidad del viento

En este apartado se analiza los datos de obtenidos de velocidad del viento de la estación meteorológica automática UTC 1 y de la estación meteorológica Salache UTC ubicada en la Universidad Técnica de Cotopaxi para realizar una comparación del porcentaje de error en la lectura de datos meteorológicos en el mes de noviembre y diciembre del 2024.

En la Tabla 17. se muestra la validación del funcionamiento del sensor de velocidad del viento con los datos obtenidos de dos estaciones meteorológicas para poder calcular y verificar el porcentaje de error que existe en la recopilación de los datos brindados por el sensor de velocidad del viento.

**Nota.** Los casilleros vacíos de la tabla que se muestran a continuación son de cortes del servicio eléctrico, por el motivo que en esos horarios no se encontraba en funcionamiento la estación meteorológica automática UTC 1.

Tabla 17. Validación del funcionamiento del sensor de velocidad del viento

Validación del funcionamiento de la variable de velocidad del viento										
Mes	Dias	Velocidad del viento diaria del mes de noviembre y diciembre de la estación meteorológica automática UTC 1			Velocidad del viento diaria del mes de diciembre de la estación meteorológica Salache UTC			Error Porcentual		
		Horas			Horas			Horas		
		7:00 a.m.	13:00 p.m.	19:00 p.m.	7:00 a.m.	13:00 p.m.	19:00 p.m.	7:00 a.m.	13:00 p.m.	19:00 p.m.
Noviembre	15		5.5		0.00	6.00	2.00		8.33%	
Noviembre	16		11.3		5.00	12.00	4.00		5.83%	
Noviembre	17	5.6	15.2	8	4.90	15.00	9.00	14.29%	1.33%	11.11%
Noviembre	18	1.8	7.2	6	2.00	6.50	7.00	10.00%	10.77%	14.29%
Noviembre	19		12	5.2	3.00	13.00	5.00		7.69%	4.00%
Noviembre	20	4.6	8.8	12.1	5.00	10.00	13.00	8.00%	12.00%	6.92%

Continuación:

Noviembre	21	3.5	16.8	8.8	4.00	19.00	9.00	12.50%	11.58%	2.22%
Noviembre	22	3.2	4.8	1.6	3.00	6.00	2.00	6.67%	20.00%	20.00%
Noviembre	23	6.2	6.9		7.00	9.30	1.00	11.43%		
Noviembre	24		9.6	6.4	2.00	11.00	7.00		12.73%	8.57%
Noviembre	25		15.7	5.6	4.00	18.00	6.00		12.78%	6.67%
Noviembre	26		9.6	6.4	0.00	11.00	7.00		12.73%	8.57%
Noviembre	27		14.2	7.5	3.00	16.00	9.00		11.25%	16.67%
Noviembre	28		7.8		6.00	9.00	7.00		13.33%	
Noviembre	29		8.4	7.2		8.00	8.00		5.00%	10.00%
Noviembre	30	7.2	17.6	6.8	7.00	19.00	6.00	2.86%	7.37%	13.33%
Diciembre	1	4.8	5.6	14.4	5.00	6.00	13.00	4.00%	6.67%	10.77%
Diciembre	2	6.4	10.4		6.00	10.00	7.00	6.67%	4.00%	
Diciembre	3	4.8	20		5.00	22.00	8.00	4.00%	9.09%	
Diciembre	4	3.4	7.2		4.00	8.00	4.00	15.00%	10.00%	
Diciembre	5	7.2	5.6		7.00	5.00	1.00	2.86%	12.00%	
Diciembre	6	5.3	6.4	4.8	6.00	7.00	5.00	11.67%	8.57%	4.00%
Diciembre	7	12.4	8.8	8.4	11.00	8.00	8.00	12.73%	10.00%	5.00%
Diciembre	8		6.4	4.5	5.00	6.00	4.00		6.67%	12.50%
Diciembre	9	6.2	7.2	8.8	7.00	7.00	9.00	11.43%	2.86%	2.22%
Diciembre	10	6.4	3.2	10.4	6.00	3.00	11.00	6.67%	6.67%	5.45%
Diciembre	11	3.2	9.5	9.6	3.00	9.00	9.00	6.67%	5.56%	6.67%
Diciembre	12			6.5	2.00	7.00	6.00			8.33%
Diciembre	13	7.4	5.6	11.3	7.00	6.00	12.00	5.71%	6.67%	5.83%
Diciembre	14		4.4	3.2	4.00	5.00	3.00		12.00%	6.67%
Diciembre	15	8.5	5.3	6.6	8.00	6.00	7.00	6.25%	11.67%	5.71%
Diciembre	16	5.2	9.6	5.2	5.00	11.00	6.00	4.00%	12.73%	13.33%
Diciembre	17	9.6	8	5.3	9.00	9.00	6.00	6.67%	11.11%	11.67%
Diciembre	18	3.2	4.8	15.2	3.00	5.00	17.00	6.67%	4.00%	10.59%
Diciembre	19			6.4		3.00	6.00			6.67%
Diciembre	20	5.3	16.4	4.3	6.00	17.00	4.00	11.67%	3.53%	7.50%
Diciembre	21	3.4	12.5	5.5	3.00	14.00	6.00	13.33%	10.71%	8.33%
Diciembre	22	6.5	6.4	6.4	7.00	7.00	7.00	7.14%	8.57%	8.57%
Diciembre	23	5.5	7.5	7.9	6.00	7.00	9.00	8.33%	7.14%	12.22%
Diciembre	24	4.5	7.4	6.8	4.00	8.00	6.00	12.50%	7.50%	13.33%
Diciembre	25	3.2	7.3	3.5	3.00	8.00	4.00	6.67%	8.75%	12.50%
Diciembre	26	4.5	14.4	7.3	4.00	13.00	8.00	12.50%	10.77%	8.75%
Diciembre	27	6.5	4.5	6.2	7.00	4.00	7.00	7.14%	12.50%	11.43%
Diciembre	28	3.2	6.5		3.00	6.00	3.00	6.67%	8.33%	
Porcentaje promedio de error total por hora del día								8.21%	8.83%	8.90%
Porcentaje promedio de error total al día								8.65%		

En la anterior tabla se puede verificar el porcentaje de error en los datos de velocidad del viento de las dos estaciones meteorológicas se encuentran en un promedio de error del 8.65% por lo que se llega a la conclusión que el sensor se encuentra operando correctamente. En la tabla 18. se puede visualizar la desviación estándar del mes de noviembre y diciembre por hora del día.

Tabla 18. Desviación estándar del mes de noviembre y diciembre por hora del día.

Desviación estándar		
Horas		
7:00 a.m.	13:00 p.m.	19:00 p.m.
2.36	4.32	3.10

Seguidamente se muestra la gráfica del mes de noviembre y diciembre en la que se puede visualizar los cambios de la velocidad del viento de la estación meteorológica automática UTC 1 . En la Figura 27. se puede visualizar la gráfica del cambio de velocidad del viento del mes de noviembre y diciembre del 2024.

En el anexo 12 se puede visualizar la tabla que muestra los datos máximos y mínimos de velocidad del viento obtenidos de la estación meteorológica automática UTC 1 en el mes de noviembre y diciembre del 2024.

En el anexo 13 se puede visualizar la tabla que muestra los datos de velocidad del viento obtenidos de la estación meteorológica Salache UTC ubicada en la Universidad Técnica de Cotopaxi en el mes de noviembre y diciembre del 2024.

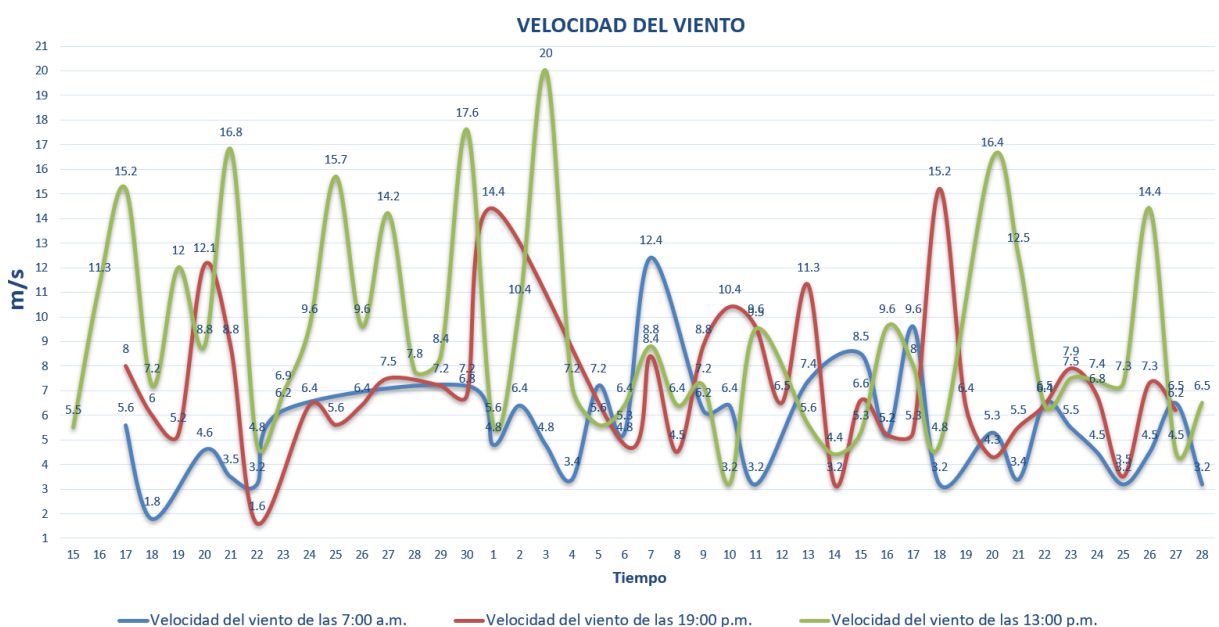


Figura 27. Gráfica del cambio de velocidad del viento del mes de noviembre y diciembre del 2024

En la Figura 28. Se pueden evidenciar todos los datos de velocidad del viento monitoreados del mes de noviembre y diciembre del 2024.

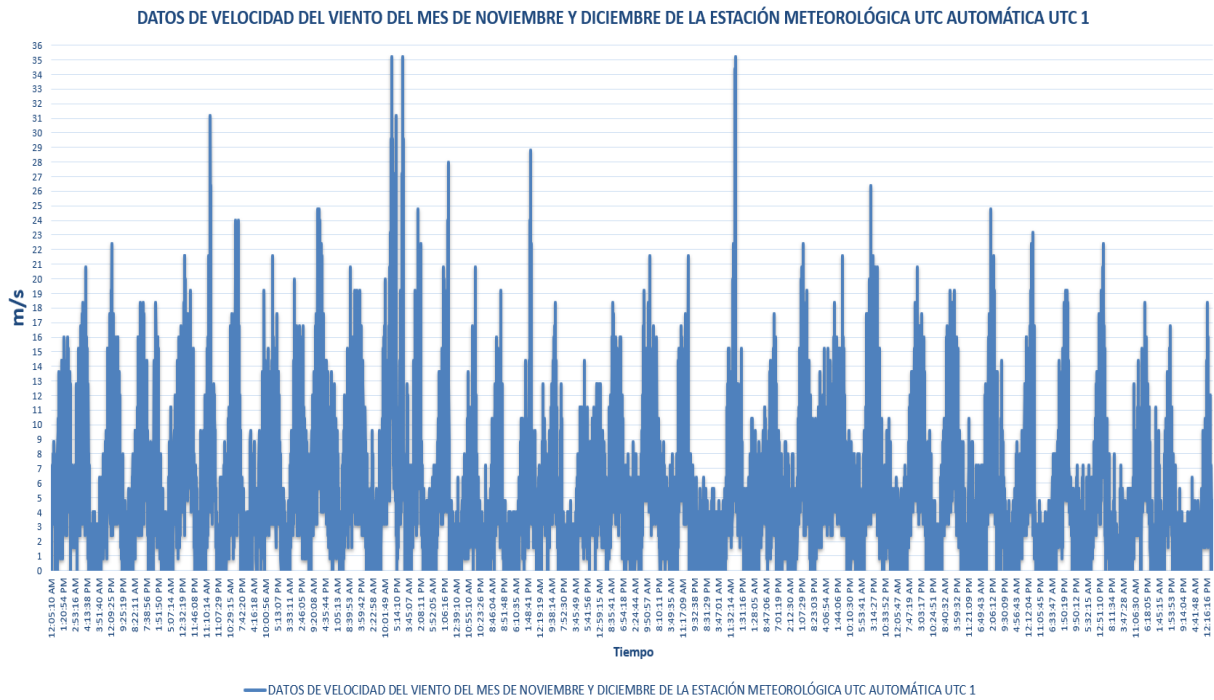


Figura 28. Gráfica de todos los datos de velocidad del viento monitoreados del mes de noviembre y diciembre del 2024.

### 5.1.3. Análisis de datos del sensor de radiación solar

En este apartado se analiza los datos de obtenidos del sensor de radiación solar de la estación meteorológica automática UTC 1 y de la estación meteorológica Salache UTC ubicada en la Universidad Técnica de Cotopaxi para realizar una comparación del porcentaje de error en la lectura de datos meteorológicos en el mes de noviembre y diciembre del 2024.

En la Tabla 19. se muestra la validación del funcionamiento del sensor de radiación solar con los datos obtenidos de dos estaciones meteorológicas para poder calcular y verificar el porcentaje de error que existe en la recopilación de los datos brindados por el sensor de velocidad del viento.

**Nota.** Los casilleros vacíos de la tabla que se muestran a continuación son de cortes del servicio eléctrico, por el motivo que en esos horarios no se encontraba en funcionamiento la estación meteorológica automática UTC 1.

Tabla 19. Validación del funcionamiento del sensor de radiación solar

Validación del funcionamiento de la variable de radiación solar							
Mes	Días	Radiación solar diaria del mes de noviembre y diciembre de la estación meteorológica automática UTC 1		Radiación solar diaria del mes de diciembre de la estación meteorológica Salache UTC		Error Porcentual	
		Horas		Horas		Horas	
		13:00 p.m.	18:00 p.m.	13:00 p.m.	18:00 p.m.	12:00 p.m.	18:00 p.m.
Noviembre	15	975		1068.0	333.3	8.71%	
Noviembre	16	882		792.0	348.7	11.36%	
Noviembre	17	1000	203	897.0	183.3	11.48%	10.73%
Noviembre	18	1156	303	1267.0	286.5	8.76%	5.76%
Noviembre	19	1014	420	935.2	392.0	8.43%	7.14%
Noviembre	20	946	376.7	869.0	408.3	8.86%	7.75%
Noviembre	21	170	62.5	154.4	58.3	10.10%	7.14%
Noviembre	22	443	112.7	392.5	125.0	12.87%	9.84%
Noviembre	23	178.6		200.0	391.7	10.70%	
Noviembre	24	312	358.7	346.2	391.7	9.88%	8.42%
Noviembre	25	196.5	379.5	220.9	412.6	11.05%	8.02%
Noviembre	26	595	314.8	536.5	350.0	10.90%	10.06%
Noviembre	27	312	301.2	292.1	278.7	6.81%	8.07%
Noviembre	28	400		383.3	350.0	4.35%	
Noviembre	29	570	401.2	620.2	435.4	8.09%	7.85%
Noviembre	30	287	102.9	262.1	116.7	9.50%	11.80%
Diciembre	1	282	68	301.1	75.3	6.34%	9.69%
Diciembre	2	1004		945.3	128.5	6.21%	
Diciembre	3	424		398.7	283.3	6.35%	
Diciembre	4	560		610.5	100.0	8.27%	
Diciembre	5	190		171.6	66.7	10.72%	
Diciembre	6	556	69.4	610.1	75.0	8.87%	7.47%
Diciembre	7	292	82.4	265.3	76.2	10.06%	8.21%
Diciembre	8	1097	115.2	1202.0	127.0	8.74%	9.29%
Diciembre	9	219	172.6	196.9	158.3	11.22%	9.01%
Diciembre	10	487	65.6	520.3	59.8	6.40%	9.70%
Diciembre	11	531	199.7	582.5	220.2	8.84%	9.31%
Diciembre	12		153.4	358.3	141.7		8.28%
Diciembre	13	1204	99.8	1113.0	110.5	8.18%	9.68%
Diciembre	14	321	72.1	289.7	66.7	10.80%	8.15%
Diciembre	15	1063	64.7	999.6	72.1	6.34%	10.26%
Diciembre	16	819	129.5	902.1	121.8	9.21%	6.32%

Continuación:

Diciembre	17	400	165.9	372.1	183.3	7.50%	9.51%
Diciembre	18	443	124	472.4	135.1	6.22%	8.22%
Diciembre	19		46.1	58.3	50.0		7.80%
Diciembre	20	468	90.6	515.3	99.6	9.18%	9.04%
Diciembre	21	297	158.1	320.3	146.7	7.27%	7.77%
Diciembre	22	1039	129.7	986.4	141.2	5.33%	8.14%
Diciembre	23	360	89.5	392.1	96.8	8.19%	7.54%
Diciembre	24	492	105.7	529.7	116.7	7.12%	9.40%
Diciembre	25	297	131.2	328.4	141.7	9.56%	7.39%
Diciembre	26	360	140.1	400.1	130.2	10.02%	7.60%
Diciembre	27	307	52	330.4	55.7	7.08%	6.64%
Diciembre	28	365		385.9	102.6	5.42%	
Porcentaje promedio de error total por hora del día						8.35%	8.25%
Porcentaje promedio de error total al día						8.30%	

En la tabla anterior se refleja el porcentaje de error en los datos de radiación solar de las dos estaciones meteorológicas los cuales se encuentran dentro de un promedio aceptable del 8.30% por lo que se concluye que el sensor se encuentra funcionando correctamente. En la tabla 20. se puede visualizar la desviación estándar del mes de noviembre y diciembre por hora del día.

Tabla 20. desviación estándar del mes de noviembre y diciembre por hora del día.

Desviación estándar	
Horas	
13:00 p.m.	19:00 p.m.
325.66	115.20

A continuación, se muestra la gráfica del mes de noviembre y diciembre en la que se puede visualizar los cambios de radiación solar de la estación meteorológica automática UTC 1. En la Figura 29. se puede visualizar la gráfica del cambio de radiación solar del mes de noviembre y diciembre del 2024.

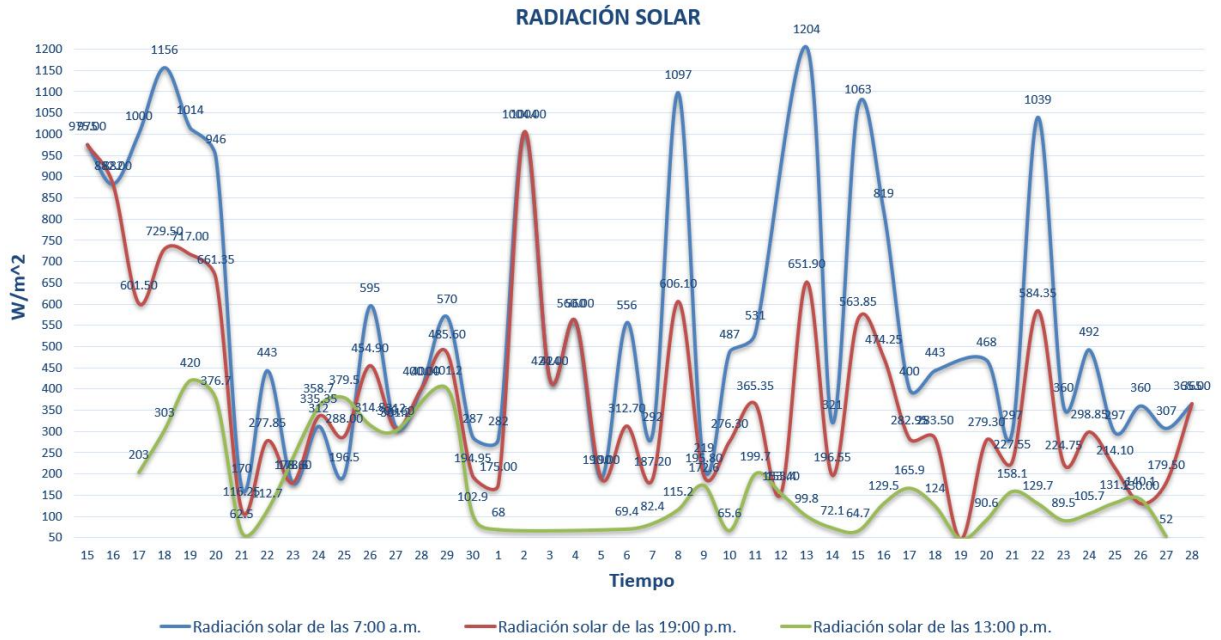


Figura 29. Gráfica del cambio de radiación solar del mes de noviembre y diciembre del 2024

En la Figura 30. Se pueden evidenciar todos los datos de radiación solar monitoreados del mes de noviembre y diciembre del 2024.

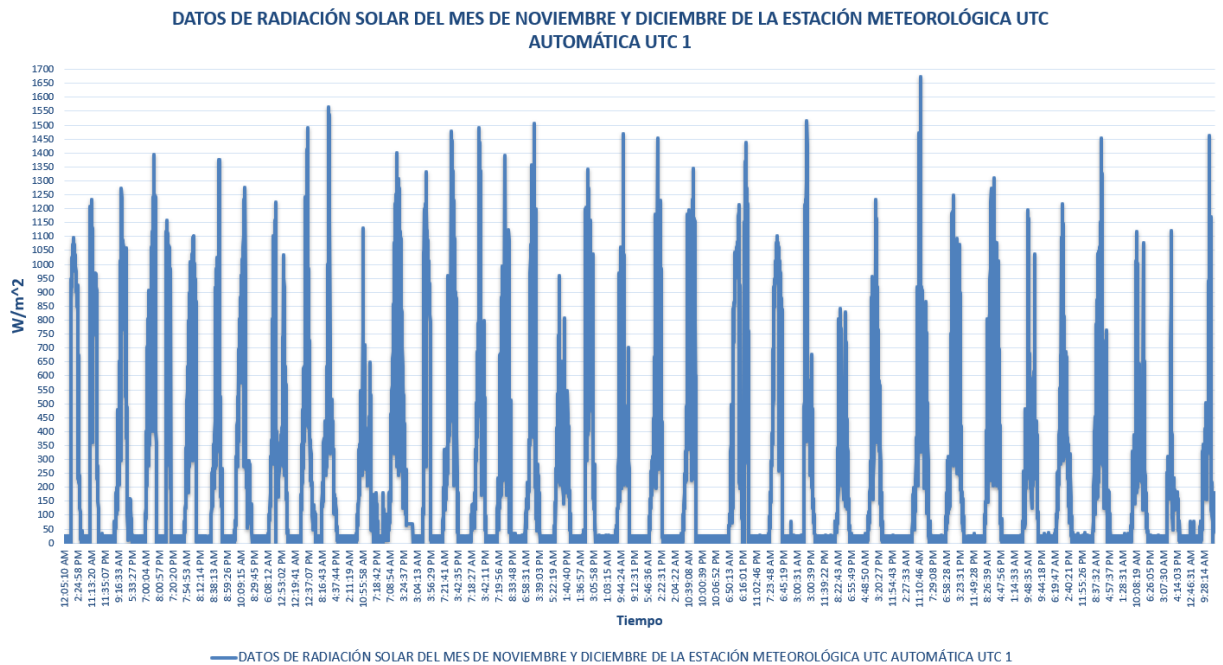


Figura 30. Gráfica de todos los datos de radiación solar monitoreados del mes de noviembre y diciembre del 2024.

En el anexo 14 se puede visualizar la tabla que muestra los datos máximos y mínimos de radiación solar obtenidos de la estación meteorológica automática UTC 1 en el mes de noviembre y diciembre del 2024.

En el anexo 15 se puede visualizar la tabla que muestra los datos de radiación solar obtenidos de la estación meteorológica Salache UTC ubicada en la Universidad Técnica de Cotopaxi en el mes de noviembre y diciembre del 2024.

#### 5.1.4. Análisis de datos del sensor de Precipitación

En este apartado se analiza los datos de obtenidos de Precipitación de la estación meteorológica automática UTC 1 y de la estación meteorológica Salache UTC ubicada en la Universidad Técnica de Cotopaxi para realizar una comparación del porcentaje de error en la lectura de datos meteorológicos en el mes de noviembre y diciembre del 2024.

En la tabla 17. se muestra la validación del funcionamiento del sensor de precipitación con los datos obtenidos de dos estaciones meteorológicas para poder calcular y verificar el porcentaje de error que existe en la recopilación de los datos climáticos.

**Nota.** Los casilleros vacíos de la tabla que se muestran a continuación son de cortes del servicio eléctrico, por el motivo que en esos horarios no se encontraba en funcionamiento la estación meteorológica automática UTC 1.

Tabla 21. Validación del funcionamiento del sensor de precipitación

Validación del funcionamiento de la variable de precipitación										
Mes	Días	precipitaciones diarias del mes de noviembre y diciembre de la estación meteorológica automática UTC 1			Precipitaciones diarias del mes de diciembre de la estación meteorológica Salache UTC			Error Porcentual		
		Horas			Horas			Horas		
		7:00 a.m.	13:00 p.m.	19:00 p.m.	7:00 a.m.	13:00 p.m.	19:00 p.m.	7:00 a.m.	13:00 p.m.	19:00 p.m.
Noviembre	15		0		0.00	0.00	0.00		0.00%	
Noviembre	16		0		0.00	0.00	0.00		0.00%	
Noviembre	17	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00%	0.00%	0.00%
Noviembre	18	0	15.93	0	0.00	14.50	0.00	0.00%	9.86%	0.00%
Noviembre	19		3.63	2.6	0.00	4.10	3.00	0.00%	11.46%	13.33%
Noviembre	20	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00%	0.00%	0.00%
Noviembre	21	0	0.64	0	0.00	0.57	0.00	0.00%	12.28%	0.00%
Noviembre	22	0	6.2	0	0.00	5.50	0.00	0.00%	12.73%	0.00%
Noviembre	23	0			0.00	0.00	0.00	0.00%		
Noviembre	24		2.24	0	0.00	2.40	0.00		6.67%	0.00%
Noviembre	25		15.7	0	0.00	14.50	0.00		8.28%	0.00%

Continuación:

Noviembre	26		0	0	0.00	0.00	0.00		0.00%	0.00%
Noviembre	27		2.24	0	1.80	2.50	0.00		10.40%	0.00%
Noviembre	28		3.07		0.00	2.80	0.00		9.64%	
Noviembre	29		0	2.24	0.00	0.00	2.60		0.00%	13.85%
Noviembre	30	0	9.22	0	0.00	8.50	0.00	0.00%	8.47%	0.00%
Diciembre	1	44.99	13.5	31.58	42.30	12.00	29.10	6.36%	12.50%	8.52%
Diciembre	2	0	9.22		0.00	10.00	0.00	0.00%	7.80%	
Diciembre	3	0	7.7		0.00	8.40	0.00	0.00%	8.33%	
Diciembre	4	4	0		4.30	0.50	13.00	6.98%	0.00%	
Diciembre	5	2	0		2.20	0.00	0.00	9.09%	0.00%	
Diciembre	6	7	0.46	5.4	6.40	0.50	5.60	9.37%	8.00%	3.57%
Diciembre	7	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00%	0.00%	0.00%
Diciembre	8		26.6	0	36.00	25.40	0.00		4.72%	0.00%
Diciembre	9	15.2	0	0	16.30	0.00	0.00	6.75%	0.00%	0.00%
Diciembre	10	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00%	0.00%	0.00%
Diciembre	11	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00%	0.00%	0.00%
Diciembre	12			0	0.00	0.00	0.00			0.00%
Diciembre	13	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00%	0.00%	0.00%
Diciembre	14		0	13.56	0.30	0.00	14.30		0.00%	5.17%
Diciembre	15	0.12	0	30.18	0.13	0.00	32.10	7.69%	0.00%	5.98%
Diciembre	16	2.4	0	0.33	2.65	0.00	0.35	9.43%	0.00%	5.71%
Diciembre	17	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00%	0.00%	0.00%
Diciembre	18	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00%	0.00%	0.00%
Diciembre	19			0	0.00	0.00	0.00			0.00%
Diciembre	20	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00%	0.00%	0.00%
Diciembre	21	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00%	0.00%	0.00%
Diciembre	22	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00%	0.00%	0.00%
Diciembre	23	1.6	0	0	1.45	0.00	0.00	10.34%	0.00%	0.00%
Diciembre	24	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00%	0.00%	0.00%
Diciembre	25	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00%	0.00%	0.00%
Diciembre	26	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00%	0.00%	0.00%
Diciembre	27	23.2	0	0	25.00	0.00	0.00	7.20%	0.00%	0.00%
Diciembre	28	46.3	0		44.00	0.00	0.00	5.23%	0.00%	
Porcentaje promedio de error total por hora del día								2.45%	3.12%	1.56%
Porcentaje promedio de error total al día								2.38%		

En la tabla anterior se visualiza el porcentaje de error en los datos de precipitación de las dos estaciones meteorológicas especificadas anteriormente, el promedio de error se encuentra dentro de un rango aceptable del 2.36% por lo que se llega a la conclusión que el sensor se

encuentra operando correctamente. En la tabla 22. se puede visualizar la desviación estándar del mes de noviembre y diciembre por hora del día.

Tabla 22. desviación estándar del mes de noviembre y diciembre por hora del día.

Desviación estándar		
Horas		
7:00 a.m.	13:00 p.m.	19:00 p.m.
11.83	5.78	7.42

A continuación, se presenta la gráfica en la que se puede visualizar los cambios de precipitación en la estación meteorológica automática UTC 1. En la Figura 31. se puede visualizar la gráfica de precipitación del mes de noviembre y diciembre del 2024.

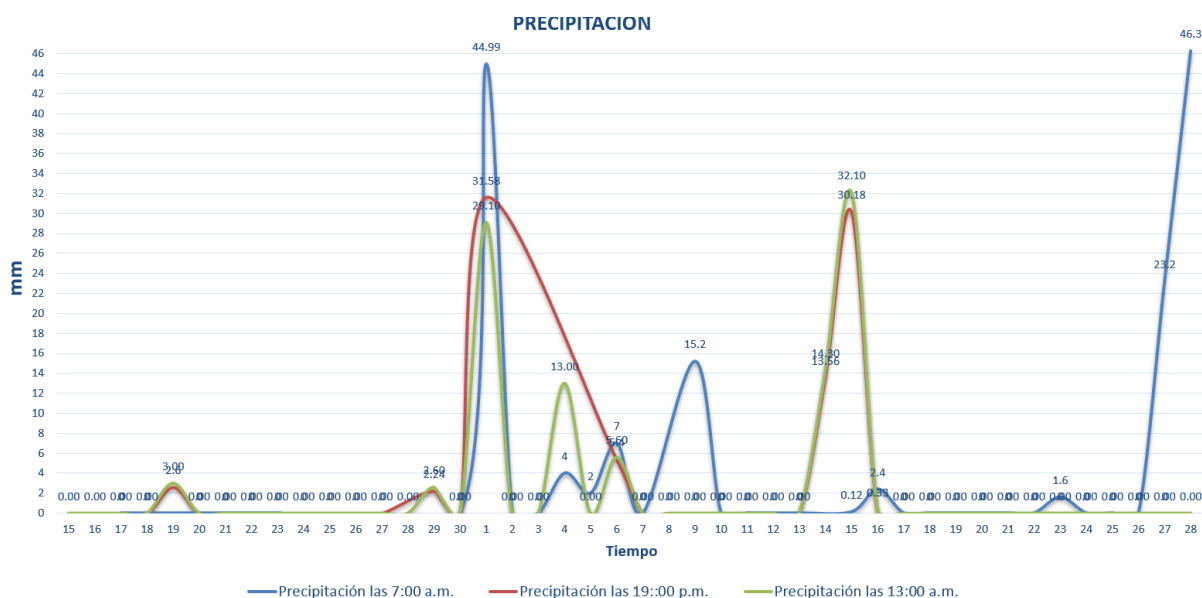


Figura 31. Gráfica de precipitación del mes de diciembre del 2024

En el anexo 16 se puede visualizar la tabla que muestra los datos máximos y mínimos de precipitación obtenidos de la estación meteorológica automática UTC 1 en el mes de noviembre y diciembre del 2024.

En el anexo 17 se puede visualizar la tabla que muestra los datos de precipitación obtenidos de la estación meteorológica Salache UTC ubicada en la Universidad Técnica de Cotopaxi en el mes de noviembre y diciembre del 2024.

En la Figura 32. Se pueden evidenciar todos los datos de precipitación monitoreados del mes de noviembre y diciembre del 2024.

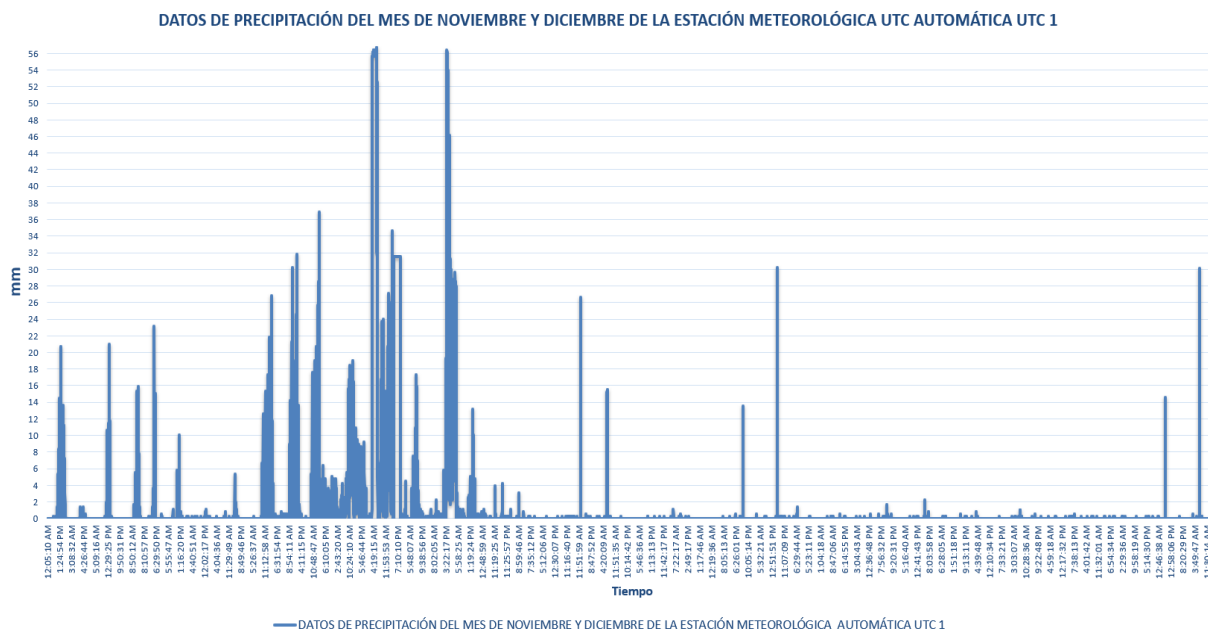


Figura 32. Gráfica de todos los datos de precipitación monitoreados del mes de noviembre y diciembre del 2024.

## 5.2. USO DEL PROTOTIPO Y DE LA PLATAFORMA IoT DE RESPALDO

En este capítulo se detalla el uso del prototipo, conexiones y tipos de conectores que se utilizan para que la estación meteorológica pueda funcionar de manera correcta.

### 5.2.1 Conexiones

En la Tabla 23. se visualiza el tipo de conexión y los conectores de cada sensor que se utilizó.

Tabla 23. Tipo de conexión y los conectores de cada sensor utilizado

Sensores	Pines de conexión	Tipo de conector
Sensor de temperatura y humedad	Pin 1 VCC	CONECTOR RJ45
	Pin 2 GND	
	Pin 3 SCL	
	Pin 4 SDA	
Velocidad y dirección del viento	Pin 1 VCC	RJ 11
	Pin 2 salida digital	
	Pin 3 salida analógica	
	Pin 4 GND	
Precipitación	Pin 1 VCC	Soket eléctrico de 2 entradas
	Pin 2 GND	
Radiación solar	Pin 1 VCC	Soket eléctrico de 3 entradas
	Pin 2 GND	
	Pin 3 Señal analógica	

En el anexo 6 se puede evidenciar el Manual de ensamblaje de la estación meteorológica automática UTC 1.

### 5.2.2 Uso de la plataforma de respaldo Ubidots

La plataforma Ubidots se configura mediante un microcontrolador dentro de la programación en el software Arduino, los sensores recopilan toda la información en un lapso de 3 minutos, estos datos se almacenan en la nube durante el plan que se ocupa.

El plan que ocupamos es el educativo no tiene costo, pero solo nos permite manejar 4000 datos como máximo 10 dispositivos de monitoreo.

En el anexo 18 se puede evidenciar el manejo, la configuración del ESP32 con la plataforma Ubidots.

## 5.3. CÁLCULO PARA EL DESARROLLO DE UNA ESTACIÓN METEOROLÓGICA

En este capítulo se desarrollará el análisis de costos dentro de los cuales se ve involucrado los costos directos y los costos indirectos que se realizaron para el desarrollo del prototipo de la estación meteorológica

### 5.2.3 ANÁLISIS DE COSTOS

En el presente capítulo se realizará el análisis de costos directos e indirectos para la realización del prototipo de una estación meteorológica.

#### 5.2.3.1 Costos directos del desarrollo del Prototipo de una Estación Meteorológica

Los costos directos para el desarrollo del prototipo de una estación meteorológica automática UTC 1 se ven evidenciados en la Tabla 24.

Tabla 24. Costos Directos para el desarrollo del Prototipo de una Estación Meteorológica

Prototipo de una estación meteorológica automática				
Ítem	Descripción	Cantidad	Precio Unitario	Envío
1	Sensor De Temperatura Y Humedad Sht30	1	\$ 6.90	\$ 250
2	Sensor De Radiación Solar Pyr20	1	\$ 41.50	
3	Sensor De Velocidad Y Dirección Del Viento Rk120-01	1	\$364.72	
4	Sensor De Precipitación modelo RD- RG-AHP-0.5-O-14	1	\$ 75	

Continuación:

7	Estructura Física	1	\$ 150	
8	Arduino Mega	1	\$ 15	
9	ESP32	1	\$ 18.00	
10	Cables De Conexión, Impresiones 3d De Soporte De Sensores, Terminales De Conexión	1	\$ 100	
Sumatoria de Costos			\$ 771.12	\$ 250
Total, de Costos			\$ 1021.12	

#### 5.2.4 Costos indirectos del desarrollo del Prototipo de una Estación Meteorológica

Los costos indirectos para el desarrollo del prototipo de una estación meteorológica son: la programación de sensores, la construcción de la estructura, la validación del funcionamiento, y la contratación de la plataforma delataelectronics3d. Todos los costos se ven reflejados en la Tabla 25. donde se muestra los costos indirectos del desarrollo del prototipo de una estación meteorológica.

Tabla 25. Costos Indirectos del desarrollo del Prototipo de una Estación Meteorológica

Costos Indirectos de la fabricación del prototipo de la estación meteorológica		
Ítem	Actividades desarrolladas	TOTAL
1	Programación de sensores	\$ 150
2	Validación del funcionamiento	\$ 40
3	Contratación de 3 meses de la plataforma delataelectronics3d	\$15
TOTAL		\$205

## 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 6.1. CONCLUSIONES

- Se investigaron diversos tipos de plataformas IoT que permiten la comunicación de una gran variedad de sensores meteorológicos los cuales permiten el monitoreo en tiempo real, se determinó que para el desarrollo del presente proyecto de investigación se

utilizará la plataforma deltaelectronics3d, la misma que posee una excelente comunicación MQTT la que facilita el envío de datos meteorológicos.

- El diseño de una estación meteorológica inteligente basada en tecnologías de Internet de las Cosas (IoT) requiere una planificación cuidadosa tanto en el diseño eléctrico de las conexiones como en la programación de cada uno de los sensores meteorológicos, también abre la puerta a soluciones innovadoras como tener un almacenamiento de datos confiables en la nube.
- La validación de los datos de los sensores de temperatura, humedad, velocidad del viento, radiación solar y precipitación de la estación meteorológica automática UTC 1, se comparó los resultados medidos por parte de la estación meteorológica automática UTC 1 con otra estación meteorológica de similares características, obteniendo los siguientes resultados, en la variable de temperatura el porcentaje de error es del 6.18%, en la variable de humedad relativa el porcentaje de error es del 7.42%, en la variable de velocidad del viento el porcentaje de error es del 8.65%, en la variable de radiación solar el porcentaje de error es del 8.30% y en la variable de precipitación el porcentaje de error es del 2.38%, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Bogotá determina que la precisión en la medición de variables meteorológicas debe mantenerse dentro de un margen de error entre el 3% y el 15%, de acuerdo con el protocolo de monitoreo y seguimiento de la calidad del aire.

## **6.2. RECOMENDACIONES**

- Se recomienda implementar un sistema fotovoltaico para el abastecimiento de la estación meteorológica automática UTC 1.
- Es indispensable continuar investigando nuevos protocolos de comunicación que permitan mejorar el monitoreo y control de diversos procesos industriales.
- Se aconseja una revisión anual de todo el equipo y la plataforma que se utiliza en el sistema. La integración de nueva tecnología podría mejorar la eficiencia del prototipo.
- Además, es recomendable que, para el uso del equipo, el usuario se guíe mediante los manuales de uso y ensamblaje del prototipo para que desarrolle de una manera correcta la configuración del usuario y contraseña de la red Wi-Fi.
- Se sugiere seguir investigando nuevas plataformas IoT, que permitan satisfacer las necesidades del usuario.

- Al momento de realizar la instalación del prototipo se debe colocar los soportes en una superficie plana para que el equipo pueda realizar la medición correcta del sensor de radiación solar.
- En caso de no utilizar la plataforma deltaelectronics3d se anexa un manual de uso y configuración de la plataforma Ubidots.
- En el caso de transportar la estación meteorológica automática UTC 1 se requiere desinstalar todos los sensores para que no puedan sufrir daños.

## 7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Basilio Molina Jhon Cristhian y Toapanta Guanin Kevin Anderson, «Implementación de un sistema automático de Fitomonitorio utilizando sensores IoT para la plantación de cacao del proyecto FIASA de la Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión la Maná», Universidad Técnica de Cotopaxi, La Maná, 2023.
- [2] Diego Bravo, «Diseño e implementación de un prototipo de estación Metereológica», oct. 2012.
- [3] Angulo Montenegro Karla Lilibeth, «Ecosistema de internet de las cosas orientado a la adquisición automática de datos ambientales y de calidad del aire», Pontifica Universidad Católica del Ecuador Sede Esmeraldas, Esmeraldas, 2023.
- [4] Jair Edolio Chicaiza Valdez y Gabriel Darío Villareal Revelo, «Diseño e implementación del prototipo de una estación meteorológica automática portátil capaz de transmitir los datos mediante tecnología GSM», UNIVERSIDAD DE NARIÑO, 2011.
- [5] Contreras Salas Lintol y Ibarra Cabrera Manuel, «Un sistema de monitoreo de una estación meteorológica basado en IoT con un bot de Telegram», *Micaela Revista de Investigación - UNAMBA*, vol. 4, pp. 31-36, jun. 2023, doi: 10.57166/micaela.v4.n1.2023.94.
- [6] Jefferson Ricardo Chivata Castro, «Modelo de red de estaciones meteorológicas modulares con plataforma IoT», Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, 2017.
- [7] Victor Hernandez Rodriguez, David Kairuz Cabrera, Alain Martínez Laguardia, Pedro Merino Laso, y Olivier Schalm, «Estación meteorológica IoT basada en TTGO T-Beam y comunicación LoRa», *RIELAC*, vol. 44, n.º 3, 2023.

- [8] E. D. Baez, W. Aróztegui, A. H. D'alejandro, y A. A. Quijano, «Sensor integrado de temperatura acondicionamiento de señal analógica».
- [9] Ò. Saladié, J. Salvat Salvat, y S. Anton Clavé, «Diseño de un itinerario turístico en Tivissa a partir de la estación meteorológica», *Investigaciones Geográficas*, n.º 59, p. 119, jun. 2013, doi: 10.14198/ingeo2013.59.07.
- [10] Fernando Ureña Elizondo, «Utilización de estaciones meteorológicas automáticas como nueva alternativa para el registro y transmisión de datos», *Revista Posgrado y Sociedad*, 2011.
- [11] Vinicio Alejandro Basantes Correa y Josué Ricardo Castro Bolaño, «Sistema meteorológico con tecnología IoT para la asignatura de energías renovables», UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA, 2024.
- [12] Ricardo Xavier Arévalo García, «Diseño de un sistema automatizado de adquisición de datos meteorológicos de una estación meteorológica de la granja UDLA, ubicada en la población Nono», Universidad de las Americas, 2015.
- [13] Loyola Cueva Evelyn Katherine y Salazar Hinojosa Víctor Hugo, «Correlación estadística de estaciones meteorológicas convencionales y automáticas durante el periodo 2014-2021», Universidad Técnica de Cotopaxi, 2022.
- [14] Marco Salcedo y Jesús Cendrós, «Uso del minicomputador de bajo costo “Raspberry PI” en estaciones meteorológicas», *Télématique*, ene. 2016.
- [15] Andres Felipe Hernandez Quiroz, «Desarrollo de un prototipo de estación meteorológica autónoma portátil con comunicación inalámbrica para el monitoreo en tiempo real de parámetros micro climatológicos», Universidad de Pamplona, 2020.
- [16] López Vitonera Arleth Damaris y Ríos Guiracocha Miguel Ángel, «Estudio técnico y económico sobre la implementación de un sistema de monitoreo del consumo en juntas de agua», Universidad Técnica de Cotopaxi, 2023.
- [17] Marcieli Paula Langer, Claudio Leones Bazzi, y Gloria Patricia Lopez Sepulveda, «Estudio de tecnologías y protocolos de comunicación para redes de sensores inalámbricos aplicados a la agricultura», *Sociedad Argentina de Informática e Investigación Operativa*, 2020.

- [18] Rodrigo Martinez Jacobson, «Comparativa y estudio de plataformas IoT», Universitat Politècnica de Catalunya, 2017.
- [19] Iván Felipe Velasteguí Jaramillo y David Fernández de Córdova, «Diseño e Implementación de la Arquitectura del Internet Industrial de las Cosas para la Recolección de Datos en un Proceso de Manufactura», Universidad del Azuay, Cuenca, 2020.
- [20] Rolando Santiago Burgoa Callisaya, «Diseño de un sistema automatizado de riego por goteo, mediante el microcontrolador ESP32 por medio de red inalámbrica Wifi y la plataforma Blynk, en la plaza Triangular de la ciudad de la Paz», Universidad Mayor de San Andrés, Bolivia, 2021.
- [21] Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, «Resolución No.INAMHI-002-2017 Expídense el reglamento que establece y regula la obtención de datos Meteorológicos e Hidrológicos de las diferentes estaciones que conforman la red nacional hidrometeorológica», 12 de septiembre de 2018.
- [22] Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial, «Protocolo para el monitoreo y seguimiento de la calidad del aire», abril de 2007, *Colombia, Bogotá*.
- [23] David García Blasco, «Desarrollo de una librería para manejo de la pantalla VM800 con el microcontrolador ESP32», Universidad de Sevilla, Sevilla, 2020.
- [24] Bayas Guerrero William Daniel y Mora Villacís María José, «Instalación de sensores climáticos, generador atmosférico IoT y análisis lineal y no lineal de las variables generadas», Universidad de la Fuerzas Armadas ESPE, 2021.
- [25] Saúl Italo Vizcarra Cavero, «Diseño e implementación de un sistema de monitoreo inalámbrico de bancos de baterías utilizando en arduino mega 2560», Universidad Tecnológica del Perú, Lima, Perú, 2019.