

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE



Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas  
Carrera de Ingeniería en Mantenimiento Eléctrico

**IMPLEMENTACIÓN DE UNA ESTACIÓN METEOROLÓGICA PARA LA  
ADQUISICIÓN DE DATOS DE LOS PARÁMETROS DEL ELEMENTO VIENTO EN  
CULTIVOS DE MORA EN LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA**

Trabajo de grado previo a la obtención del título de Ingeniero en Mantenimiento  
Eléctrico

Autor:

Mauricio Sebastián Armijos Benalcázar

Director:

MSc. Isabel Marina Quinde Cuenca

Ibarra – Ecuador

2023



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

## BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

### AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

#### 1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	1004361760		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Armijos Benalcázar Mauricio Sebastián		
DIRECCIÓN:	HUERTOS FAMILIARES		
EMAIL:	msarmijosb8@outlook.com		
TELÉFONO FIJO:	2546-025	TELÉFONO MÓVIL:	0998767359

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	IMPLEMENTACIÓN DE UNA ESTACIÓN METEOROLÓGICA PARA LA ADQUISICIÓN DE DATOS DE LOS PARÁMETROS DEL ELEMENTO VIENTO EN CULTIVOS DE MORA EN LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA
AUTOR (ES):	Armijos Benalcázar Mauricio Sebastián
FECHA: DD/MM/AAAA	17/03/2023
<b>SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO</b>	
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniero en Mantenimiento Eléctrico
ASESOR /DIRECTOR:	Ing. Isabel Quinde MSc

#### 2. CONSTANCIAS

El autor (es) manifiesta (n) que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original y que es (son) el (los) titular (es) de los derechos patrimoniales, por lo que asume (n) la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá (n) en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los diecisiete días del mes de marzo de 2023

EL AUTOR:

Sebastián Armijos



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS**  
**APLICADAS**

**ACEPTACIÓN DEL DIRECTOR**

Ing. Isabel Marina Quinde Cuenca MSc.

**CERTIFICA**

Que después de haber examinado el presente trabajo de investigación elaborado por el señor estudiante: Armijos Benalcázar Mauricio Sebastián, certifico que ha cumplido con las normas establecidas en la elaboración del trabajo de investigación titulado: **"IMPLEMENTACIÓN DE UNA ESTACIÓN METEOROLÓGICA PARA LA ADQUISICIÓN DE DATOS DE LOS PARÁMETROS DEL ELEMENTO VIENTO EN CULTIVOS DE MORA DE LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA"** para la obtención del título de Ingeniero en Mantenimiento Eléctrico.

Ing. Isabel Marina Quinde Cuenca MSc.  
DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO

## **Dedicatoria**

Dedico este trabajo de titulación a mis padres por el sacrificio que hacen por mi y mis hermanos, también a mi familia por el apoyo brindado todos estos años de vida universitaria.

## **Agradecimientos**

Agradezco a mi hermana y hermano por darme ánimos para culminar la carrera, así también a mi tutora por ser la guía para terminar este proceso, como ultimo y no menos importantes a mis padres porque sin ellos nada de esto hubiese sido posible.

## Tabla de contenido

Cesión de derechos de autor del trabajo de grado a favor de la Universidad Técnica del Norte.....	II
Aceptación del director .....	III
Dedicatoria .....	III
Agradecimientos .....	V
Tabla de contenido .....	VI
Índice de figuras.....	X
Índice de tablas.....	XII
Resumen.....	XIII
Abstract.....	XIV
Introducción .....	15
Contextualización.....	15
Planteamiento del problema.....	16
Formulación del problema .....	16
Justificación del trabajo .....	17
Alcance del trabajo .....	17
Objetivo General.....	18
Objetivos Específicos .....	18

### CAPÍTULO 1

#### Tipos de heladas y los parámetros relacionados al elemento viento

1. Heladas .....	19
1.2 Tipos de heladas.....	19
1.2.1 Heladas radiativas.....	19
1.2.2 Heladas advectivas.....	20
1.2.3 Heladas por evaporación .....	21
1.2.4 Heladas blancas.....	21
1.2.5 Heladas negras .....	21
1.3 Parámetros de medición .....	21
1.3.1 Temperatura.....	21
1.3.2 Humedad.....	22
1.3.3 Velocidad del viento .....	22
1.3.4 Dirección del viento.....	24
1.3.5 Nubosidad .....	25
1.3.5.1 Tipos de nubosidad.....	25
1.3.5.2 Nubes altas .....	26

1.3.5.2.1 Cirrus.....	26
1.3.5.3 Nubes medias .....	27
1.3.5.3.1 Altocúmulos.....	27
1.3.5.4 Nubes bajas .....	28
1.3.5.4.1 Nimbostratos .....	28
1.4 Meteorología .....	29
1.5 Clasificación de estaciones meteorológicas.....	29
1.5.1 Estación meteorológica convencional .....	30
1.5.2 Estación sinóptica .....	30
1.5.3 Estaciones meteorológicas automáticas .....	30
1.5.4 Estaciones agrometeorológicas.....	30
1.6.1 Sensor de humedad.....	31
1.6.2 Sensor de temperatura .....	32
1.6.3 Sensor de velocidad y dirección del viento .....	33
1.7.1 Raspberry Pi – System on Chip (SoC).....	34
1.7.2 Tarjeta de desarrollo Arduino .....	35
1.7.3 Módulo ESP32 .....	36
1.8 Almacenamiento de información en bases de datos .....	37

## CAPÍTULO 2

### Diseño de la estación meteorológica

2. Metodología.....	38
2.1 Diagrama de conexiones de la estación meteorológica .....	39
2.2 Sensores .....	39
2.2.1 Sensor de velocidad del viento.....	40
2.2.2 Sensor de dirección del viento.....	40
2.2.3 Sensor de humedad y temperatura .....	41
2.3 Conversor Analógico – Digital Ads1115 .....	42
2.4 Cámara Genius 1000X HD/720P/USB .....	43
2.5 Raspberry Pi 4 modelo B .....	43
2.5.1 Características .....	44
2.5.2 Estructura de la Raspberry PI4 Modelo B .....	45
2.5.3 Diagrama de conexión del sensor de temperatura y humedad .....	46
2.5.4 Diagrama de conexión del conversor análogo-digital Ads1115.....	46
2.5.4 Diagrama general de conexiones .....	47
2.6 Diagrama de flujo para sensores de temperatura, humedad, velocidad y dirección del viento .....	48
2.7 Diagrama de flujo para funcionamiento de nubosidad.....	49
2.8 Diseño mecánico.....	50

2.8.1 Pantalla Stevenson .....	50
2.8.2 Trípode de cuatro patas.....	51
2.8.3 Tablero de control .....	52

### CAPÍTULO 3

#### Implementación de la estación meteorológica

3. Ubicación del lugar para instalación de la estación meteorológica .....	53
3.1.1 Instalación del Sistema Operativo Raspbian.....	54
3.1.2 Instalación de servidor de base de datos MySQL y la interfaz de.....	56
administración PHPMYADMIN .....	56
3.1.3 Instalación de Grafana, para la creación de la interfaz de visualización de datos....	56
3.1.4 Creación de la estructura de la base de datos mediante phpmyadmin.....	57
3.1.5 Habilitar I2C en Raspberry Pi, para el funcionamiento del conversor .....	59
3.1.6 Entrenamiento de software para detección de imágenes.....	60
3.2 Ejecutar dispositivo .....	63
3.2.1 Visualización y descarga de datos .....	64
3.2.2 Mapeo de sensores de dirección del viento y nubosidad .....	65
3.3 Construcción y montaje .....	66
3.4 Verificación de datos de los sensores .....	70
3.5 Verificación de datos de los sensores con la estación meteorológica CIDFAE y la estación meteorológica de UNACEM .....	71
3.6 Cálculo de la desviación estándar y error relativo de los sensores de temperatura y humedad.....	76
3.7 Resultados .....	79
3.7.1 Promedios de las mediciones de la estación meteorológica .....	81
3.7.2 Estación Meteorológica Tamboloma .....	81
3.7.3 Análisis de heladas de agosto .....	82
3.7.4 Análisis de heladas de septiembre.....	83
3.7.5 Análisis de heladas de octubre.....	85
3.7.6 Análisis de heladas de noviembre.....	86
3.7.7 Patrones meteorológicos antes, durante y después de las heladas de septiembre .	87
3.8 Conclusiones y Recomendaciones .....	89
3.8.1 Conclusiones.....	89
3.8.2 Recomendaciones .....	90
Referencias.....	91
ANEXOS .....	95
ANEXO A: Datasheet del sensor de temperatura y humedad dth22 .....	95
ANEXO B: Datasheet del sensor del conversor análogo-digital ADS1115.....	97
ANEXO C: Datasheet del sensor de velocidad del viento YGC -FS .....	99

ANEXO D: Datasheet del sensor de dirección del viento YG G-FX.....	101
ANEXO E: Código de los sensores de temperatura, humedad, dirección y velocidad del viento.....	103
ANEXO F: Instalación de sistema operativo .....	106
Anexo G: Instalación de librerías .....	110
ANEXO H: Código de visión artificial para determinar la nubosidad.....	111
ANEXO I: Código de entrenamiento del sistema para detección de imágenes.....	114
ANEXO J: Datos del día 9 de febrero del 2022 .....	120
ANEXO K: Imágenes de instalación de la estación meteorológica en campo.....	123
ANEXO L: Registro de mediciones de la estación meteorológica del aeródromo de Chachoan.....	127
ANEXO M: Informe de la visita a la Estación Meteorológica Aeródromo “Chachoan” .....	128
ANEXO N: Promedios diarios, semanales y mensuales .....	129
ANEXO O: Mediciones de las 10:45am y 11:45am realizadas en Chachoan .....	141
ANEXO P: Documentos de la Estación Meteorológica “UNACEM” .....	143
ANEXO Q: Gráficas de las heladas de septiembre .....	147

## Índice de figuras

Figura 1.1Comportamiento de la helada radiativa.....	20
Figura 1.2Comportamiento de la helada advectiva .....	20
Figura 1.3Tipos de nubosidad.....	25
Figura 1.4Cirrus .....	27
Figura 1.5Alto cúmulos.....	27
Figura 1.6Nimbostratos .....	28
Figura 1.7Psicómetro.....	31
Figura 1.8Tipos de sensores de temperatura.....	32
Figura 1.9Anemómetro.....	33
Figura 1.10Veleta sensor que mide la dirección del viento.....	34
Figura 1.11Placa Raspberry Pi.....	35
Figura 1.12Placa Arduino .....	36
Figura 1.13Módulo ESP32 .....	36
Figura 1.14Gestores de bases de datos .....	37
Figura 2.1Diagrama de bloques de la metodología.....	38
Figura 2.2Estructura de la estación meteorológica.....	39
Figura 2.3Estructura de la Raspberry Pi 4 Modelo B.....	45
Figura 2.4Diagrama de conexión del sensor DTH22.....	46
Figura 2.5Diagrama de conexión del conversor análogo-digital Ads1115.....	47
Figura 2.6Diagrama general de conexiones .....	47
Figura 2.7Diagrama de flujo de los sensores.....	48
Figura 2.8Diagrama de flujo del funcionamiento de nubosidad .....	49
Figura 2.9Vista inferior de la pantalla Stevenson .....	50
Figura 2.10Vista superior de la pantalla Stevenson .....	50
Figura 2.11Partes de la pantalla de Stevenson .....	51
Figura 2.12Vistas de la estructura general .....	51
Figura 2.13Tablero de control .....	52
Figura 3.1Ubicación del lugar de instalación .....	53
Figura 3.2Página de descarga del sistema operativo Raspbian .....	54
Figura 3.3Instalación del ssh en memoria SD .....	55
Figura 3.4Pantalla de inicio de conexión remota .....	55
Figura 3.5Pantalla de inicio de la base de datos .....	57
Figura 3.6Creación de una nueva base de datos .....	58
Figura 3.7Código para crear las tablas de la base de datos .....	58
Figura 3.8Creación de tablas para albergar los datos.....	59

Figura 3.9Activación protocolo I2C .....	60
Figura 3.10Instalación de librerías y base de datos de imágenes .....	61
Figura 3.11Obtención de características de las imágenes.....	61
Figura 3.12Entrenamiento del modelo .....	62
Figura 3.13Comando para inicialización de sensores .....	63
Figura 3.14Proceso de captura de imágenes .....	63
Figura 3.15Visualización de datos .....	64
Figura 3.16Base de datos .....	65
Figura 3.17Estructura general.....	67
Figura 3.18Montaje interior de dispositivos.....	67
Figura 3.19Montaje de los sensores de velocidad y dirección del viento .....	68
Figura 3.20Montaje del sensor DTH22 .....	68
Figura 3.21Montaje de la cámara.....	69
Figura 3.22Salida de cables de alimentación y datos .....	69
Figura 3.2370UPS .....	70
Figura 3.24Datos de sensores de temperatura y humedad .....	71
Figura 3.25Cálculo de error porcentual de sensor de temperatura y humedad.....	71
Figura 3.26Toma de datos en estación de CIDFAE .....	72
Figura 3.27Comparación de Nubosidad .....	75
Figura 3.28Fórmulas del promedio, error relativo y desviación estándar .....	76
Figura 3.29Estación Meteorológica Tamboloma .....	82
Figura 3.30Helada del 25 y 26 de septiembre .....	89
Figura 3.31Helada del 11 de septiembre .....	88
Figura 3.32Helada del 20 de septiembre .....	88

## Índice de tablas

Tabla 1.1 Tipo de daño que causa la velocidad del viento.....	23
Tabla 1.2 Dirección del viento .....	24
Tabla 1.3 Tipos de nubosidad según la región. ....	26
Tabla 1.4 Clasificación de estaciones meteorológicas .....	29
Tabla 2.1 Características de los sensores YGC – FS y Young Modelo 0513V .....	40
Tabla 2.2 Características de los sensores YGC -FX Y PCE–FST–200-202.....	41
Tabla 2.3 Comparativa entre sensores DTH11 Y DTH22 .....	42
Tabla 2.4 Conversor Analógico Digital de 4 canales Ads1115 16 Bits .....	43
Tabla 2.5 Cámara USB Genius 1000X HD/720P - 101JD Full HD 1080P.....	43
Tabla 2.6 Comparativa entre microcontroladores.....	44
Tabla 3.1 Mapeo del sensor de dirección del viento.....	66
Tabla 3.2 Mapeo de nubosidad.....	66
Tabla 3.3 Mediciones de las 10:45 de la mañana .....	73
Tabla 3.4 Mediciones de las 11:45 de la mañana .....	73
Tabla 3.5 Comparación entre las estaciones meteorológicas propia y CIDFAE .....	74
Tabla 3.6 Comparación entre las estaciones meteorológicas propia y UNACEM.....	74
Tabla 3.7 Cálculo de la desviación estándar y error relativo de los datos de las 10:45am ....	78
Tabla 3.8 Cálculo de la desviación estándar y error relativo de los datos de las 11:45am ....	78
Tabla 3.9 Datos de temperatura, humedad, dirección y velocidad del viento.....	79
Tabla 3.10 Datos de nubosidad.....	80
Tabla 3.11 Promedios mensuales de agosto, septiembre, octubre y noviembre .....	81
Tabla 3.12 Comparación de heladas registradas en agosto entre la estación Tamboloma y la estación implementada en Tisaleo .....	85
Tabla 3.13 Comparación de heladas registradas en septiembre entre la estación Tamboloma y la estación implementada en Tisaleo .....	86
Tabla 3.14 Comparación de heladas registradas en octubre entre la estación Tamboloma y la estación implementada en Tisaleo .....	87
Tabla 3.15 Comparación de heladas registradas en noviembre entre la estación Tamboloma y la estación implementada en Tisaleo .....	88

## Resumen

En la agricultura como en otras actividades económicas está presente el avance de la tecnología, actualmente se dan soluciones tecnológicas contra daños que ocasiona el clima; en Ecuador se presentan diferentes fenómenos climáticos en cualquier época del año, los cuales generan afectaciones desde leves hasta graves en las actividades agrícolas. Las heladas como fenómeno climático afectan a la agricultura, ya que las plantaciones están expuestas a cambios bruscos de temperatura donde se puede llegar a los 0°C o menos; la ocurrencia de este fenómeno en los cultivos de mora puede incurrir en pérdidas hasta del 100% de su producción. Teniendo en cuenta la situación del lugar y de las plantaciones de mora ubicadas en el cantón Tisaleo en la provincia de Tungurahua, el objetivo principal del estudio fue diseñar e implementar una estación meteorológica para la adquisición de datos de cinco variables climáticas distintas que inciden en las heladas; las cuales son temperatura, humedad, nubosidad, dirección y velocidad del viento, cada una de estas magnitudes se las mide con diferentes sensores excepto la nubosidad la cual mediante una cámara web recolecta imágenes y las compara para clasificarlas en dos estados ya sea nublado o despejado, todos estos elementos se los controla mediante un SoC Raspberry Pi4. La estación meteorológica implementada recolecta datos de los parámetros establecidos cada 30 segundos y los envía mediante ethernet a una base de datos e interfaz que permite visualizar y en lo posterior descargar las mediciones que se realizaron. A demás al tener los datos de tres meses se comparó las mediciones de todas las variables y se concluyó que los parámetros de estudio inciden en la formación de las heladas y mantienen relación entre sí, dado el hecho que si una variable se encuentra en ciertas condiciones influye en otra variable, según esas variaciones entre las distintas magnitudes climáticas las heladas se pueden o no presentar en los cultivos de mora.

**Palabras clave:** Estación meteorológica, adquisición de datos, heladas meteorológicas, variables climáticas, Raspberry Pi.

## **Abstract**

In agriculture, as in other economic activities, the advancement of technology is present, currently there are technological solutions against damage caused by the climate; In Ecuador there are different climatic phenomena at any time of the year which generate effects from mild to serious in agricultural activities. Frost as a climatic phenomenon affects agriculture since plantations are exposed to sudden changes in temperature where it can reach 0°C or less; The occurrence of this phenomenon in blackberry crops can incur losses of up to 100% of their production. Considering the situation of the place and of the blackberry plantations located in the Tisaleo canton in the Tungurahua province, the main goal of the study was to design and implement a meteorological station for the acquisition of data on five different climatic variables that affect the frost; which are temperature, humidity, cloud cover, wind direction and speed, each of these magnitudes is measured with different sensors except cloudiness, which by means of a webcam collects images and compares them to classify them into two states, either cloudy or clear, all these elements are controlled by a Raspberry Pi4 SoC. The implemented weather station collects data of the established parameters every 30 seconds and sends information via ethernet to a database and interface that allows viewing and later downloading the measurements that were made. In addition, having the data of three months, the measurements of all the variables were compared and it was concluded that the study parameters affect the formation of frosts and maintain a relationship with each other, Given the fact that if a variable is found in certain conditions, it influences another variable, according to these variations between the different climatic magnitudes, frosts may or may not occur in blackberry crops.

**Keywords: Weather station, data acquisition, weather frosts, climatic variables, Raspberry Pi.**

# INTRODUCCIÓN

## Contextualización

Los avances de la ciencia y la tecnología han permitido automatizar los procesos agrícolas a nivel mundial, históricamente han sido ejecutados de forma empírica por campesinos; en los países desarrollados está extendido el uso de soluciones tecnológicas para lograr una agricultura sostenible que lleve a la máxima eficiencia en el uso de recursos naturales. (Arcos Guamán, 2017)

Actualmente se dan soluciones tecnológicas para que los procedimientos sean eficientes; el clima juega un papel muy importante en las actividades que se realizan en el sector estratégico debido a que ocasionan los distintos fenómenos meteorológicos como viento, granizo, heladas, entre otras que generan daños severos en las plantaciones agrícolas. (Masanet, Capraro, Klenzi, & Muñoz, 2021)

La incidencia de las heladas tiene impactos significativos en la producción, no sólo causa pérdidas en los rendimientos de la mayoría de los cultivos, sino que limita la distribución geográfica en importantes especies cultivadas. (Marmolejo Gutarra & Ruíz Velázquez, 2018)

El nivel de daño que sufra el cultivo por las heladas varía dependiendo de los factores, en su mayoría son irremediables en cultivos anuales, multianuales o perennes. (Curzel & Hurtado, 2020) afirma: “los impactos de este fenómeno serán distintos ya que depende de factores de temporada, época, estación, especie, estado de desarrollo de la planta, entre otras variables importantes.”

En el Ecuador las heladas pueden presentarse en cualquier época del año, los meses en los que se presenta con frecuencia este fenómeno son agosto, septiembre, noviembre y diciembre, sin embargo, en enero, marzo, julio, agosto y diciembre hay mayor riesgo en las zonas de la cordillera central y occidental con temperaturas promedio mínimas que fluctúan entre los -1.0 a 2.2 °C. (Pazmiño López, 2017)

De acuerdo con el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC) en su reporte sobre la Información Ambiental en la Agricultura se obtiene una superficie del Territorio Nacional 256.370 Km<sup>2</sup> y la superficie agropecuaria en el 2019 fue de 5'111. 548 de hectáreas donde el 5,11% es superficie destinada para labor agropecuaria. (ESPAC, 2020)

La información climática es una herramienta cada vez más utilizada al momento de la toma de decisiones tanto en el campo de la agronomía como en otras áreas. Su uso supone el

diagnóstico del elemento a analizar, mediante el conocimiento de las condiciones medias y su variabilidad, y su posterior pronóstico, definiendo previamente el nivel de riesgo que se desea asumir. La estimación anticipada de la producción agrícola constituye una herramienta de vital importancia para todos los sectores de la economía de un país. El uso de información climática es crucial en la toma de decisiones y en la gestión efectiva del riesgo climático. (Aldaño & Del Sitio G, 2016)

### **Planteamiento del problema**

Los pequeños productores agrícolas del país se enfrentan a cambios climáticos que repercuten en sus cultivos. Para enfrentarlos, se basan en conocimientos heredados de sus ancestros, los mismos que están asociados a la cosmovisión andina ecuatoriana, las acciones más comunes que se ejecutan para el control de heladas es la aplicación de humo a los cultivos, esto además de ser contaminante es peligroso porque afecta a la visibilidad, también se opta por cubrir sus plantaciones, utilizar el riego por goteo y barreras para cambiar la dirección del viento helado que en su mayoría es lo que produce la helada. (Rivadeneira Avila, 2021)

En la mayoría de los casos una helada se origina cuando una masa de aire frío invade una región. Se caracterizan por estar acompañadas por viento, afectando los lugares más altos y son de carácter macro climático, si la temperatura disminuye en una gran región o país, pueden estar acompañadas de tiempo nublado y lluvioso. (R.G, 2017)

La helada produce daños porque los órganos de la planta no están suficientemente adaptados para resistir esa baja temperatura en las condiciones que se ha producido, el daño por helada no se debe a la formación de hielo en el exterior de la planta, es porque se produce cambios en el agua existente en los espacios intercelulares de los tejidos de la planta, estos efectos sobre la planta lleva a daños graves en los cultivos en algunos casos son irreparables y termina en la pérdida total de la plantación. (Curzel & Hurtado, 2020)

Las heladas se han planteado como una nueva variable desafiante en cuanto a avances de la ciencia y tecnología, el Ecuador al no contar con la optimización de los procesos agrícolas mediante la utilización de sensores están perdiendo la batalla contra los climas adversos que se están suscitando en los últimos años.

### **Formulación del problema**

¿Cómo se relacionarán entre sí los parámetros de medición de la variable viento?

## **Justificación del trabajo**

Desde siempre en el Ecuador se ha encontrado una gran diversidad de ecosistemas y recursos fitogenéticos que han sido aprovechados de manera sostenible para ayudar a la seguridad alimentaria de la población en general, por este motivo es importante el apoyo permanente de la innovación y desarrollo de nuevas tecnologías que mejoren la producción y productividad de los cultivos de mora, para así poder satisfacer la demanda de los mercados nacional e internacional.

Las afectaciones de las heladas hacia los cultivos de mora disminuyen la competitividad de este producto en el comercio, dado que las bajas temperaturas repercuten en daños fisiológicos en la planta, estas razones influyen para desarrollar una herramienta tecnológica que monitorea de forma automatizada los registros de distintas variables meteorológicas de la zona donde se encuentra el cultivo de mora. (INIAP, 2016)

El impacto social de esta implementación será importante para pequeños y medianos productores ya que se brindará información meteorológica a los productores para que tomen un plan de acción en contra de este fenómeno natural.

La institución y más aún los alumnos se beneficiarán de este proyecto ya que al tener datos meteorológicos de una helada se pueden desarrollar métodos para combatir este fenómeno.

La estación meteorológica, tiene gran viabilidad económica dado el hecho que su implementación es de bajo costo, al ser sus materiales de ensamblaje relativamente baratos y fáciles de adquirir.

## **Alcance del trabajo**

La implementación de este proyecto permitirá obtener datos relacionados al elemento viento (humedad, temperatura, nubosidad, dirección y velocidad) que pueden incidir en la formación de heladas que afectan en los cultivos de mora del cantón Tisaleo provincia de Tungurahua; siendo la producción agrícola de la mora la principal actividad económica de este sector. La implementación se efectuará en un cultivo muestral de 1600 plantas productivas y se recolectará información de las variables climáticas del viento, los diferentes sensores que se necesitan para medir cada una de estas variables serán controladas por un SoC Raspberry Pi 4.

Se montarán los sensores a diferentes distancias sobre el suelo, teniendo en cuenta que su ubicación afecta considerablemente la toma de datos de las variables climáticas, el sensor de temperatura y humedad se colocará a una altura con respecto al suelo de 1.5m, el sensor de

nubosidad se lo debe colocar en una zona despejada sin obstáculos para poder observar el cielo completamente, el anemómetro que indicará la velocidad del viento se debe colocar a una altura de 3m, y por último la veleta que indica la dirección del viento se la instalará a una altura de 3m, alejado de obstáculos.

### **Objetivo General**

Implementar una estación meteorológica para la adquisición de datos climáticos, mediante dispositivos electrónicos para el análisis de la interrelación entre los parámetros del elemento viento.

### **Objetivos Específicos**

- Describir los tipos de heladas y los parámetros relacionados al elemento viento que pueden incidir en la formación de una helada.
- Diseñar la estación meteorológica.
- Implementar la estación meteorológica en los cultivos de mora.

# CAPÍTULO 1

## Tipos de heladas y los parámetros relacionados al elemento viento

En el siguiente capítulo se describe el concepto de heladas, así como también se enlistan los tipos de heladas existentes, los parámetros que incursionan en este fenómeno dentro de la variable viento y los sensores con los cuales se miden las diferentes magnitudes. Se complementa la investigación con la clasificación de distintas estaciones meteorológicas que se pueden construir.

### 1. Heladas

Las heladas son fenómenos que ocurren en el momento que la temperatura del aire desciende a valores menores o iguales a 0 °C, esto se generan por la irrupción de masa de aire de fuente antártica y un exceso de enfriamiento del suelo durante días con poca humedad, teniendo a su favor para su ocurrencia factores como mayor altitud y latitud, lejanía del mar y mayor enfriamiento nocturno, la presencia de montañas en la zona; cuando todos estos factores se ajustan se produce heladas con distinto nivel de severidad. Esta reducción de temperatura de la atmósfera tiene impacto sobre los cultivos, animales y población humana. (Paredes Peña, 2020)

#### 1.2 Tipos de heladas

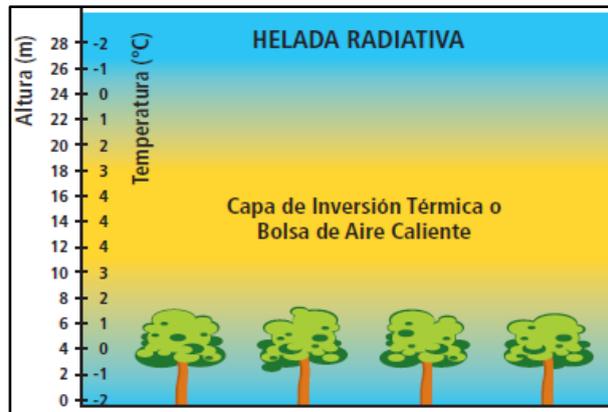
En base a la severidad y como se forman las heladas, se clasifican en:

##### 1.2.1 Heladas radiativas

Este tipo de helada ocurre cuando el cielo nocturno se encuentra despejado, sin viento y el aire tiene baja humedad esto se relacionan con la fuga intensa que se produce durante la noche por el calor que se queda acumulado en el suelo durante el día, esto provoca un enfriamiento de las capas de inversión térmica o bolsa de aire caliente, donde, a determinada altura dependiendo de la localidad y de la condiciones meteorológicas, se encuentra el punto divisorio entre aire frío y aire caliente, por lo general suele ser entre 9 y 60 metros como se observa en la Figura 1.1. (Zenteno Via, 2021)

**Figura 1.1**

*Comportamiento de la helada radiativa*



*Nota.* La figura representa la inversión térmica a la altura de los 10m a 26m, llegando a temperaturas de 0°C. (Aldaño & Del Sitio G, 2016)

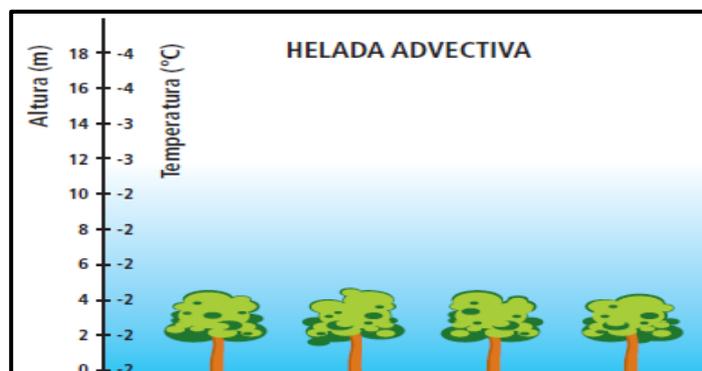
### 1.2.2 Heladas advectivas

Las heladas advectivas son las que más daño generan a las plantas por que se asocian con aire más seco y frío; su presencia es ocasional ya que ocurren por desplazamiento de masas de aire frío que provienen del sur, cubriendo áreas extensas de territorio, además pueden extenderse por varias horas en la noche y parte de la mañana o por varias noches seguidas gracias a sus condiciones persistentes. (Zenteno Via, 2021).

En la Figura 1.2. se puede observar el comportamiento y la altura en la que se produce la helada advectiva.

**Figura 1.2**

*Comportamiento de la helada advectiva*



*Nota.* Se presentan bajas temperatura desde los -2°C a °-4°C. (Aldaño & Del Sitio G, 2016)

### **1.2.3 Heladas por evaporación**

Este tipo de heladas se originan por el proceso de evaporación de agua líquida desde la superficie vegetal, es decir, cuando disminuye la humedad relativa de la atmósfera y el agua en estado gaseoso se transforma a gotas de rocío; el congelamiento se produce cuando las gotas de rocío vuelven a su estado anterior, utilizando el calor que aporta la planta. (Valdivia Díaz, 2020)

### **1.2.4 Heladas blancas**

Las heladas blancas tienden a desarrollarse en temperaturas frías y con la humedad relativa por encima del 60%, esto permite que se forme la escarcha que no es más que hielo en la superficie de las hojas, se origina mediante la condensación sólida de la humedad de aire o de las gotas de rocío. Este fenómeno no perjudica a los cultivos por el hecho de que la planta esta escarcha y la albergada protegiéndola ya que actúa como anticongelante. (Labra Fernandez, 2021).

### **1.2.5 Heladas negras**

La temperatura bajo 0 °C es una característica principal de las heladas negras, el muy bajo contenido de humedad atmosférica y el aire seco no permite que se produzca condensación y por ende no existe la formación del rocío o escarcha; este fenómeno es más temido por los agricultores porque al no formarse la capa protectora de las plantas que es la escarcha el aire frío tiene repercusión en esta y produce quemaduras en sus tejidos internos, por eso este tipo de heladas causa un efecto mucho más perjudicial que las heladas blancas. (Labra Fernandez, 2021)

## **1.3 Parámetros de medición**

En la meteorología intervienen distintos parámetros, los que son observados, cuantificados y procesados para obtener datos de su comportamiento a lo largo de un determinado tiempo. A continuación, se describen algunos de estos parámetros:

### **1.3.1 Temperatura**

La temperatura es una de las magnitudes comunes en la descripción del estado de la atmósfera, además, está relacionada con la rapidez del movimiento de las partículas que componen la materia, generando lo que se llama comúnmente calor o frío; para poder

mediarla es necesario tomar en cuenta las propiedades que pueden ser afectadas cuando esta cambia como: la densidad de un cuerpo, la resistencia eléctrica en algunos materiales, el color de algún cuerpo, entre otros. Para la meteorología es importante conocer la temperatura seca ya que esta excluye la radiación calorífica de los objetos que se encuentran en el ambiente, así como la eliminación de la humedad relativa y la velocidad del viento. (Ruiz Sosa, 2018)

### **1.3.2 Humedad**

La humedad se caracteriza por tener una composición de aire húmedo la cual se puede describir de distintas maneras como una mezcla compuesta de moles de aire seco y de vapor de agua o en términos de sus fracciones molares respectivas, también, se puede definir como masa de aire seco y de vapor de agua, o sus respectivas fracciones másicas. (García Guarín, 2018)

Otros autores definen a la humedad como la cantidad de vapor de agua en el aire que varía con el tiempo y el lugar, todo esto dependiendo de la temperatura y que el vapor no excederá su valor máximo de presión, por lo tanto, solo una cierta cantidad de aire puede contener el valor máximo de vapor de agua. (López Vargas & Balladares Feijoo, 2021)

En cuanto a la humedad en la atmosfera existen diversas maneras:

- a) Humedad absoluta: masa de vapor de agua en gramos, que contiene un metro cúbico de aire seco. (Ruiz Sosa, 2018)
- b) Humedad específica: masa de vapor de agua en gramos, que contiene un kilogramo de aire. (Ruiz Sosa, 2018)
- c) Razón de mezcla: masa de vapor de agua en gramos, que contiene un kilogramo de aire seco. (Ruiz Sosa, 2018)

### **1.3.3 Velocidad del viento**

Los vientos se producen por desequilibrios térmicos entre unos lugares y otros, esto provocando diferentes presiones atmosféricas, además, son un movimiento natural por lo general horizontal y de masas de aire; esta inestabilidad térmica desencadenan un flujo de aire desde las presiones altas hacia las bajas, con tendencia a seguir la dirección del gradiente de presión; estas gradientes fuertes de presión que se representan en los mapas meteorológicos con isobaras muy próximas, estas son las que provocan los vientos fuertes, mientras donde el gradiente de presión es pequeño y las isóbaras se muestran muy alejadas entre ellas, los vientos son flojos. (Lopez Ánton & Monzo, 2016)

Las mediciones del viento son necesarias para vigilar y predecir el tiempo, además de aplicaciones como: el estudio del clima según la carga de viento, determinar la probabilidad

de daños causados por el viento, etc.; por ello la magnitud vectorial tridimensional que es la velocidad del viento experimenta fluctuaciones aleatorias de pequeña escala en el espacio y en el tiempo, que se superponen a un flujo organizado de mayor escala; para el análisis de datos sobre el viento se necesita conocer el viento horizontal medio expresado en números que representan su velocidad y su dirección en un tiempo dado. (Rojas Illa & Roque Laime, 2017)

En la Tabla 1.1 se detalla el tipo de daño que puede causar la velocidad del viento en base a la escala de Beaufort que es la medida de la intensidad del viento.

**Tabla 1.1**

*Tipo de daño que causa la velocidad del viento*

Número de la escala de Beaufort y descripción	Equivalencia de la velocidad del viento a una altura estándar de 10m sobre terreno sano y despejado				Especificaciones para estimar la velocidad sobre tierra
	(kt)	(ms <sup>-1</sup> )	(km h <sup>-1</sup> )	(mi h <sup>-1</sup> )	
<b>0. Calma</b>	<1	0 – 0,2	<1	<1	Calma, el humo asciende verticalmente.
<b>1. Ventolina</b>	1-3	0,3–1,5	1–5	1-3	Se define la dirección del viento por la deriva del humo y no por las veletas.
<b>2. Brisa ligera</b>	4–6	1,6-3,3	6–11	4-7	El viento se siente en la cara; se mueven las hojas de los árboles, el viento mueve las veletas
<b>3. Brisa suave</b>	7–10	3,4–5,4	12–19	8–12	Las hojas y ramas pequeñas se hallan en constante movimiento.
<b>4. Brisa moderada</b>	11-16	5,5–7,9	20–28	13-18	Se levanta polvo y papeles, se mueven las ramas pequeñas.
<b>5. Brisa fresca</b>	17-21	8-10,7	29-38	19-24	Los árboles pequeños con hojas empiezan a moverse.
<b>6. Brisa fuerte</b>	22-27	10,8-13,8	39-49	25-31	Se mueven las ramas grandes de los árboles.
<b>7. Viento fuerte</b>	28-33	13,9-17,1	50-61	32-38	Todos los árboles se mueven; es difícil caminar contra el viento.
<b>8. Viento duro</b>	34-40	17,2-20,7	62-74	39-46	Se rompen las ramas delgadas de los árboles; generalmente es difícil caminar contra el viento.
<b>9. Viento muy duro</b>	41-47	20,8-24,4	75-88	47-54	Se producen ligeros daños estructurales.
<b>10. Temporal</b>	48-55	24,5-28,44	89-102	55-63	Se experimenta raramente tierra adentro, arranca árboles, hay danos estructurales considerables.
<b>11. Borrasca</b>	56-63	28,5-32,6	103-117	64-72	Muy poco frecuente, ocasiona daños generalizados.
<b>12. Huracán</b>	64>	32,7>	118>	73>	

*Nota.* La tabla indica la severidad del viento de acuerdo con la escala de Beaufort, donde se tiene la velocidad del viento representada en Kt(nudos), ms<sup>-1</sup> (metros), km h<sup>-1</sup> (Kilómetros), mi h<sup>-1</sup>(millas). (Rojas Illa & Roque Laime, 2017)

### 1.3.4 Dirección del viento

La dirección del viento se debe a la circulación del aire en la atmósfera que es el intercambio de calor que se produce entre los gases o fluidos calientes que ascienden y los gases fríos que descienden. Entre los efectos del viento encontramos el Anticiclón que es la rotación de la Tierra que desvía los vientos de manera en la que se mueven en el sentido de las agujas del reloj alrededor de un área de alta presión, todo esto en el hemisferio norte, y el Ciclón o Depresión que son los vientos que van en sentido contrario en un área de bajas presiones en la parte del hemisferio sur. (Heriberto & Villegas Vergara, 2019)

La Tabla 1.2 se describen las abreviaturas y los grados en los que está ubicada cada dirección del viento.

**Tabla 1.2**

*Dirección del viento*

<b>ABREVIATURA</b>	<b>DIRECCION DEL VIENTO</b>	<b>GRADO</b>
<b>N</b>	Norte	0°
<b>NNNE</b>	Norte - Nordeste	22.5°
<b>NE</b>	Nordeste	45°
<b>ENE</b>	Este – Nordeste	67.5°
<b>E</b>	Este	90°
<b>ESE</b>	Este – Sudeste	112.5°
<b>SE</b>	Sudeste	135°
<b>SSE</b>	Sur – Sudeste	157.5°
<b>S</b>	Sur	180°
<b>SSW</b>	Sur – Suroeste	202.5°
<b>SW</b>	Sudoeste	225°
<b>WSW</b>	Oeste – Sudoeste	247.5°
<b>W</b>	Oeste	270°
<b>WNW</b>	Oeste – Noroeste	292.5°
<b>NW</b>	Noroeste	325°
<b>NWN</b>	Norte – Noroeste	337.5°

### 1.3.5 Nubosidad

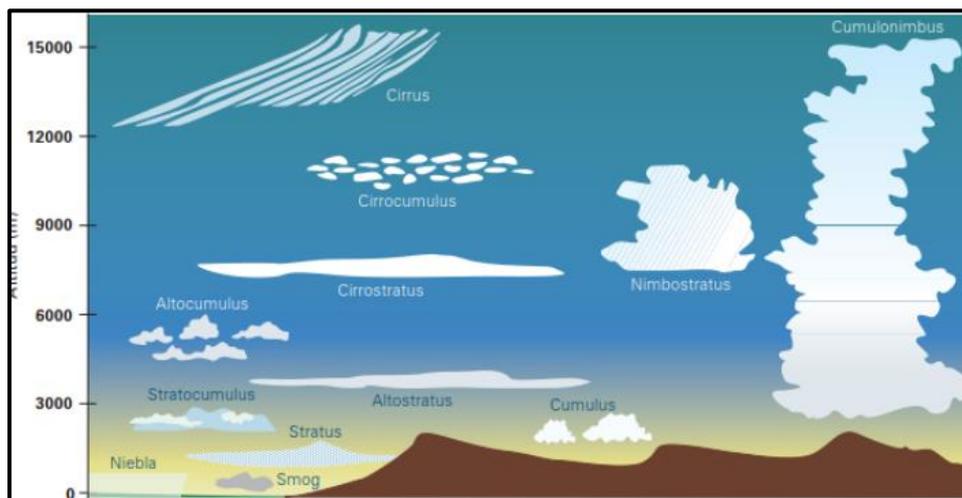
Las nubes existen en múltiples formas, tamaños y espesores, estas se forman por un agregado visible de pequeñas gotas de agua y cristales de hielo suspendidos en el aire. (Pérez Gallego, 2019)

La nubosidad es la aquella parte o fracción del cielo que está cubierta por nubes, además, es un elemento clave con importantes efectos en los procesos atmosféricos, ya que, debe destacarse la implicación dentro del balance energético y el ciclo hidrológico, entre otros, existen muchos bucles de retroalimentación entrelazados y muy complejos entre los elementos del sistema terrestre y las interacciones no lineales. (Royé , Rasilla , Martí, Lorenzo , & Abalde , 2018)

La Figura 1.3 señala los tipos de nubosidad que se producen a diferentes distancias sobre el nivel del suelo.

**Figura 1.3**

*Tipos de nubosidad*



*Fuente:* (Paredes Tavarez, 2018)

#### 1.3.5.1 Tipos de nubosidad

Los tipos de nubosidad varían dependiendo de características como: altura, latitud, temperatura, todo esto en base al lugar en el que se realiza el estudio.

A continuación, en la Tabla 1.3, se detallan los tipos de nubosidad que existen, de acuerdo como se genera según la región.

**Tabla 1.3**

*Tipos de nubosidad según la región*

<b>Nivel</b>	<b>Genera</b>	<b>Región Polar</b>	<b>Región Templada</b>	<b>Región tropical</b>
<b>Alto</b>	Cirrus ( <b>Ci</b> ) Cirro cúmulos ( <b>Ce</b> ) Cirrostratos ( <b>Cs</b> )	3-8 km	5-13 km	6-18 km
<b>Medio</b>	Alto cúmulos ( <b>Ac</b> ) Altoestratos ( <b>As</b> ) Nimbostratos ( <b>Ns</b> )	2-4 km	2-7 km	2-8 km
<b>Bajo</b>	Estratos ( <b>St</b> ) Estrato cúmulos ( <b>Se</b> ) Cumulus ( <b>Cu</b> ) Cumulonimbus ( <b>Cb</b> )	0-2 km	0-2 km	0-2 km

*Nota.* La clasificación de las nubes se da por diferentes aspectos, dentro de la tabla se tiene el nivel en las que se ubican, la región en la que se crean y la distancia (km) que tiene cada grupo de nubes entre el suelo y el cielo. (Paredes Tavarez, 2018)

### **1.3.5.2 Nubes altas**

Este tipo de nubes por lo general se encuentran en el nivel superior de la troposfera, teniendo una altura máxima de 14 km sobre el nivel del mar, están constituidas por cristales de hielo, esto sucede porque a la distancia en las que se encuentran no hay contenido de humedad y bajas temperaturas.

#### **1.3.5.2.1 Cirrus**

El tipo de nubosidad Cirrus se caracteriza por tener sus nubes separadas en forma de: filamentos blancos y delicados, blancos o bandas estrechas y blancas o casi blancas.; su apariencia es fibrosa, parecida a los cabellos de una persona, o de un brillo sedoso o ambas características a la vez, también están formados por lo que una masa de aire, con un elevado contenido de vapor de agua y que se enfría hasta la saturación y genera diminutos cristales de hielo que se encuentran a niveles la temperatura que va de  $-40^{\circ}$  a  $-60^{\circ}\text{C}$ . Este proceso de formación de cristales se observa en la Figura 1.4 donde consta los cristales impulsados por fuertes vientos, que reinan en los niveles altos, forman los jirones característicos. (Paredes Tavarez, 2018)

### **Figura 1.4**

*Cirrus*



*Fuente:* (World Meteorological Organization, 2017)

### **1.3.5.3 Nubes medias**

Estas nubes están situadas entre los 3 y 7 kilómetros de las nubes altas y bajas, principalmente se forman por gotas de agua, por lo que en algunas ocasiones están dan lugar a precipitaciones.

#### **1.3.5.3.1 Altocúmulos**

Este tipo de nubes están compuesto en su mayoría por gotas de agua, lo que les confiere un color grisáceo diferenciándolos de los que se generan en capas altas, además su grosor suele ser menor que 1 km, por la alta concentración de gotas de agua, lo que puede generar un obscurecimiento parcial del disco solar; este tipo se caracteriza por una apariencia hinchada, las bandas paralelas de altocúmulos pueden darse en algunas ocasiones. (Pérez Gallego, 2019)

La Figura 1.5 da una visión de cómo es su formación, este tipo de nube se constituye de masas globulares y se crean en un nivel medio del cielo.

### **Figura 1.5**

*Altocúmulos*



*Fuente:* (World Meteorological Organization, 2017)

#### 1.3.5.4 Nubes bajas

Las nubes bajas son las que están más cercanas al nivel del suelo con una distancia de 2-3 kilómetros de altura, estas se forman solamente al suscitarse precipitaciones, se puede dictaminar que hay buen tiempo cuando estas nubes no se las observa.

##### 1.3.5.4.1 Nimbostratos

Muy parecida a la composición y apariencia de las nubes Altoestratos, pero con un color grisáceo oscuro. La diferencia principal entre uno y otro se debe a que en la base de la nube los cristales de hielo se fusionan a gotas de agua, esto provoca que la altura de la base se vea más baja y sea difícil de diferenciar, esta composición genera lluvia moderada, es decir lo que comúnmente se llama llovizna.

Generalmente las nubes Nimbostratos se forman en la capa media del cielo, pero se desarrollan de forma vertical hacia las capas baja y alta. En la Figura 1.6 se observa este tipo de nube que se crea en una sola capa y se caracteriza por tomar un color gris oscuro, estas nubes provocan una total obscuración del sol debido a la precipitación y posterior evaporación del agua y su mezcla con el aire. (Pérez Gallego, 2019)

**Figura 1.6**

*Nimbostratos*



*Fuente:* (World Meteorological Organization, 2017)

## 1.4 Meteorología

Es la ciencia que estudia el estado del tiempo y de los fenómenos que se forman en la atmósfera de la tierra, esta ciencia se extiende también al estudio de las variaciones diarias, semanales y mensuales de las condiciones atmosféricas la cual se denomina Meteorología Sinóptica, además existe la meteorología física que analiza las propiedades eléctricas y ópticas, además y de otras propiedades de la atmósfera. Es necesario definir a la climatología ya que va de la mano con la meteorología pues esta es la que se encarga del estudio del clima, las condiciones medias y extremas durante largo periodos de tiempo, también es necesario conocer a la micrometeorología que es la encargada del análisis de la variación de los elementos meteorológicos cerca de la tierra en un área reducida y varios otros fenómenos (Aros Salazar, 2020)

## 1.5 Clasificación de estaciones meteorológicas

El lugar en donde se desarrollan una serie de estudios que analizan el comportamiento del medio ambiente y la atmosfera se las denomina estaciones meteorológicas. Según la Organización Meteorológica Mundial las estaciones se clasifican de acuerdo con los requerimientos de los datos de observación que necesite la investigación, en la Tabla 1.4 se observa la clasificación de las estaciones meteorológicas según su finalidad.

**Tabla 1.4**

*Clasificación de estaciones meteorológicas*

<b>Según su finalidad</b>	<b>Clasificación</b>
<b>Sinóptica</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Agrometeorológicas</li><li>• Especiales</li><li>• Aeronáuticas</li><li>• Satelitales</li></ul>
<b>Por la magnitud de las observaciones</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Principales</li><li>• Ordinarias</li><li>• Auxiliares</li></ul>
<b>Por el nivel de observación</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Superficie</li><li>• Altitud</li></ul>
<b>Según el lugar de observación</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Terrestres</li><li>• Aéreas</li><li>• Marítimas</li></ul>

### **1.5.1 Estación meteorológica convencional**

Este tipo de estación meteorológica es conformada por instrumentos convencionales, donde se utiliza la una plumilla sobre una banda de papel que genera una gráfica mediante un movimiento mecánico, la cual representará la presencia de la variable climatológica utilizada.

Para la manipulación de una estación convencional es necesario la intervención de personal apto para la lectura y recolección de datos, los sensores que recogerán la información mayormente son los: termómetros, pluviómetros, veletas, entre otros sensores que desempeñan una determinada función dentro de la estación. (Anastasio Burgos & Barzola Romero, 2019)

### **1.5.2 Estación sinóptica**

Esta estación meteorológica toma mediciones de nubosidad, dirección y velocidad del viento, presión atmosférica, temperatura del aire, tipo y altura de las nubes, visibilidad, fenómenos especiales, características de humedad, precipitaciones, temperaturas externas, recorrido del viento y secuencia de los fenómenos atmosféricos, realizando observaciones de los datos horariamente. (Urbano Toledo & Martínez Vargas, 2019)

### **1.5.3 Estaciones meteorológicas automáticas**

Este tipo de estaciones realiza observaciones y transmite la información que se recolecta de forma automática, su control se lo puede efectuar local o remotamente según la necesidad que se tenga, esta estación puede medir cualquier variable climática mediante instrumentación automática. Las estaciones automáticas para fines agrícolas se expanden ya que la evolución con respecto a los cambios de instrumentaciones, la inspección y el mantenimiento se aplican por igual a este tipo de estaciones como a las otras. (Obando Buitrago, 2016)

### **1.5.4 Estaciones agrometeorológicas**

Para obtener datos meteorológicos, biológicos y fenológicos se implementan este tipo de estaciones meteorológicas, que a partir de la aplicación de estas estaciones se estudia la evolución bajo los efectos del tiempo y el clima en las plantas y los animales, con el objeto de estudiar las mejores condiciones productivas de estas. (Gustavo, 2017)

Los agricultores tienen un gran beneficio con estas estaciones ya que gracias a los datos meteorológicos que se proporcionan, ayuda a la toma de decisiones acertadas y planificadas para reducir el impacto de los fenómenos climáticos que afecten a los cultivos.

## **1.6 Instrumentos de medición**

En las estaciones meteorológicas de cualquier tipo que se trate, su principal elemento son los sensores; ya que son las herramientas de medición de las variables climáticas. Los

sensores al obtener información climatológica ayudan a comparar, estudiar, medir y comprender el comportamiento de diversos fenómenos ambientales.

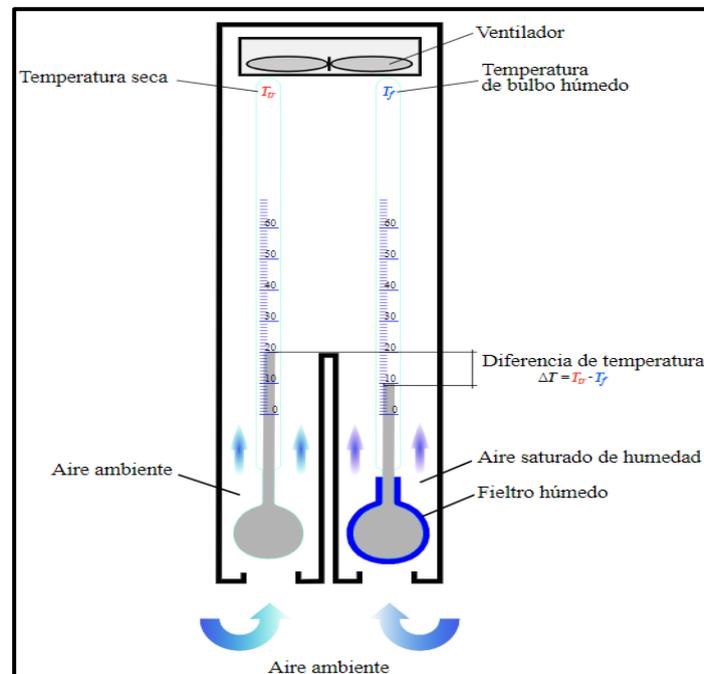
### 1.6.1 Sensor de humedad

En una estación meteorológica el sensor de humedad es uno de los elementos principales, debido a que este mide la cantidad de vapor de agua que contiene el aire y el punto máximo que pueda llegar a alcanzar, por esta razón con la presencia de una mayor temperatura, mayor es la capacidad que contiene el aire de absorción de vapor de agua.

El instrumento que se utiliza para medir la humedad relativa del aire o la cantidad de vapor de agua invisible en un determinado espacio es el higrómetro, en la antigüedad se construían los sensores mecánicamente, lo que quiere decir que se daba respuesta a la cantidad de humedad atmosférica existente en el ambiente mediante el cabello humano, actualmente existen varios tipos de sensores para detectar la humedad, estos se los escoge según la medición que se necesite obtener. El higrómetro de tipo psicrómetro representado en la Figura 1.7 especifica la humedad atmosférica mediante la diferenciación de su temperatura con la humedad y su temperatura ordinaria. (Arango, 2018)

**Figura 1.7**

Psicómetro



Fuente: (Russell L Marcks, 2021)

## 1.6.2 Sensor de temperatura

Estos sensores miden la temperatura ambiente del sitio donde se los instala; entre las distintas variedades de sensores que existen solo se los diferencia por pequeños detalles ya que funcionan de manera similar, cualquier microcontrolador con el que se vaya a trabajar se puede utilizar diferentes sensores de temperatura según se elija dependiendo los requerimientos del proyecto. Se pueden desarrollar distintas aplicaciones para este tipo de sensores, desde una simple estación meteorológica hasta un sistema de alarma capaz de detectar la presencia de un ser vivo. (Del valle Hernandez, 2018)

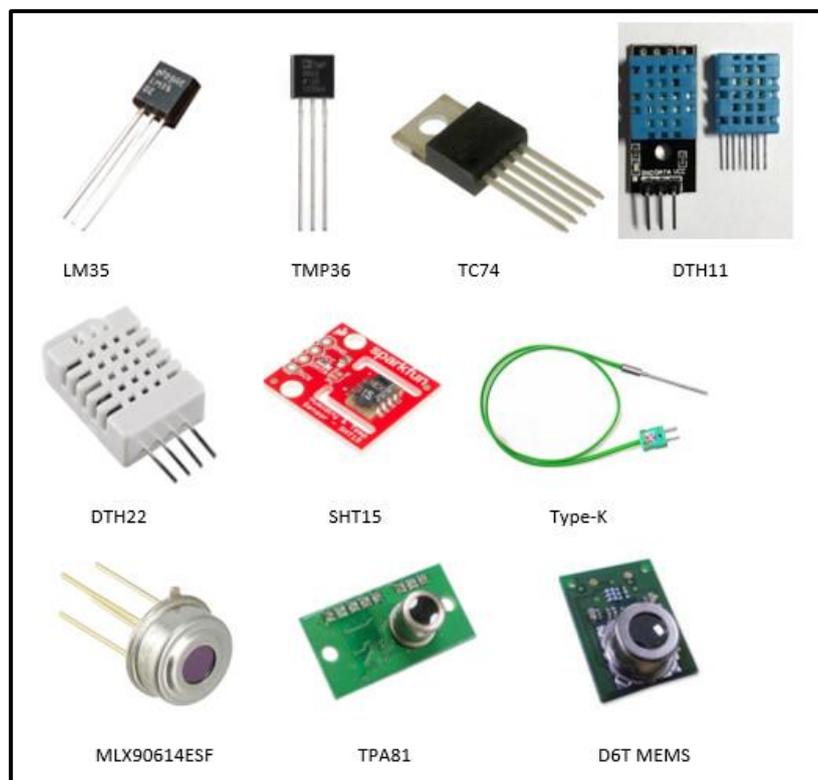
Se clasifican los diferentes sensores en tres tipos dependiendo de a quién va dirigido.

- Sensores para aficionados
- Sensores para automatizaciones
- Sensores con características especiales

La Figura 1.8 engloba los tipos de sensores de temperatura que existen en el mercado.

**Figura 1.8**

*Tipos de sensores de temperatura.*



*Fuente:* (Del valle Hernandez, 2018)

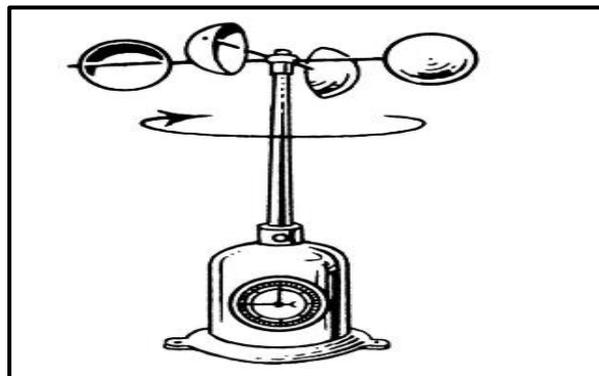
### 1.6.3 Sensor de velocidad y dirección del viento

Para medir la velocidad con la que se presenta el viento y para predecir el tiempo atmosférico se utiliza un dispositivo meteorológico llamado anemómetro, este elemento es un instrumento de vuelo básico. En meteorología los anemómetros más comunes son los de cazoletas, que consta de tres aspas con cazoletas donde actúa la fuerza del viento. Antes de los dispositivos electrónicos se recurría al anemómetro de filamento caliente, que consiste en un hilo de metal calentado eléctricamente, donde el viento al incidir sobre el cable lo enfría variando así su resistencia eléctrica, la corriente que atraviesa el hilo es proporcional a la velocidad del viento. (Mendoza Velázquez, 2018)

La velocidad del viento se mide de acuerdo con la presión que se ejerza en la superficie de sus hélices, según este criterio en la Figura 1.9 se representa el anemómetro y su funcionalidad.

**Figura 1.9**

Anemómetro



*Fuente:* (Hoyas Castro, 2017)

La veleta es el dispositivo que mide la dirección del viento el cual mediante la presencia del viento gira sus aspas y permite señalar la dirección en la que corre el viento. La representación de la veleta por lo general se la compara con los animales como el gallo o el caballo. Para maximizar la funcionalidad de la veleta se deben instalar a grandes alturas, esto con la intención de que el viento no se altere por la presencia de edificios o árboles que se encuentren alrededor del dispositivo. Por este caso las veletas se las observa en lo más alto de casas o edificaciones. (Mendoza Velázquez, 2018)

La veleta consta de un señalador y un pivotante, donde el pivote recibe el impacto del viento y el señalador indica la dirección en la que sopla el viento en la Figura 1.10 se observa la veleta con sus partes.

**Figura 1.10**

Veleta sensor que mide la dirección del viento.



*Fuente: (Askix, 2022)*

## **1.7 Microcontroladores**

Circuitos integrados digitales programables, aptos para realizar acciones específicas guardadas en su memoria, su uso es variado por el hecho que está compuesto por bloques funcionales que realizan trabajos definidos, el microcontrolador debido a su unidad central de procesamiento CPU, memorias ROM Y RAM, periféricos de entrada/salida se lo compara con un pequeño computador. A continuación, se describen algunos de los microcontroladores más utilizados:

### **1.7.1 Raspberry Pi – System on Chip (SoC)**

La Raspberry Pi ejecuta un sistema operativo altamente funcional que imita a un computador de placa reducida, contiene múltiples sistemas de programación y servidores, la placa es capaz de trabajar directamente con elementos de hardware y software.

El SoC Raspberry Pi no tiene un software específico instalado; por ello, este se escoge de acuerdo con consideración propia, se puede escoger entre Raspbian, distintas distribuciones de Linux, Windows IoT, etc. Este software se instala en una memoria microSD:

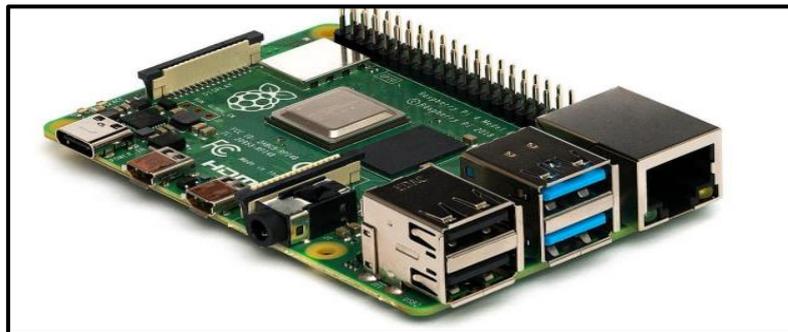
- a) Berry Boot. – Es un programa que se encarga de asistir en la instalación de distintos sistemas operativos desde la propia Raspberry Pi, además de permitir tener un respaldo hacia un almacenamiento externo.

- b) Noobs. - Es una herramienta que ayuda en la instalación del sistema operativo Linux. Para la descarga del sistema operativo esta aplicación no necesita acceso a internet, se descarga Noobs y se descomprime en una tarjeta SD de al menos 4GB de capacidad. (Perugachi, 2018)

En la Figura 1.11 se visualiza como es un Raspberry Pi físico, el cual según el modelo aumenta o disminuye sus entradas.

**Figura 1.11**

*Placa Raspberry Pi*



*Fuente: (Morales P. S., 2021)*

### **1.7.2 Tarjeta de desarrollo Arduino**

Arduino es una placa que posee un microcontrolador y una plataforma de hardware libre, diseñada para simplificar el uso de la electrónica en trabajos multidisciplinarios, esta tarjeta de desarrollo se puede utilizar para desarrollar elementos autónomos, conectándose a dispositivos e interactuar tanto con el hardware como con el software. (Bueno Solano & Lindo Morales, 2019)

La programación de las placas se realiza mediante un entorno de desarrollo (IDE), el que se dedica a cargar el código realizado al modelo de placa con el que se trabajó. Arduino se especializa en acercar y facilitar el uso de la electrónica y programación de sistemas embebidos en proyectos multidisciplinarios liberando componentes de hardware y software con licencia de código abierto que admite libertad de acceso a estas acciones.

La placa se constituye de un hardware de circuito impreso con un microcontrolador, usualmente Atmel AVR, puertos digitales y analógicos de entrada/salida, los cuatro pueden conectarse a placas de expansión, que amplían los funcionamientos de la placa Arduino. Así mismo, posee un puerto de conexión USB desde donde se puede alimentar la placa y establecer comunicación con el computador. (Peña Cáceres, 2019)

A continuación, se observa en la Figura 1.12 como es una placa Arduino de forma física:

**Figura 1.12**

*Placa Arduino*



*Fuente: (Morales P. S., 2021)*

### **1.7.3 Módulo ESP32**

Espressif Systems desarrollo y creo ESP32 que es un microcontrolador de bajo consumo y bajo costo en un chip SoC (System On Chip) con Wi-Fi y modo dual con Bluetooth. El SoC tiene un microprocesador Tensilica Xtensa LX6 de doble núcleo o de un solo núcleo con una frecuencia de reloj de hasta 240MHz. ESP32 posee un switch de antena, balun para RF, amplificador de potencia, amplificador de recepción con bajo nivel de ruido, filtros y módulos de administración de energía, todos estos elementos consolidados en un mismo chip. Este elemento se proyecta para dispositivos móviles; para aplicaciones de electrónica, y las de IoT (Internet de las cosas), ESP32 logra un consumo de energía ultra bajo a través de funciones de ahorro de energía, Incluye la sintonización de reloj con una resolución fina, modos de potencia múltiple y escalado de potencia dinámica. (Morales P. F., 2021)

La Figura 1.13 representa el microprocesador ESP32 de forma física.

**Figura 1.13**

*Módulo ESP32*



*Fuente: (Lobo.J, 2020)*

## 1.8 Almacenamiento de información en bases de datos

La Raspberry Pi permite mostrar los datos que miden los sensores mediante consola o un navegador web, se utiliza la programación para crear elementos de visualización y almacenamiento de datos dentro de la Raspberry Pi sin la intervención de dispositivos externos. Se configura el servidor web en el SoC para acceder a la plataforma web a la que se enviarán los datos, el acceso a la plataforma donde se almacenan y se muestran los datos se la puede ejecutar por medio de internet ya sea de forma inalámbrica o alámbrica. (Hernández R, Amondaray, Matínez, & Montero, 2020)

Las diferentes bases de datos que se utilizan almacenan un gran número de información de forma ordenada para poder utilizarla en cualquier momento, algunas bases de datos se las representa en la Figura 1.14

**Figura 1.14**

*Gestores de bases de datos*



*Fuente: (10Conceptos , 2021)*

En este capítulo se detalló el comportamiento de las heladas dentro de los cultivos, así como también los dispositivos con los cuales se pueden medir ciertos parámetros que inciden en la formación de este fenómeno, al conocer estos aspectos se toma en cuenta la información recolectada para desarrollar el diseño de la estación meteorológica.

# CAPÍTULO 2

## Diseño de la estación meteorológica

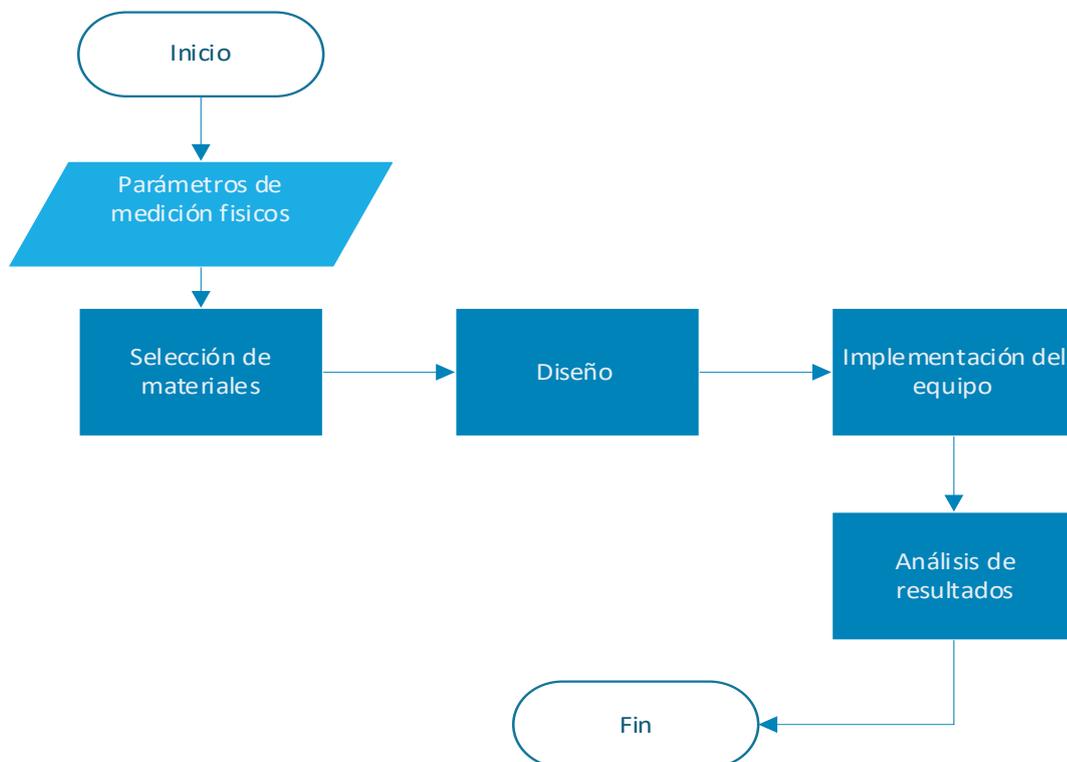
Dentro de este capítulo se realiza el diseño tanto de la estructura como del software de la estación meteorológica que se quiere construir, se seleccionan los sensores que se encargan de medir las variables de estudio, así como también se detalla la forma de conexión entre los elementos, se tienen diagramas de flujo del funcionamiento de los sensores mediante códigos de programación; para finalizar se describe la estructura donde se instalan todos los elementos que posee la estación meteorológica.

### 2. Metodología

Para realizar este proyecto se analiza la problemática y se plantean objetivos, tras tener esto determinado se crea un plan de acción el cual consta de enlistar los requerimientos técnicos (parámetros de medición físicos) y tecnológicos (sensores), al tener las variables físicas de estudio definidas se seleccionan los materiales y se inicia el diseño del equipo, para posteriormente implementar la estación meteorológica; así finalmente se analizan los resultados que se obtengan de la implementación del equipo. Se utiliza un diagrama de bloques que se observa en la Figura 2.1 para representar la metodología.

**Figura 2.1**

*Diagrama de bloques de la metodología*

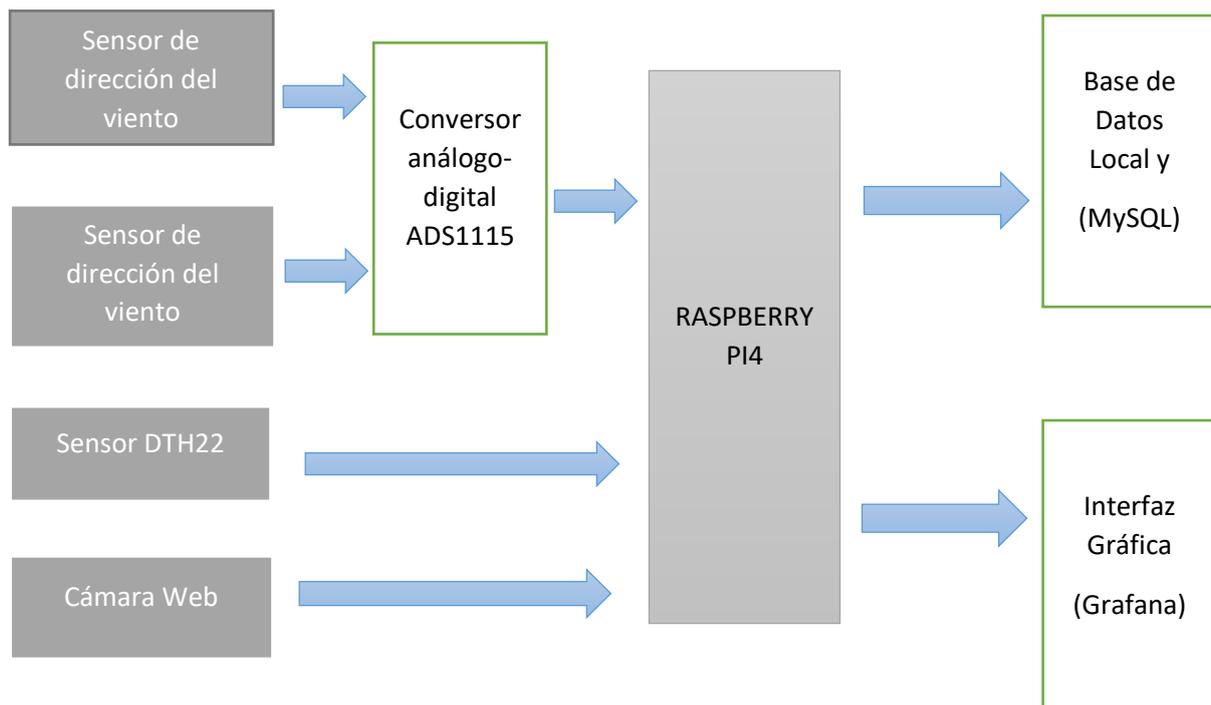


## 2.1 Diagrama de conexiones de la estación meteorológica

La estación meteorológica consta de 4 sensores en la Figura 2.2 se observa que consta de dos sensores analógicos que son el anemómetro y la veleta, para estos sensores se necesita un convertor análogo-digital para transformar su señal, de igual forma, se usa un sensor de temperatura y humedad; adicional a estos sensores se instala una cámara web. Estos elementos se controlan mediante una Raspberry Pi que tiene la capacidad de procesar los datos enviados desde los diferentes sensores, así como también se encarga de comparar imágenes que capture la cámara web para la obtención de la nubosidad del cielo, posteriormente se envían los datos medidos a una base de datos local y una en la web en este caso (MySQL), para complementar el monitoreo se envía a una interfaz gráfica que permite ver los datos en tiempo real.

**Figura 2.2**

*Estructura de la estación meteorológica*



## 2.2 Sensores

Dentro de la idea que se tiene para el prototipo de la estación meteorológica es llegar a la obtención de datos reales del clima en el sector donde se implementa el equipo, siendo así en este apartado se comparan sensores para la selección de los más aptos para la estación meteorológica; los sensores se escogen en función a la necesidad del prototipo.

### 2.2.1 Sensor de velocidad del viento

Como en todos los sensores que se requieren para esta estación, se busca precisión y confiabilidad, teniendo esto en cuenta se realiza una búsqueda minuciosa para determinar los dos sensores de velocidad del viento que más se adaptan a los requerimientos que se tienen, por eso se realiza la comparación entre el anemómetro Young Modelo 0513 V y el sensor de velocidad del viento YGC -FS ya que estos son los más comunes en el mercado local.

Estos dos sensores tienen el mismo principio de funcionamiento y constitución, se calcula la velocidad del viento en función a interrupciones (apertura y cierre), al suscitarse dichas interrupciones se realiza una transformación con respecto al voltaje, por eso cada sensor cuenta con su propia fórmula de transformación velocidad del viento- voltaje, a más de esto ambos arrojan una señal analógica la cual se la debe digitalizar con un conversor análogo-digital, esto quiere decir que el sensor envía señales analógicas y gracias a un conversor la Raspberry Pi recibe señales digitales que el SoC puede procesar.

El sensor más apto para el proyecto y el que se implementa es el sensor de velocidad del viento YGC -FS por su resistencia al cambiante clima, amplio rango de operación y gran sensibilidad, sus demás propiedades se desglosan dentro del **ANEXO C** en el cual se observa su datasheet. En la Tabla 2.1 se comparan y detallan las características de los sensores Young Modelo 0513 V Y YGC-FS.

**Tabla 2.1**

*Características de los sensores YGC – FS y Young Modelo 0513V*

Parámetro	YGC – FS	Young Modelo 0513V
Alimentación	0 – 5V DC	Fuente externa entre 8 a 24V. DC
Corriente	4 a 20mA	Fuente externa con una corriente nominal de 5mA a 12V DC
Rango	0 – 45m/s	0-100m/s (0 a 224mph)
Umbral de sensibilidad	$\leq 0.5\text{m/s}$	1m/s(2,2mph)
Temperatura	-40°C a 80°C	-50°C a 50°C
Rango de Operación	0 -5 V DC	0 – 5 V DC
Velocidad del Viento	--	$M_s = mV^* 0.0200$
Clase de protección	IP45	-
Tiempo de funcionamiento	10ms o menos	-

### 2.2.2 Sensor de dirección del viento

Los sensores de dirección del viento que se requiere para el proyecto son bajo estándar de precisión y durabilidad ya que como todos los sensores se instalan a la intemperie, siendo así se comparan las características de dos sensores que comercialmente hablando son los

más comunes en el mercado; los cuales son el sensor YGC -FX y el sensor PCE-FST-200-202, el funcionamiento de los dos sensores se basa en el mismo principio, el cual empieza a medir a partir del movimiento más insignificante del viento, la transmisión de sus datos es análoga, por tal motivo se debe hacer uso de un conversor análogo-digital para poder identificar la dirección que se tiene del viento, estos datos se obtienen mediante una fórmula que determina los grados en los que apunta la veleta y así determinar la dirección, eso sí siempre partiendo desde el norte.

El sensor que se utiliza en el equipo es el YGC-FX, porque tiene buena precisión y cuenta con una veleta de plástico que es ligera y permite bajar la inercia del viento para tener una correcta medición, su datasheet se encuentra en el **ANEXO D**.

Para tener la diferencia de forma visual se tiene una comparación de características entre los dos sensores dentro de la Tabla 2.2.

**Tabla 2.2**

*Características de los sensores YGC -FX Y PCE-FST-200-202*

Parámetros	YGC-FX	PCE-FST-200-202
Rango de medición	0-360°	0-360°
Medición a partir de	≤5m/s	≤8m/s
Resolución		22,5°C
Precisión	±1°	±3°
Rango de temperatura operativa	-40°C a 80°C a ≤100%HR	-20° a +85°C a ≤95%HR
Señal de salida	0 a 5V 4 a 20mA	4 a 20mA 0 a 10VDC
Resistencia eléctrica	≤250 ohmios	250 ohmios
Alimentación operativa	5 a 24vDC	12 a 36VDC
Tipo de protección	IP45	IP65

### 2.2.3 Sensor de humedad y temperatura

Para la medición de estas dos variables se contemplan varios sensores pero, los más próximos a cumplir todos los requerimientos fueron los sensores DTH11 Y DTH22 que son los más comunes en el mercado local, estos tienen la capacidad de censar dos variables climáticas, con un sensor de humedad capacitivo y para la temperatura un termistor, así también estos ayudan a reducir el costo del equipo, ya que consta de un circuito integrado propio donde se realiza la conversión analógica a digital, dando facilidad de trabajar con el microcontrolador sin la necesidad de un módulo de conversión análogo-digital.

El sensor que se utiliza en el proyecto es el sensor de temperatura y humedad DTH22, ya que sus especificaciones son mejores que el sensor DTH11 como se muestra en la Tabla 2.3 y en el **ANEXO A**, la diferencia entre uno y otro radica en las mejoras en sus rangos de

medición de temperatura y humedad, así como también se tiene variaciones en la precisión en cada variable que mide, el precio no influye mucho porque el valor entre cada sensor no es significativo.

**Tabla 2.3**

*Comparativa entre sensores DTH11 Y DTH22*

Parámetro	DTH22	DTH11
Alimentación	3.3Vdc ≤ Vcc ≤ 6Vdccc	3.5V – 5.5Vdc
Señal de Salida	Digital	Digital
Rango de medida de Temperatura	De -40°C a 80°C	De 0°C a 50°C
Precisión Temperatura	<±0.5°C	±2°C
Resolución Temperatura	0.1°C	1°C
Rango de medida de Humedad	De 0 a 100%RH	De 20°RH a 90%RH
Precisión de humedad	2%RH	±5%Rh
Resolución de Humedad	0.1% RH	1%RH
Tiempo de respuesta	2s	6s
Tamaño	14x18x5.5mm	12x15x5.5mm
Consumo	2.5mA	2.5mA

### 2.3 Conversor Analógico – Digital Ads1115

El SoC Raspberry Pi no cuenta con pines para entradas analógicas, en este caso los sensores de velocidad y dirección del viento tienen dichas salidas, generando un problema por el hecho de que es imposible adquirir los datos; la solución que se da para esta situación es utilizar un conversor análogo digital ADS 1115.

Este convertidor a más de ayudar con el cambio de estado de las señales ayuda a liberar espacio en el procesador del microcontrolador, también amplía la precisión y rango de conversión gracias a sus 16bits de precisión y comunicación I2C, es fácil su configuración, con una gran velocidad de muestreo. Por estas características que se reflejan en el **ANEXO B** y bajo precio se trabaja con este elemento que en la siguiente Tabla 2.4 se desglosa algunos más de sus atributos.

**Tabla 2.4***Convertor Analógico Digital de 4 canales Ads1115 16 Bits*

Parámetro	Valor
<b>Voltaje de Operación</b>	De 2V a 5,5V
<b>Consumo de corriente</b>	150 uA (modo continuo)
<b>Velocidad de muestro programable</b>	De 8 Hz a 860 Hz
<b>Resolución</b>	16-bit
<b>Canales</b>	4 canales de entrada a 2 diferenciales
<b>Interfaz de comunicación</b>	I2C (4 direcciones)

**2.4 Cámara Genius 1000X HD/720P/USB**

El dispositivo tiene la capacidad de determinar la nubosidad de la zona, dado esto se necesita una cámara que capture imágenes con dirección hacia el cielo, para este prototipo se utiliza una cámara web o USB, por el simple hecho de que al no tener una buena resolución esta no afecta a la calidad de la imagen, ya que teniendo una cámara con alta resolución el sol afecta de manera considerable la resolución de la imagen. En la siguiente Tabla 2.5 se comparan dos cámaras USB, excepto ciertos casilleros en los cuales algunos parámetros no comparten los dos modelos.

**Tabla 2.5***Cámara USB Genius 1000X HD/720P - 101JD Full HD 1080P*

Parámetro	Genius 1000X HD/720P	101JD FULL HD 1080P
<b>Sensor de imagen</b>	CMOS de pixeles de alta definición	Sensor de 1/3" y 2 millones de pixeles
<b>Tipo de lente</b>	Objetivo de enfoque manual	-
<b>Formato de archivo</b>	AVI / WMV	-
<b>Micrófono</b>	Si	-
<b>Resolución</b>	1MP, 1280x720, 640x480 pixeles	1920x1080P
<b>Peso</b>	50g	117g
<b>Dimensiones</b>	20x20x60 mm	91x80x33 mm
<b>Procesamiento de imagen</b>	-	3D denoising

**2.5 Raspberry Pi 4 modelo B**

El SoC se elige en función a las mejoras que presento respecto con sus modelos anteriores, este Raspberry Pi de cuarta generación aumento su velocidad de procesamiento, desempeño multimedia, memoria y conectividad.

Estas mejoras en la Raspberry Pi4 modelo B incluyen un procesador de 64 bits quad core, doble salida de video que soporta una resolución de hasta 4K por puertos micro-HDMI en lugar del famoso HDMI estándar, decodificador de video de hasta 4kp60, hasta 4Gb de memoria RAM dependiendo el modelo a elegir, antena Wifi de doble banda a 2.4/5.0 GHz, Bluetooth 5.0, Gigabit Ethernet, 2 puertos USB 3.0 y 2 puertos 2.0 además de compatibilidad por PoE, es por estas características que el presente trabajo se realiza con esta tecnología. (330ohms, 2019)

### 2.5.1 Características

Para tener una visión más clara en cuanto a las mejoras del Soc Raspberry Pi, se muestra una comparativa de características entre los distintos modelos que se lanzaron al mercado en años anteriores, estas características se reflejan en la Tabla 2.6.

**Tabla 2.6**

*Comparativa entre microcontroladores*

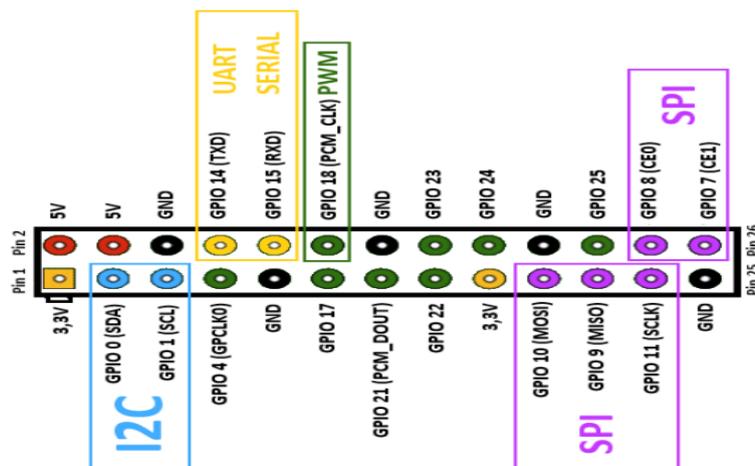
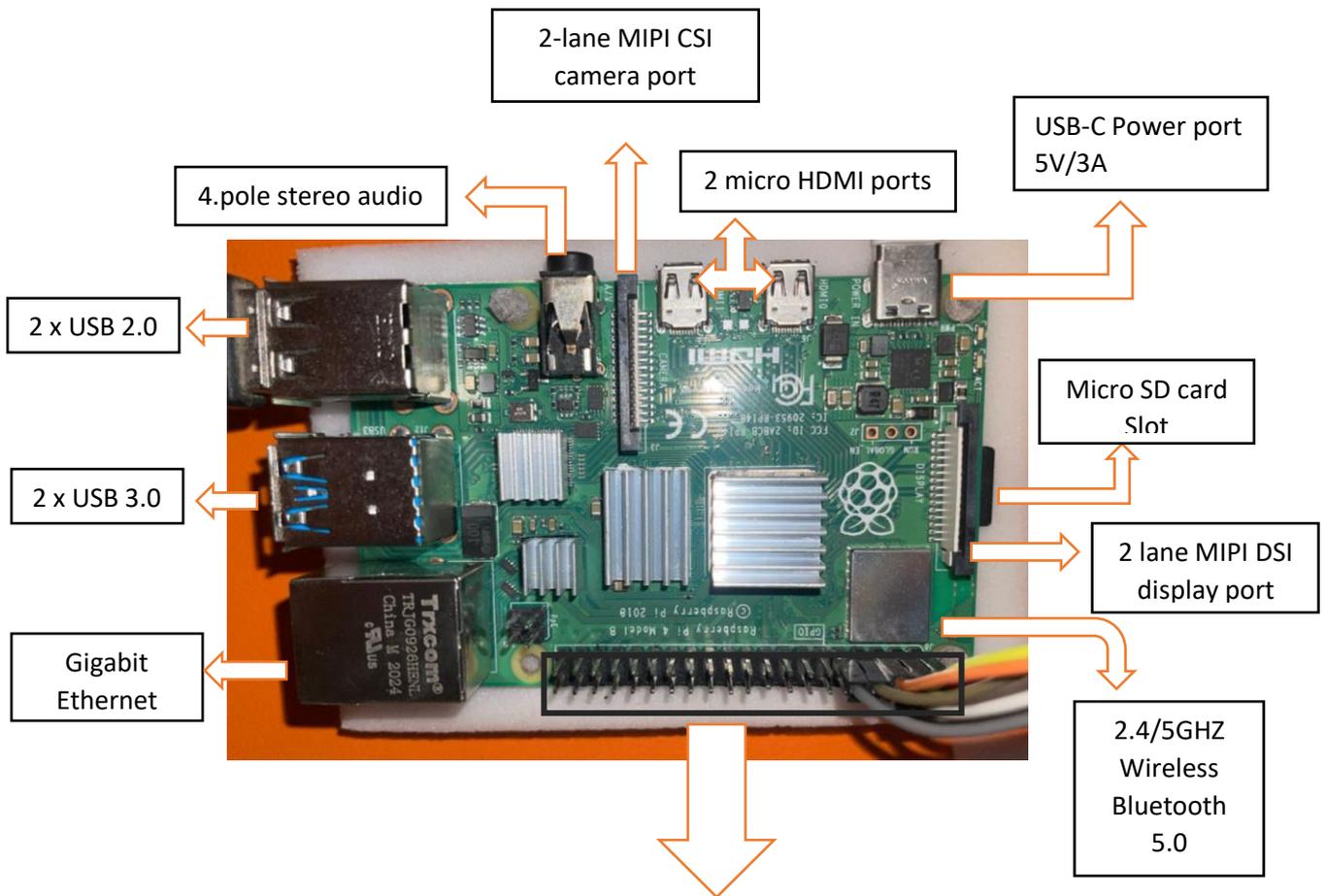
	<b>RASPBERRY PI 4 MODELO B</b>	<b>RASPBERRY PI 3 MODELO B +</b>	<b>RASPBERRY PI 3 MODELO B</b>
<b>PROCESADOR</b>	Broadcom BCM2711BO, quad-core Cortex-Ax72	Broadcom BCM2837BO, Cortex-A53 (ARMv8) 64-bit SoC	Broadcom BCM2837, Cortex-A53 (ARMv8) 64-bit SoC
<b>FRECUENCIA DE RELOJ</b>	1,5 GHz	1,4 GHz	1,2GHz
<b>GPU</b>	VideoCore VI 500 MHz	VideoCore VI 400 MHz	VideoCore VI 400 MHz
<b>MEMORIA</b>	1/2/4 GB LPDDR4-3200	1GB LPDDR2 SDRAM	1GB LPDDR2 SDRAM
<b>CONECTIVIDAD INALÁMBRICA</b>	Wi-Fi 2,4GHz / 5GHz IEEE 802.11.b/g/n/ac Bluetooth 5.0, BLE	Wi-Fi 2,4GHz / 5GHz IEEE 802.11.b/g/n/ac Bluetooth 4.2, BLE	Wi-Fi 2,4GHz IEEE 802.11.b/g/n/ac Bluetooth 4.1
<b>CONECTIVIDAD DE RED</b>	Gigabit Ethernet	Gigabit Ethernet over USB 2.0 (300 Mbps de máximo teórico)	Fast Ethernet 10/100 Gbps
<b>PUERTOS</b>	GPIO 40 pines 2 x Micro HDMI 2 x USB 2.0 2 x USB 3.0 CSI (cámara Raspberry Pi) DSI (pantalla táctil) Micro SD Micro USB (alimentación) Power-over-Ethernet (PoE)	GPIO 40 pines HDMI 4 x USB 2.0 CSI (cámara Raspberry Pi) DSI (pantalla táctil) Micro SD Micro USB (alimentación) Power-over-Ethernet (PoE)	GPIO 40 pines HDMI 4 x USB 2.0 CSI (cámara Raspberry Pi) DSI (pantalla táctil) Micro SD Micro USB (alimentación)

## 2.5.2 Estructura de la Raspberry PI4 Modelo B

La Raspberry Pi4 Modelo B tiene múltiples puertos que son de gran utilidad para cualquier aplicación, por eso en la Figura 2.3 se detalla la estructura general de todos estos puertos y pines de salida que contiene esta placa.

**Figura 2.3**

*Estructura de la Raspberry Pi 4 Modelo B*

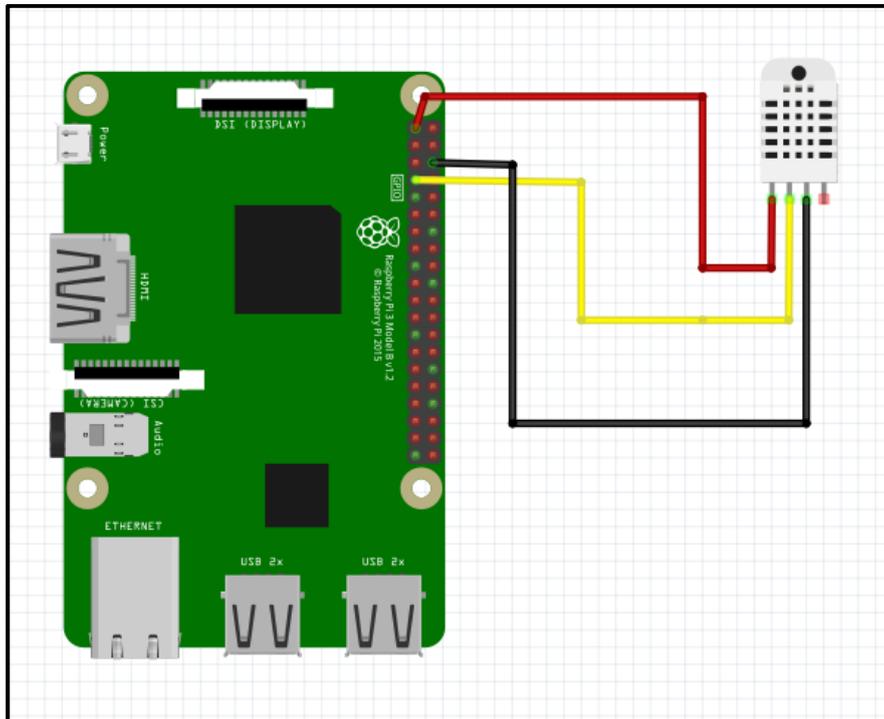


### 2.5.3 Diagrama de conexión del sensor de temperatura y humedad

En la Figura 2.4 se observa la conexión del sensor DTH22 que mide temperatura y humedad del viento, este sensor cuenta con tres pines, donde uno es de alimentación (rojo) conectado en el pin de la Raspberry que entrega 5V, el otro es tierra y se conecta al pin GND (negro) de la placa; por último, el sensor tiene un pin (amarillo) que transmite los datos que mide, este es conectado al pin GPIO14 para controlar el sensor desde de la Raspberry Pi4.

**Figura 2.4**

*Diagrama de conexión del sensor DTH22*

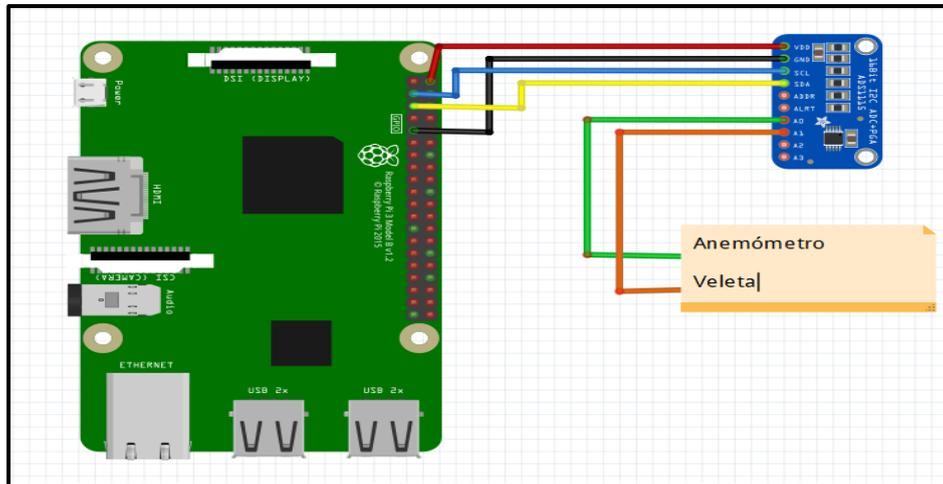


### 2.5.4 Diagrama de conexión del convertor análogo-digital Ads1115

En la Figura 2.5 se tiene la conexión del convertor análogo digital para los sensores de dirección y velocidad del viento, los pines VDD (rojo) y GND (negro) del convertor analógico se conectan a los pines de la Raspberry Pi4 de alimentación de 5V y GND, los pines siguientes SCL (azul) y SDA (amarillo) se enlazan a los pines GPIO 0 Y GPIO1, para la transmisión y recepción de datos los últimos dos pines del convertor A0 (verde) Y A1 (naranja) se conectan a los sensores.

**Figura 2.5**

*Diagrama de conexión del convertor análogo-digital Ads1115*

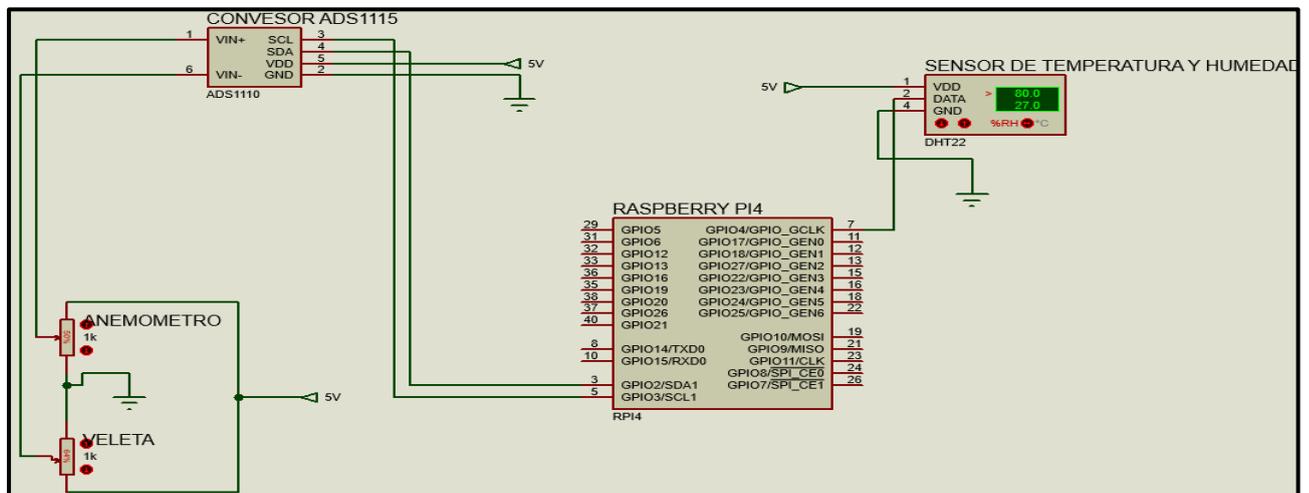


### 2.5.4 Diagrama general de conexiones

En la Figura 2.6 se observa la totalidad de conexiones que se tiene entre los sensores y la placa Raspberry Pi4, donde se reflejan los sensores de velocidad, dirección, temperatura y humedad del viento, así como también el convertor análogo- digital, en este esquema no sale a relucir la cámara web que también forma parte del sistema, por el hecho que esta se conecta directo al puerto USB de la placa y el simulador donde se realizó el esquema solo refleja los puertos de conexión GPIO más no los totales de la Raspberry Pi4, tampoco refleja los pines de voltaje y tierra.

**Figura 2.6**

*Diagrama general de conexiones*

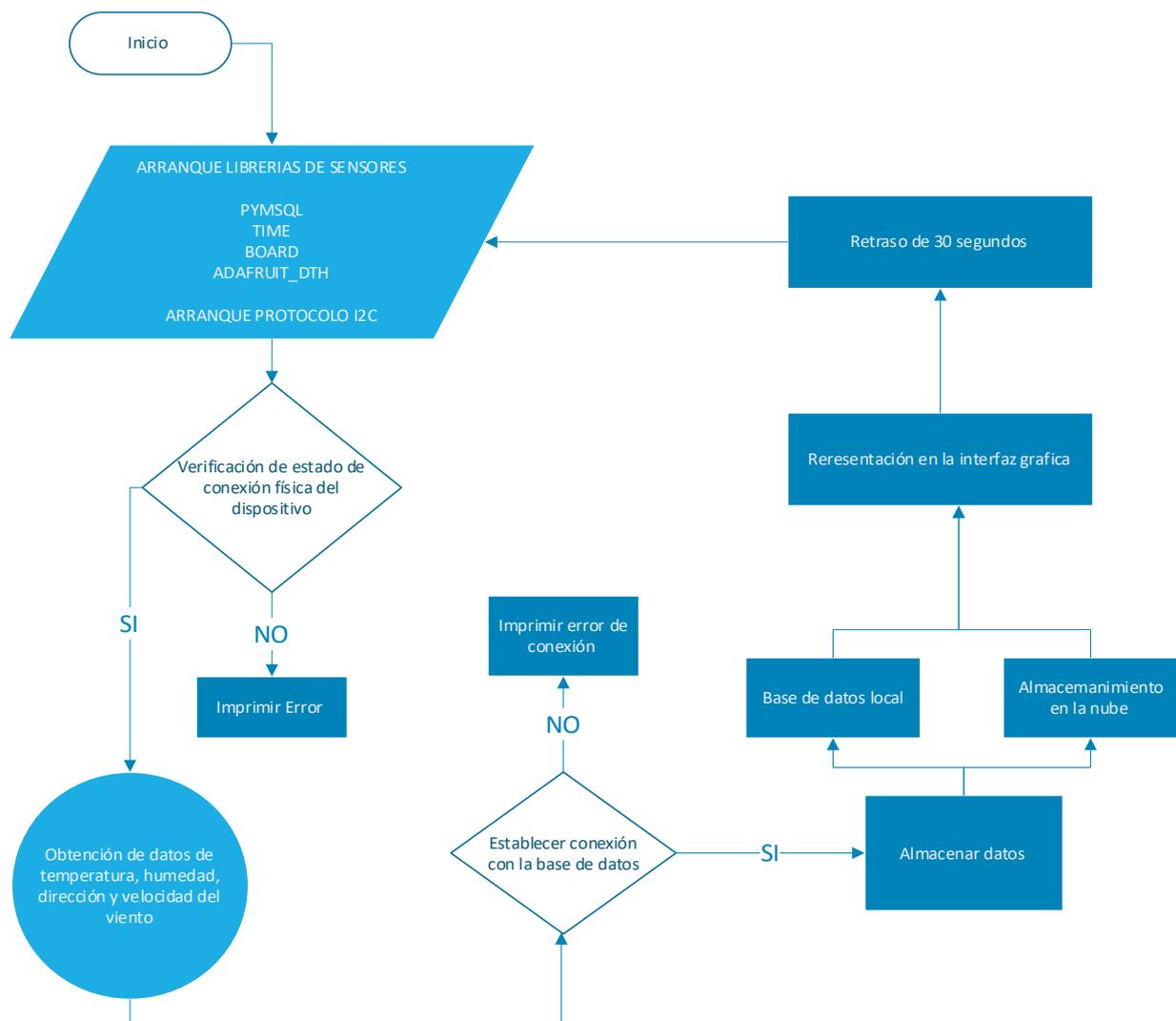


## 2.6 Diagrama de flujo para sensores de temperatura, humedad, velocidad y dirección del viento

En la figura 2.7 se observa el diagrama de flujo del funcionamiento del código del **ANEXO E** que comanda los sensores de temperatura, humedad, dirección y velocidad del viento, se empieza con la inicialización de librerías, para después verificar que los dispositivos estén conectados a los puertos correspondientes, si la verificación es correcta los sensores empiezan a medir sus respectivas variables, teniendo los datos se verifica la conexión de Internet, si la respuesta es correcta se procede a guardar las mediciones en la base de datos y reflejar los mismos en la interfaz, completo este proceso se lo repite cada 30 segundos la toma de datos.

**Figura 2.7**

*Diagrama de flujo de los sensores*

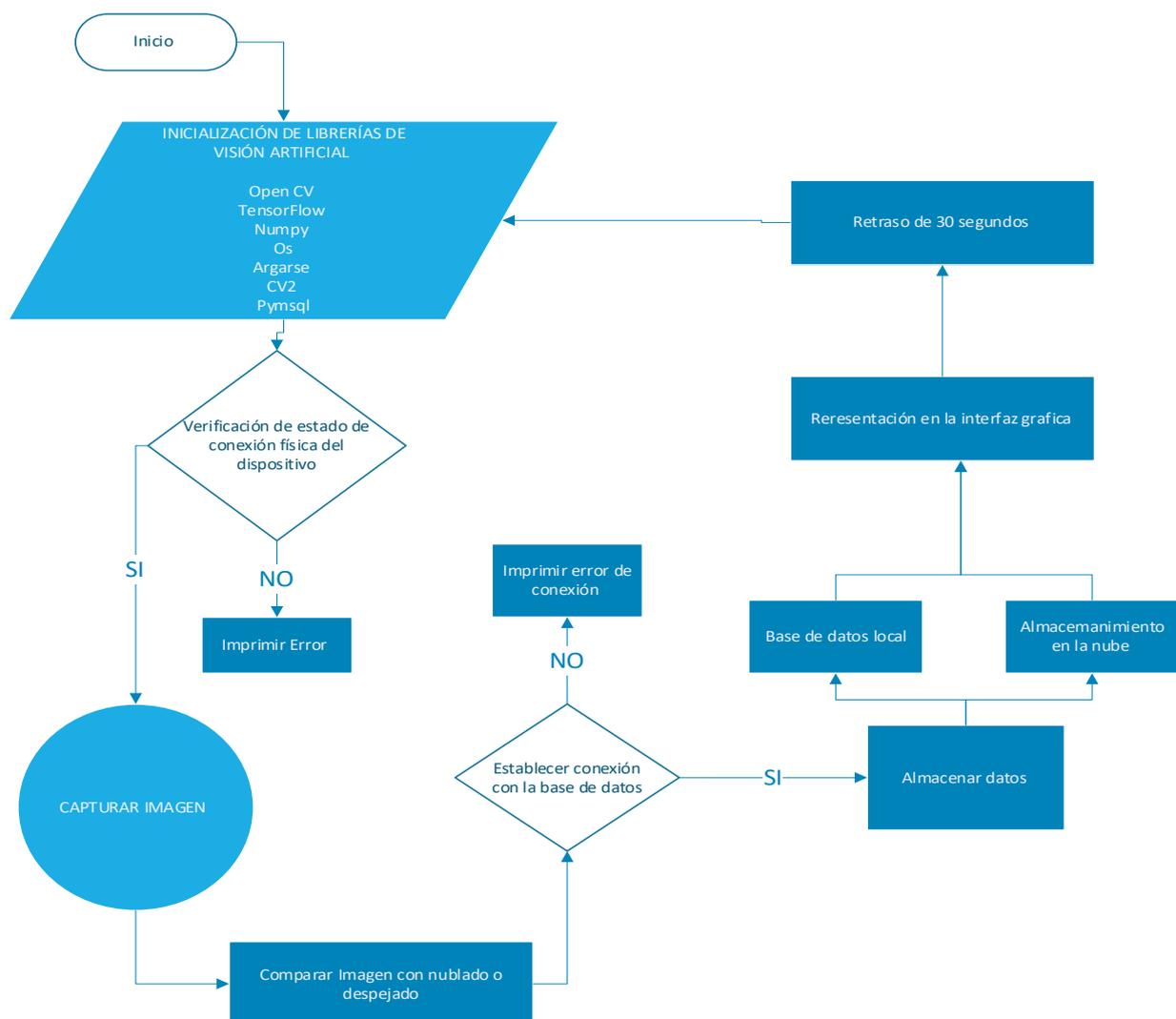


## 2.7 Diagrama de flujo para funcionamiento de nubosidad

Se realizan dos códigos para este dispositivo ya que uno comanda solamente los sensores y en el caso de la nubosidad como se observa en la Figura 2.8, se tiene un código diferente para la cámara web, el cual se puede observar en el **ANEXO H**, se inicializan las librerías de visión artificial, para verificar la conexión de la cámara web, al recibir la confirmación de que el dispositivo está conectado se procede a capturar la imagen del cielo para comparar la imagen con una base de datos que contiene múltiples imágenes del cielo ya sea despejado o nublado, al tener la comparación se establece la conexión con a la base de datos y la interfaz, al ser positiva la respuesta esta envía la respuesta a la base de datos en forma de mapeo, siendo 1 nublado y 0 despejado, obtenido el resultado se borra la imagen cada 5 minutos para ahorrar espacio de almacenamiento, este proceso se repite cada 30 segundos.

**Figura 2.8**

*Diagrama de flujo del funcionamiento de nubosidad*



## 2.8 Diseño mecánico

Para el prototipo será fundamental contar con una estructura segura y resistente, ya que sobre él posan los sensores que se tiene la estación meteorológica, para lograr consolidar una estructura formidable se debe considerar el tamaño, ubicación y resistencia de los sensores al clima, así como también conocer la superficie en la que se instala el equipo. A continuación, se dan a conocer las partes que conforman la estructura.

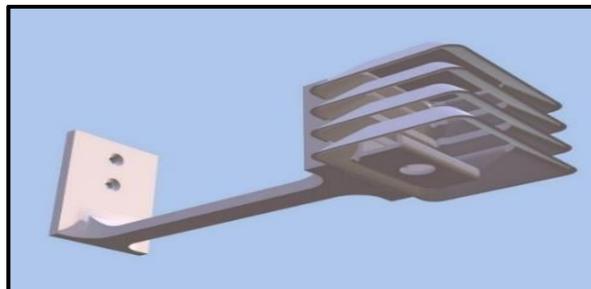
### 2.8.1 Pantalla Stevenson

Al tener un sensor de temperatura y humedad demasiado pequeño y no tan robusto como para soportar las inclemencias del clima, se considera resguardarlo en este refugio para elementos electrónicos, dicha estructura ayuda a proteger el sensor de precipitaciones sin afectar en la circulación de aire a su alrededor; para no interferir en las mediciones del sensor, por eso su forma en cascada, como se observa en la Figura 2.9 el color del elemento impreso es en filamento color blanco PLA (ácido poliláctico) representado en la Figura 2.10 también tiene su razón de ser, es blanco para reflejar la radiación solar directa.

En la Figura 2.11 se tiene una visión completa de cómo está constituido el elemento de protección y el lugar en donde se ubica el sensor.

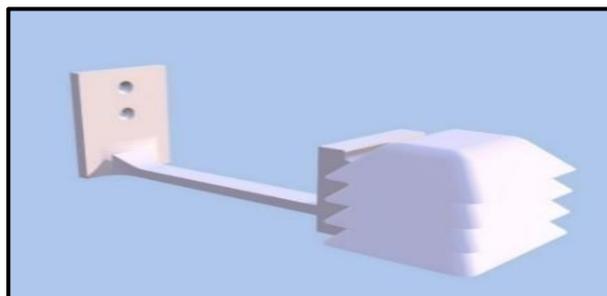
**Figura 2.9**

*Vista inferior de la pantalla Stevenson*



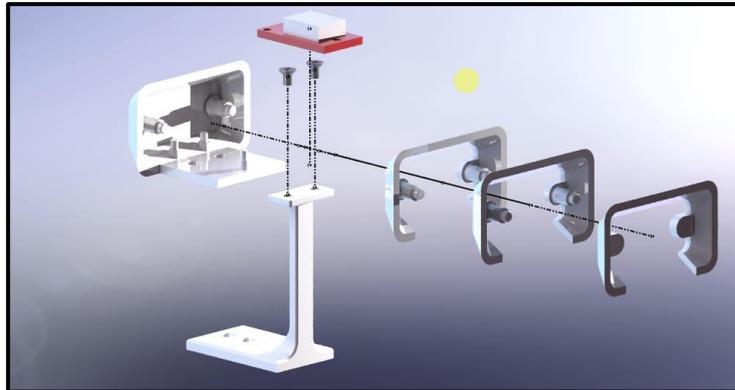
**Figura 2.10**

*Vista superior de la pantalla Stevenson*



**Figura 2.11**

*Partes de la pantalla de Stevenson*



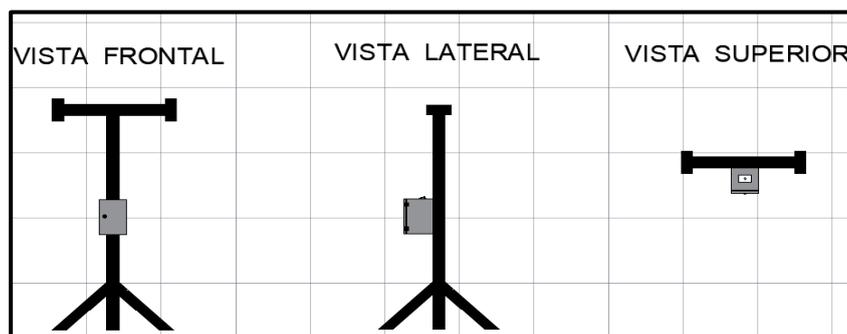
### 2.8.2 Trípode de cuatro patas

Las dimensiones que se tienen en cuenta para diseñar la estructura, se las determina según la altura que se ubican los sensores; siendo así el sensor de temperatura y humedad se instala a una altura de 1.50m, los sensores de velocidad y dirección del viento a una altura de 3m, donde cada sensor se separa por un brazo de 70cm de longitud, este brazo tiene dos platinas para poder asegurar cada dispositivo. Estas medidas hacen referencia a la altura máxima de la estructura, como se observa en la Figura 2.12 donde están representadas las tres vistas de la estructura.

Para la base de la estructura se toma 50cm para arriba desde el punto más bajo del tubo, esto con la finalidad de extender 4 patas de 47cm de largo con una separación entre cada una de ellas de 48cm, se coloca una pata más al trípode para dar mayor estabilidad de la estructura. La estructura en su totalidad se la construye con un tubo de aluminio de 2.5" de diámetro, siendo este la elección más firme y liviana para su transportación.

**Figura 2.12**

*Vistas de la estructura general*



### 2.8.3 Tablero de control

Los dispositivos que controlan la estación se instalan a la intemperie, por eso deben estar protegidos contra los cambios climáticos que presenta el sector. Teniendo en cuenta estos factores la mejor opción es adquirir un gabinete metálico con doble fondo de 30 x 20 x15cm marca Ángel Santillán Saavedra, esta elección se toma porque el gabinete cuenta con protección IP-65, este grado de protección solo lo garantizan fabricantes con experiencia, por este motivo no se realiza la construcción del gabinete y se elige la opción de compra. Este gabinete alberga las partes más importantes del equipo como son: el microcontrolador, las fuentes de energía, los disipadores de calor y la cámara, su doble fondo ubicado bajo la tapa naranja permite ser anclado a cualquier estructura como se observa en la Figura 2.13.

**Figura 2.13**

*Tablero de control*



*Fuente: (Argos, 2022)*

## CAPÍTULO 3

### Implementación de la estación meteorológica

En este capítulo se lleva a cabo la implementación de la estación meteorológica, donde se detalla la forma en la que se configuraron los sensores y la Raspberry Pi4, así como también la creación de los códigos tanto para medir las variables meteorológicas y detección de nubosidad en el cielo mediante Visión Artificial. Se detalla ampliamente el lugar en el cual se instala el prototipo y se describen elementos extra para mantener funcional el equipo.

#### 3. Ubicación del lugar para instalación de la estación meteorológica

La estación meteorológica se diseñó para obtener mediciones de variables climáticas existentes en el cantón Tisaleo de la provincia de Tungurahua, ubicada en las siguientes coordenadas  $1^{\circ}21'10''$  S  $78^{\circ}39'14''$ O, este cantón no tiene características climáticas estables ya que mantiene precipitaciones aleatorias, dadas estas condiciones el cultivo de mora es el más popular en esta región del país, a continuación gracias a Google Earth se tiene una visión general en la Figura 3.1 de la ubicación de las plantaciones de mora y el lugar donde se instaló la estación meteorológica.

#### Figura 3.1

*Ubicación del lugar de instalación*



### 3.1 Desarrollo del software

Para la construcción del programa se debe tener en cuenta los requerimientos que tiene que cubrir el sistema, al tener claro donde se va a llegar se cumplen una serie de pasos dentro del desarrollo del software, se sigue una planificación en la creación del software para manejar la complejidad y reducir errores que se puedan presentar dentro del programa. Dichos pasos se detallan a continuación:

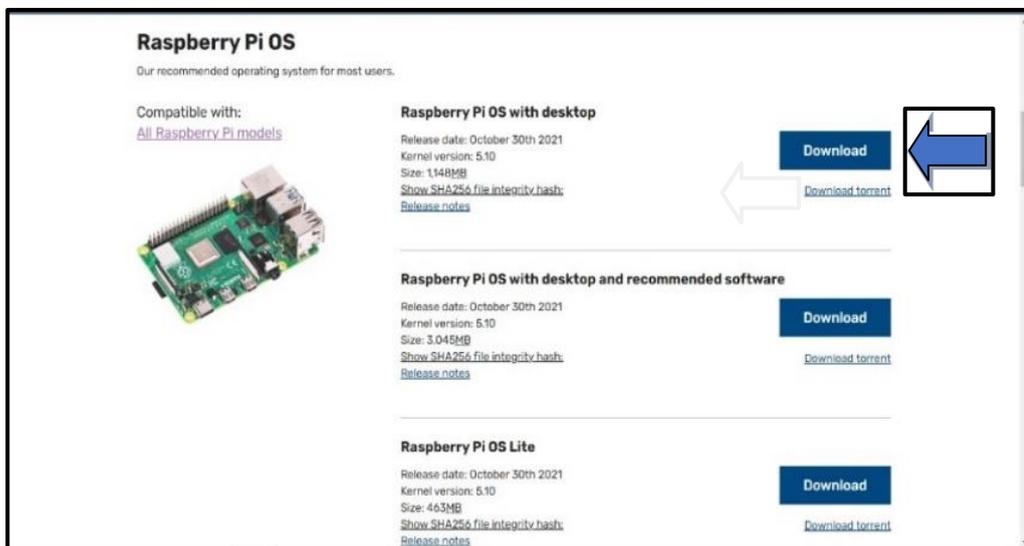
#### 3.1.1 Instalación del Sistema Operativo Raspbian

El sistema operativo Raspbian es el sistema operativo oficial que utiliza la Raspberry, ya que este permite dar más rendimiento a la placa, también es importante utilizar este sistema operativo ya que es capaz de trabajar con el lenguaje de programación Python que se usa para escribir el código. A continuación, se indica dónde y cómo descargarla, de manera detallada se encuentra la instalación en el **ANEXO F**.

Descargar el sistema operativo Raspbian en su última versión de la página oficial: <https://www.raspberrypi.com/software/operating-systems/#raspberrypi-os-32-bit>

**Figura 3.2**

*Página de descarga del sistema operativo Raspbian*

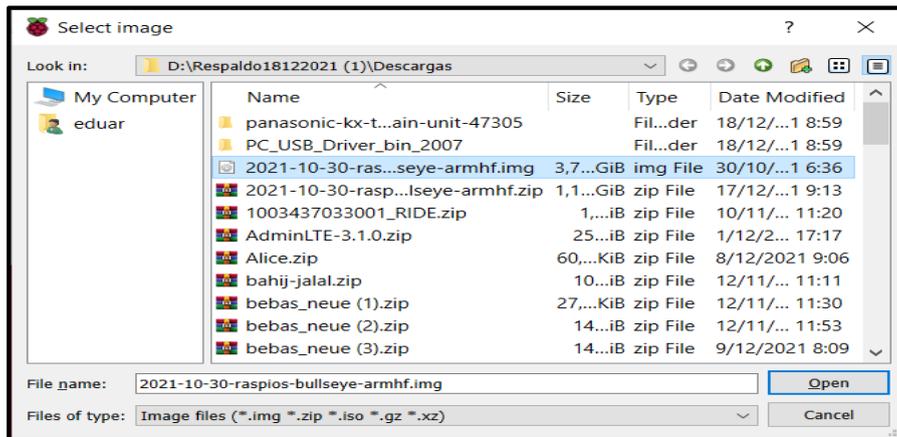


Nota. Dentro de la imagen se señala el sistema operativo que se requiere descargar.

El protocolo de comunicación SSH que se observa en la Figura 3.3, permite modificar y controlar la Raspberry Pi4 de forma remota con servidores que estén configurados con este tipo de conexión, todo esto se realiza a través de internet, teniendo en cuenta esto se activa la conexión remota SSH, para esto se crea un archivo sin extensión nombrado “ssh” y este se ubica en la partición boot de la memoria SD.

**Figura 3.3**

*Instalación del ssh en memoria SD*



*Nota.* En la imagen se tiene la ubicación del archivo para la activación del SSH.

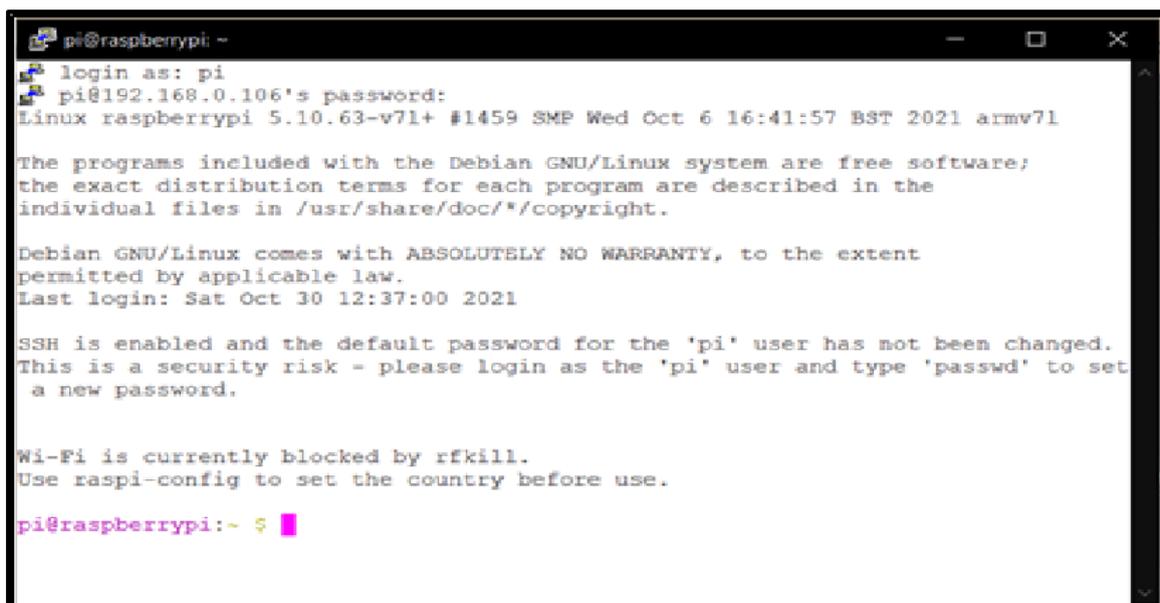
Gracias al protocolo de comunicación instalado se accede a la Raspberry Pi4 de forma segura como se visualiza en la Figura 3.4, ya que cada vez que se ingrese por SSH esta pide un usuario y contraseña, en este caso las credenciales necesarias son las siguientes:

Usuario: pi

Password: Raspberry

**Figura 3.4**

*Pantalla de inicio de conexión remota*



*Nota.* En la figura se observa el inicio del programa putty para acceder a la Raspberry Pi4.

### **3.1.2 Instalación de servidor de base de datos MySQL y la interfaz de administración PHPMYADMIN**

MySQL es un administrador de base de datos, donde los datos se almacenan de forma estructurada, que permite actualizar o borrar en forma de cascada. Para su instalación se deben seguir los siguientes pasos, a más de realizar la descarga de las librerías que se observa en el **ANEXO G**:

- a) Se actualiza la Raspberry Pi4
- b) Posteriormente se instala Apache2 en la Raspberry Pi4
- c) Directorio donde se guardan las páginas de acceso
- d) Crear un archivo de prueba para PHP
- e) Se reinicia el servicio de Apache2
- f) Configurar zona horaria
- g) Instalar MySQL

Después de instalar MySQL, se realiza la configuración inicial.

Se crea un nuevo usuario

Phpmyadmin es una aplicación web donde se administran los datos que se alojen en MySQL, se utiliza esta aplicación por el hecho de que esta permite conectarse con servidores remotos. Su instalación se realiza de acuerdo con los siguientes pasos:

- a) Instalación de phpmyadmin
- b) Enlazar Phpmyadmin con MySQL
- c) Cambios en el archivo de configuración de MYSQL para admitir conexiones remotas
- d) Aumentar ficheros de entrada en /etc/php/7.3/apache2/php.ini

### **3.1.3 Instalación de Grafana, para la creación de la interfaz de visualización de datos**

Grafana es una herramienta de software libre para visualizar datos, se puede modificar sus operaciones en la web, de acuerdo con los requerimientos se tiene múltiple información en una sola pantalla. Para aprovechar sus herramientas se siguen los siguientes pasos:

- a) Agregar la clave APT utilizada para autenticar paquetes
- b) Agregar el repositorio Grafana APT
- c) Instalar Grafana
- d) Habilitar el servidor

- e) Iniciar el servidor  
sudo apt-get update.  
sudo apt-get install -y Grafana.

Grafana ahora se ha instalado correctamente, pero no está en un estado de ejecución. Para asegurar que Grafana se inicie incluso si se reinicia la Raspberry Pi4, se habilita e inicia el servicio Grafana Systemctl.

- a) Habilitar el servidor
- b) Iniciar el servidor

Grafana ahora se ejecuta en la máquina y es accesible desde cualquier dispositivo en la red local.

Se abre un navegador y se debe abrir con esta dirección `http://<ip address>:3000`, donde la dirección IP es la dirección que se usó para conectarse a la Raspberry Pi anteriormente.

### 3.1.4 Creación de la estructura de la base de datos mediante phpmyadmin

Se ingresa mediante cualquier navegador web a la página que se observa en la Figura 3.5 mediante la siguiente dirección:

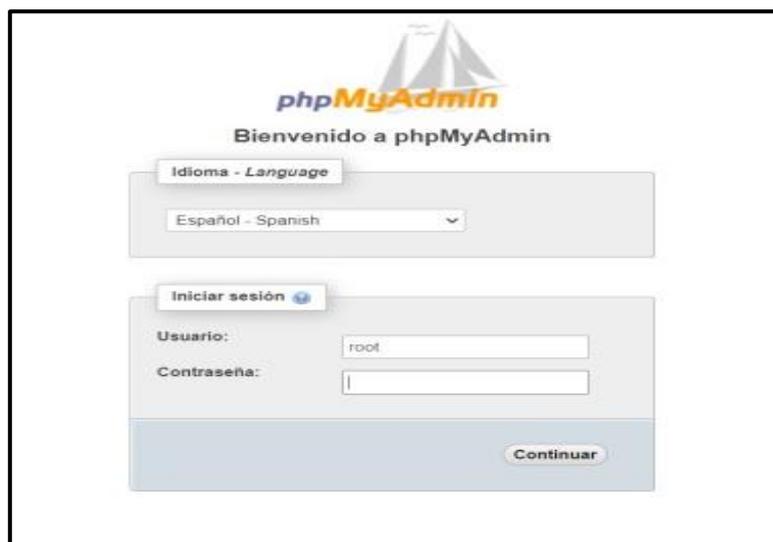
`http://<ip address>/phpmyadmin`

Usuario: root

Password: admin2022

**Figura 3.5**

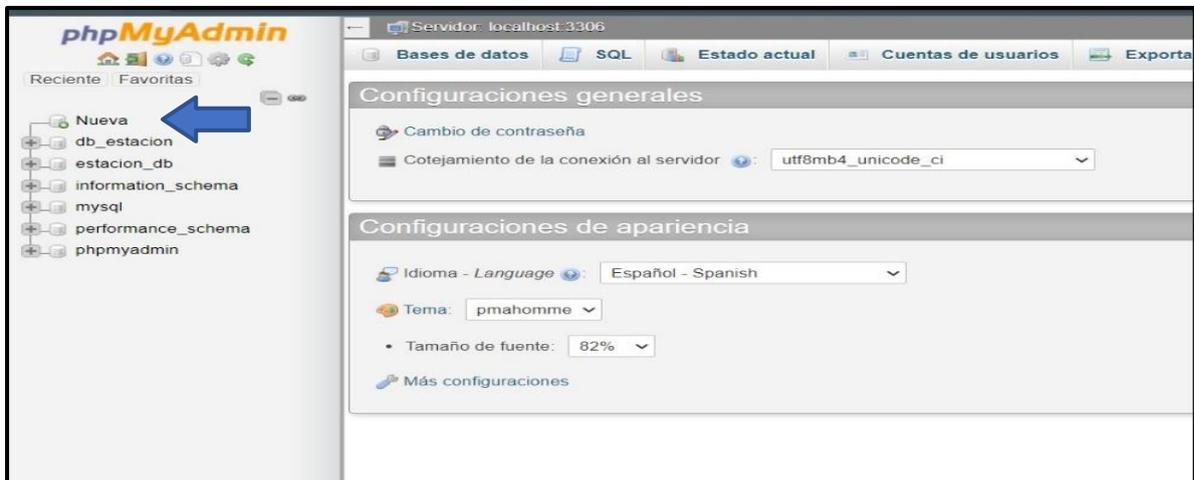
*Pantalla de inicio de la base de datos*



Ahora se crea una nueva base de datos nombrada “estacion\_db” para esto clic en “Nueva”, como se ve en la Figura 3.6.

**Figura 3.6**

*Creación de una nueva base de datos*



*Nota.* La flecha que se observa en la figura indica la opción para crear una nueva base de datos.

Con la base de datos se ubica en la ventana SQL y se agrega el siguiente código de la Figura 3.7, para crear las tablas y configurar los atributos requeridos.

**Figura 3.7**

*Código para crear las tablas de la base de datos*

```
SET SQL_MODE = "NO_AUTO_VALUE_ON_ZERO";
SET time_zone = "+00:00";
CREATE TABLE `mediciones` (
  `id` int(11) NOT NULL,
  `time` timestamp NOT NULL DEFAULT current_timestamp() ON UPDATE
current_timestamp(),
  `Temperatura` float DEFAULT NULL,
  `Humedad` int(11) DEFAULT NULL,
  `Vel_viento` float DEFAULT NULL,
  `dir_viento` int(11) DEFAULT NULL
) ENGINE=InnoDB DEFAULT CHARSET=utf8mb4;

CREATE TABLE `nubosidad` (
  `id` int(3) NOT NULL,
  `time` timestamp NOT NULL DEFAULT current_timestamp() ON UPDATE
current_timestamp(),
  `nubosidad` int(3) NOT NULL
) ENGINE=InnoDB DEFAULT CHARSET=utf8mb4;

ALTER TABLE `mediciones`
  ADD PRIMARY KEY (`id`);

ALTER TABLE `nubosidad`
  ADD PRIMARY KEY (`id`);
```

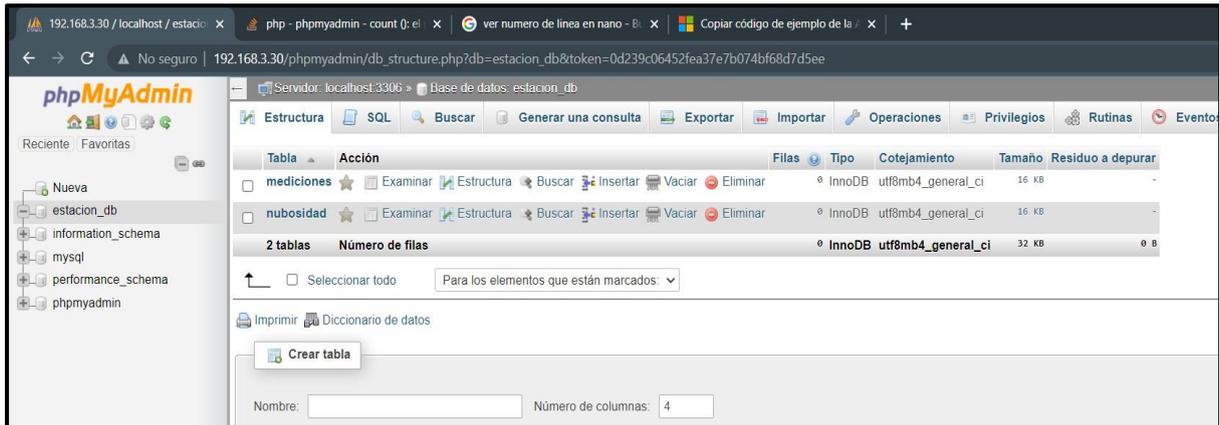
*Nota.* En la figura se observa el código para crear la base de datos asignando el nombre de cada columna que se requiere.

Se inicia el proceso de creación de las tablas y finalmente se tienen listas las tablas, como se observa en la Figura 3.8.

Ahora está lista la base de datos.

**Figura 3.8**

*Creación de tablas para albergar los datos*



*Nota.* En la figura se representan las dos tablas creadas para almacenar los datos de la estación meteorológica.

### 3.1.5 Habilitar I2C en Raspberry Pi, para el funcionamiento del conversor

Se accede por ssh a la Raspberry usando el software putty.exe

Una vez en la consola de la Raspberry Pi se ingresa el siguiente comando para acceder a la configuración y activar el protocolo I2c.

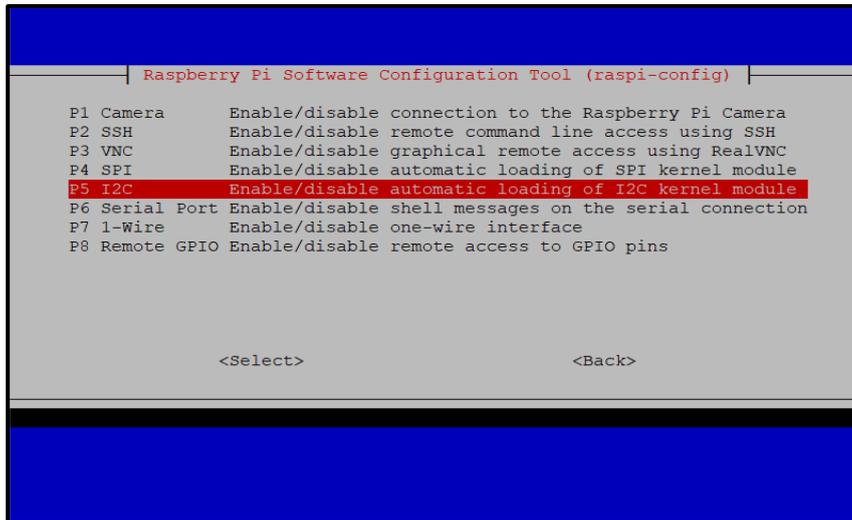
```
sudo raspi-config
```

Luego se selecciona Interface Options.

Y se procede a elegir la opción I2C, como se puede observar en la Figura 3.9.

**Figura 3.9**

*Activación protocolo I2C*



*Nota.* En la imagen se tiene la opción para la activación del protocolo I2C.

Para ejecutar la configuración se debe reiniciar el Raspberry con el comando:

Sudo reboot

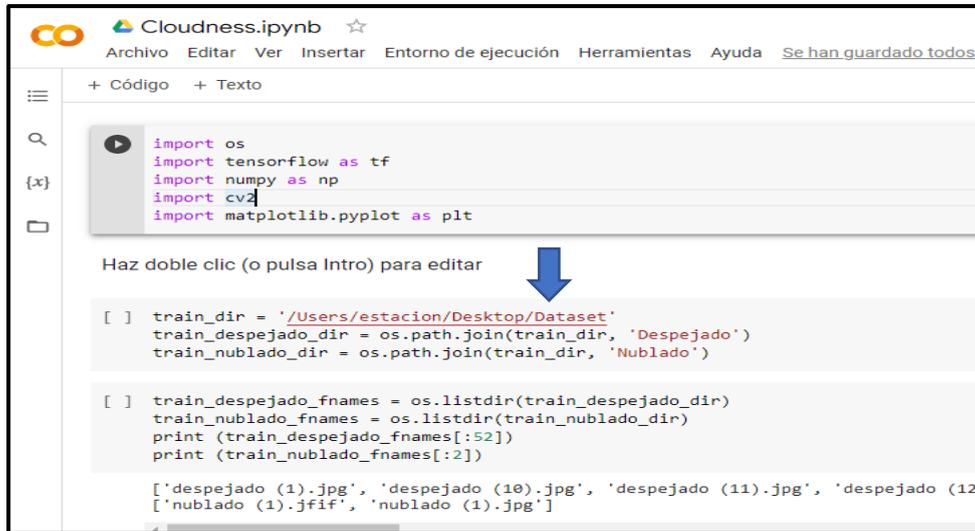
### 3.1.6 Entrenamiento de software para detección de imágenes

La nubosidad es determinada mediante imágenes, para que sea esto posible se entrena previamente un programa clasificador de imágenes, así se logra determinar si las imágenes que captura la cámara están en estado nublado o despejado, dicho clasificador se lo realiza en Google Colaboratory el código completo se lo puede observar en el **ANEXO I**. Para iniciar con el entrenamiento se crea una base de datos con imágenes preclasificadas de cielos nublados y despejados.

Lo primero que se hace es la instalación de librerías Python, para después subir la carpeta que contiene las imágenes de los cielos despejados y nublados como se observa en la Figura 3.10.

**Figura 3.10**

*Instalación de librerías y base de datos de imágenes*



```
import os
import tensorflow as tf
import numpy as np
import cv2
import matplotlib.pyplot as plt

Haz doble clic (o pulsa Intro) para editar

[ ] train_dir = '/Users/estacion/Desktop/Dataset'
    train_despejado_dir = os.path.join(train_dir, 'Despejado')
    train_nublado_dir = os.path.join(train_dir, 'Nublado')

[ ] train_despejado_fnames = os.listdir(train_despejado_dir)
    train_nublado_fnames = os.listdir(train_nublado_dir)
    print (train_despejado_fnames[:52])
    print (train_nublado_fnames[:2])

['despejado (1).jpg', 'despejado (10).jpg', 'despejado (11).jpg', 'despejado (12)']
['nublado (1).jfif', 'nublado (1).jpg']
```

*Nota.* En la figura se señala el archivo que contienen las imágenes en despejado y nublado

Teniendo las imágenes ya disponibles se utilizan las distintas librerías, como es “Open CV”, esta es una librería de visión artificial que se encarga de capturar los datos físicos de las imágenes del cielo despejado o nublado y obtiene todas las características de la imagen para enviar esa información a “Keras” y realizar la clasificación esto se puede observar en la Figura 3.11

**Figura 3.11**

*Obtención de características de las imágenes*



```
for img in os.listdir(train_nublado_dir):
[ ] img = cv2.imread(os.path.join(train_nublado_dir, img))
    img_resize = cv2.resize(img, (img_size, img_size))
    Nublado.append(img_resize)

Nublado= np.array(Nublado)
print(Nublado.shape)

(66, 150, 150, 3)

print(Nublado[4].shape)
plt.figure()
plt.imshow(np.squeeze(Nublado[4]))
plt.colorbar()
plt.grid(False)
plt.show()

(150, 150, 3)
```



*Nota.* En la imagen se desglosan las características que contiene cada fotografía del cielo.

Una vez se obtienen las características distintivas de las imágenes se procede a entrenar el modelo con Keras, esta librería permite entrenar el sistema mediante redes neuronales, en otras palabras es una librería de aprendizaje donde se ingresan las características recibidas de la librería Open CV para realizar el tratamiento de los datos y así buscar la mayor cantidad de diferencias posibles entre las imágenes, para luego arrojar una decisión, sabiendo esto se entrena al sistema recorriendo todo el conjunto de imágenes 30 veces. El entrenamiento se lo observa en la Figura 12 donde se tiene la cantidad de veces que se entrena al sistema para encontrar las diferencias entre las imágenes.

Así también se utilizó “Numpy” y “Matplotlib” para realizar cálculos de optimización de las imágenes, estos ayudan a las otras librerías a que el reconocimiento y procesamiento de las imágenes sea más sencilla.

**Figura 3.12**

Entrenamiento del modelo

```

model = keras.Sequential([
    keras.layers.Flatten(input_shape=(150, 150,3)),
    keras.layers.Dense(128, activation='relu'),
    keras.layers.Dense(2, activation='softmax'),
])
model.compile(optimizer='adam',
              loss='sparse_categorical_crossentropy',
              metrics=['accuracy'])
model.fit(Images, Labels, epochs=30)
trained=model.fit(Images, Labels, epochs=30)

Epoch 1/30
4/4 [=====] - 1s 32ms/step - loss: 13825.9395 - accuracy: 0.5169
Epoch 2/30
4/4 [=====] - 0s 31ms/step - loss: 2070.2576 - accuracy: 0.4661
Epoch 3/30
4/4 [=====] - 0s 33ms/step - loss: 814.5748 - accuracy: 0.6017
Epoch 4/30
4/4 [=====] - 0s 32ms/step - loss: 302.0984 - accuracy: 0.7203
Epoch 5/30
4/4 [=====] - 0s 32ms/step - loss: 182.0746 - accuracy: 0.7797
Epoch 6/30
4/4 [=====] - 0s 33ms/step - loss: 145.0439 - accuracy: 0.8644
Epoch 7/30
4/4 [=====] - 0s 32ms/step - loss: 84.5477 - accuracy: 0.8983
Epoch 8/30
4/4 [=====] - 0s 32ms/step - loss: 66.2525 - accuracy: 0.8983
Epoch 9/30
4/4 [=====] - 0s 33ms/step - loss: 66.1970 - accuracy: 0.8983
Epoch 10/30
4/4 [=====] - 0s 32ms/step - loss: 36.1385 - accuracy: 0.9407
Epoch 11/30
4/4 [=====] - 0s 32ms/step - loss: 36.5663 - accuracy: 0.9333

```

El modelo realizado en Google Colaboratory se convierte en un archivo “Tfite” para poder trabajar sin ningún problema con la Raspberry Pi4, una vez que este archivo está almacenado en la Memoria SD de la Raspberry Pi4 se crea un código en archivo sh que contiene un bucle que captura una imagen a partir del script take\_snap sh, este tiene las características para capturar las imágenes, teniendo la imagen se ejecuta el script run\_cloudiness\_loop.sh, que envía la imagen al código detected\_cloudiness.py y al archivo cloudiness.tflite este realiza el tratamiento y posterior resultado de la imagen capturada ya sea nublado o despejado.

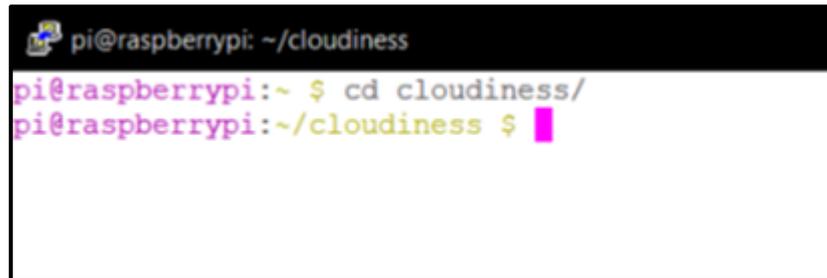
### 3.2 Ejecutar dispositivo

Para iniciar el proceso de lectura de datos se debe acceder a la carpeta cloudiness con el siguiente comando escrito en putty como se observa en la Figura 2.13:

```
cd cloudiness/
```

**Figura 3.13**

*Comando para inicialización de sensores*



```
pi@raspberrypi: ~/cloudiness
pi@raspberrypi:~ $ cd cloudiness/
pi@raspberrypi:~/cloudiness $
```

Para ejecutar el programa main.py e inicie la lectura de datos de temperatura, humedad, dirección del viento y velocidad del viento se utiliza el siguiente comando:

```
python3 main.py
```

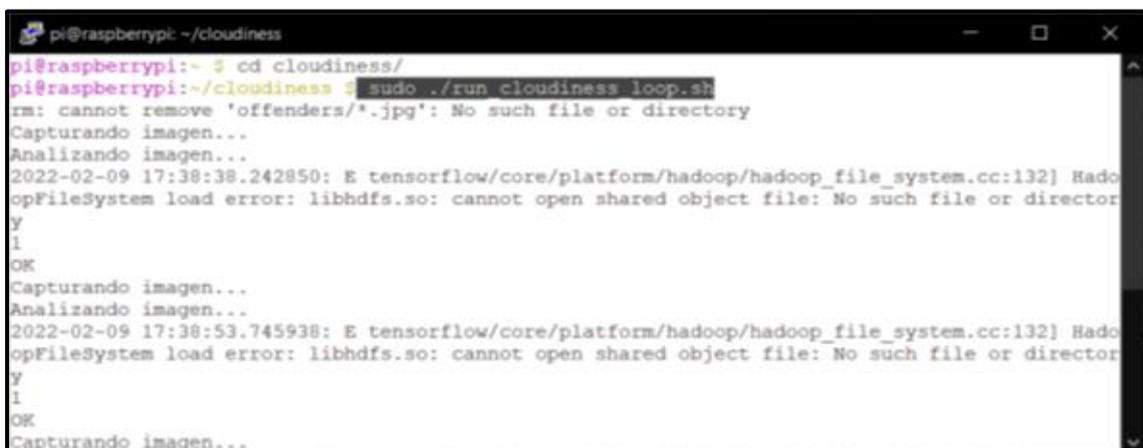
Para realizar el proceso de Visión Artificial que determina el estado de la nubosidad, se abre otra ventana de putty.exe, se ingresa a la carpeta cloudiness/ y se ejecuta el siguiente comando:

```
sudo ./run_cloudiness_loop.sh
```

En la Figura 3.14 se observan los scripts que utiliza la Visión Artificial, donde capturan las imágenes y realizan el proceso respectivo para clasificar el estado de nubosidad de la imagen.

**Figura 3.14**

*Proceso de captura de imágenes*



```
pi@raspberrypi: ~/cloudiness
pi@raspberrypi:~ $ cd cloudiness/
pi@raspberrypi:~/cloudiness $ sudo ./run_cloudiness_loop.sh
rm: cannot remove 'offenders/*.jpg': No such file or directory
Capturando imagen...
Analizando imagen...
2022-02-09 17:38:38.242850: E tensorflow/core/platform/hadoop/hadoop_file_system.cc:132] HadoopFileSystem load error: libhdfs.so: cannot open shared object file: No such file or director
y
1
OK
Capturando imagen...
Analizando imagen...
2022-02-09 17:38:53.745938: E tensorflow/core/platform/hadoop/hadoop_file_system.cc:132] HadoopFileSystem load error: libhdfs.so: cannot open shared object file: No such file or director
y
1
OK
Capturando imagen...
```

### 3.2.1 Visualización y descarga de datos

Para visualizar los datos en tiempo real se debe acceder a cualquier navegador y digitar la siguiente dirección:

<http://<ip address>:3000>, donde la dirección IP es la dirección que se usa para conectarse a la Raspberry Pi4.

Se abre la siguiente ventana donde se digitan las siguientes credenciales:

Email or Username: admin

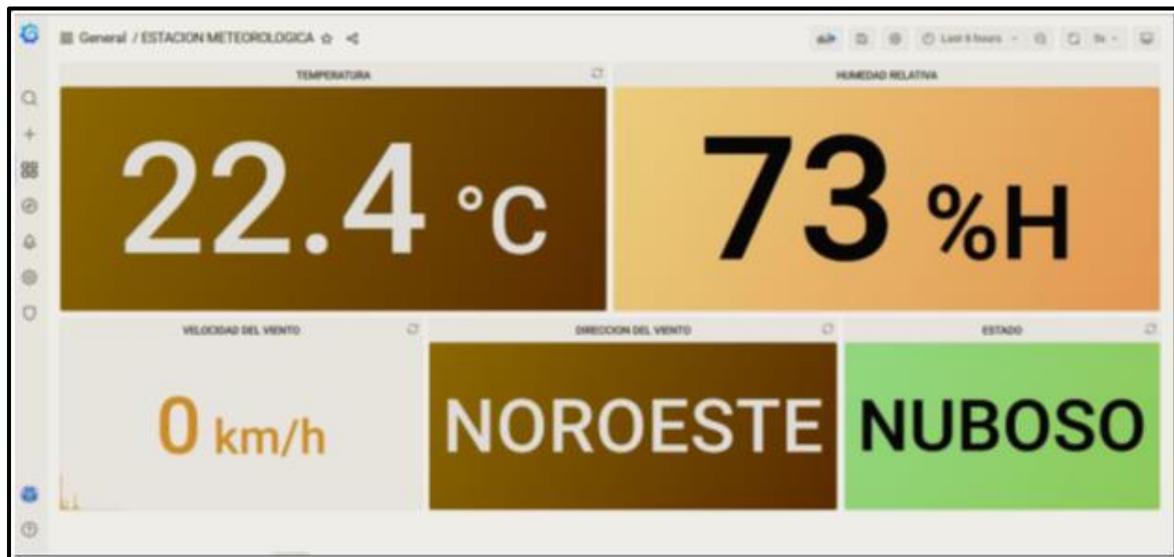
Password: admin2022

En la nueva ventana que se despliega, se accede a la dashboard nombrada “Estación Meteorológica”.

Los datos en tiempo real que miden los sensores se los visualiza como se observa en la Figura 3.15

**Figura 3.15**

*Visualización de datos*



La descarga de las mediciones se la realiza en la base de datos, para acceder a la base de datos se ingresa a la siguiente dirección mediante cualquier navegador web:

<http://<ip address>/phpmyadmin>

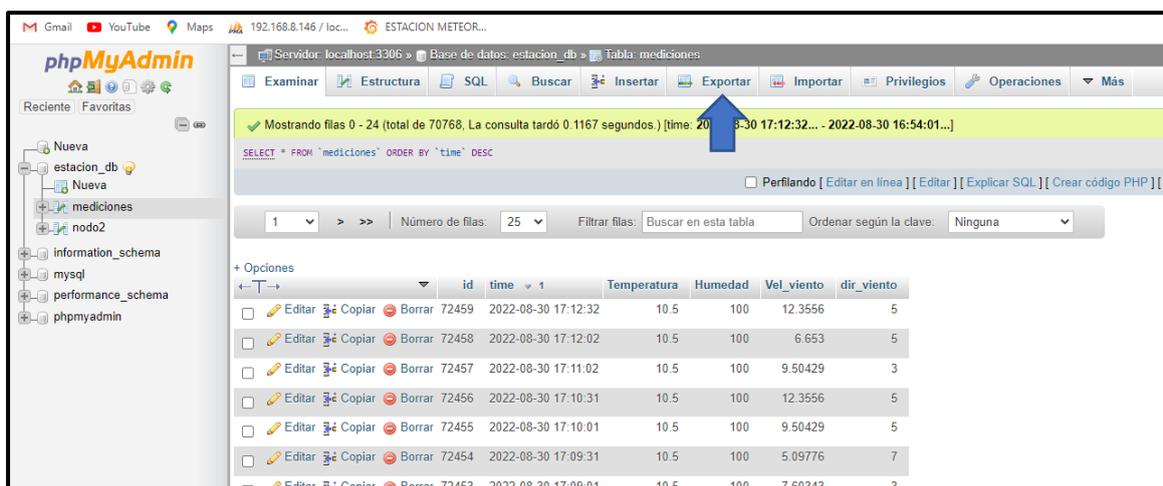
Usuario: root

Password: admin2022

Al acceder a la base de datos “phpmyadmin”, se tiene en la columna izquierda un apartado llamado “estacion\_db, ahí se encuentra la tabla “mediciones” que contiene la lectura de temperatura, humedad, dirección y velocidad del viento, así también se tiene otra tabla “nubosidad” que contiene las lecturas de nubosidad, para realizar la descarga de los datos se selecciona a opción exportar ubicada en la parte superior de las tablas, se debe elegir en que formato se quiere realizar la descarga, para confirmar la acción se nombra al archivo e inicia la descarga automáticamente de la totalidad de los datos, en la Figura 3.16 se tienen las tablas y los datos albergados que se pueden descargar del sitio web.

**Figura 3.16**

*Base de datos*



Nota. La flecha de la imagen indica en donde se encuentra la opción exportar para realizar la descarga de los datos.

### 3.2.2 Mapeo de sensores de dirección del viento y nubosidad

Los datos de la dirección del viento se encuentran mapeados de acuerdo con el criterio de los investigadores como se observa en la Figura 3.1, se determinó mantener las direcciones de viento más simbólicas “Norte, Sur, Este, Oeste, Noreste, Sureste, Noroeste, Suroeste” estas tienen asignado un número que los representa en la base de datos.

**Tabla 3.1***Mapeo del sensor de dirección del viento*

<b>DATO</b>	<b>DIRECCIÓN</b>
<b>1</b>	Norte
<b>2</b>	Sur
<b>3</b>	Este
<b>4</b>	Oeste
<b>5</b>	Noreste
<b>6</b>	Sureste
<b>7</b>	Noroeste
<b>8</b>	Suroeste

*Nota.* En la base de datos se guarda la dirección del viento mediante un número, para reducir el espacio que ocuparía una palabra en la memoria interna.

Los datos que se obtienen en nubosidad también están mapeados de acuerdo con la Tabla 3.2. El estado de nubosidad se determina de acuerdo con el criterio de los investigadores ya que, para considerar despejado el cielo este debe contener mínimo dos nubes en el cielo y para considerar un estado nublado la cantidad de nubes debe ser mayor a tres en el cielo.

**Tabla 3.2***Mapeo de nubosidad*

<b>DATO</b>	<b>ESTADO</b>
<b>0</b>	Despejado
<b>1</b>	Nublado

*Nota.* La detección de imágenes se representa con 0 y 1 esto se visualiza en la base de datos, estos números representan el estado en el que se encuentra el cielo.

### **3.3 Construcción y montaje**

Para la construcción de la estación meteorológica se tienen en cuenta las condiciones adversas que enfrenta el dispositivo y la estructura, por eso el gabinete y el trípode de 4 patas que albergan los dispositivos son comerciales, es decir, se realiza la compra del gabinete ya que posee protección IP, en el caso de la estructura base se utiliza pintura negra para evitar su corrosión, en la Figura 3.17 se observa los elementos antes mencionados:

**Figura 3.17**

Estructura general



El montaje de la placa Raspberry Pi4 Modelo B se realiza dentro del gabinete, ya que este componente es el más delicado e importante que contiene esta estación, la placa conjuntamente con el conversor análogo-digital se ubican sobre la platina de doble fondo del gabinete, dichos elementos posan sobre esponja para evitar el sobrecalentamiento, ubicado en el lado izquierdo de la placa se encuentra el ventilador que evita el calentamiento excesivo de la Raspberry Pi4, también para ayudar más aún con este propósito se utilizan disipadores que posan sobre los puntos de calor de la placa. La fuente de alimentación de la Raspberry Pi4 junto a la fuente del ventilador se ubican en la parte inferior fijadas con cinta doble faz.

El montaje de todos estos dispositivos se aprecia en la Figura 3.18.

**Figura 3.18**

Montaje interior de dispositivos



Los sensores de dirección y velocidad del viento cuentan con su propia protección, pero sus cables de datos no, así que estos deben ir resguardados por una manguera, a la entrada y salida de la manguera se recubre con silicona para evitar la entrada de agua. Se empotran los sensores con pernos a la parte superior de la estructura como se tiene en la Figura 3.19 y en el **ANEXO K**.

**Figura 3.19**

*Montaje de los sensores de velocidad y dirección del viento*



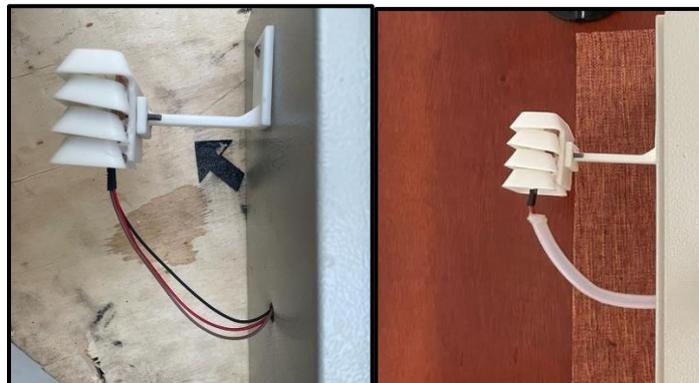
En la parte izquierda del gabinete se realizan perforaciones para el montaje del sensor DTH22 como se tiene en la imagen a) de la Figura 3.20, este sensor se ubica dentro de la pantalla Stevenson que se encarga de su protección, los cables de datos que se conectan al sensor están protegidos por una manguera y sujetos por silicona para evitar filtraciones de agua hacia dentro del gabinete esto se observa en la imagen b) de la Figura 3.20.

**Figura 3.20**

*Montaje del sensor DTH22*

a)

b)



En la parte superior del gabinete se realiza una extensión, esto con la finalidad de ubicar la cámara, esa parte del gabinete está asegurada con silicona negra para evitar filtraciones de agua. En la Figura 3.21 se observa la extensión realizada en el gabinete.

**Figura 3.21**

*Montaje de la cámara*



En la parte inferior se ubican dos prensas estopa para hermetizar la salida y entrada del cableado, en la abertura de la izquierda sale el cable que energiza la estación, y en el de la derecha el cable de datos, esto se observa en la Figura 3.22.

**Figura 3.22**

*Salida de cables de alimentación y datos*



Para prever una desconexión debido a falta de alimentación de energía eléctrica en la estación meteorológica, se implementa un dispositivo UPS CDP R-UPR508 interactivo con regulador 500W - 240W con 8 tomas como se ilustra en la Figura 3.23, este se alimenta de

una batería que se carga mientras está conectada a la red eléctrica, al suscitarse una desconexión de la red eléctrica local, la batería entra en funcionamiento.

La autonomía de la batería es de 30 minutos, tiempo suficiente para que se reestablezca el servicio evitando que el equipo no salga de funcionamiento, así la estación no pierde mediciones.

**Figura 3.23**

*UPS*

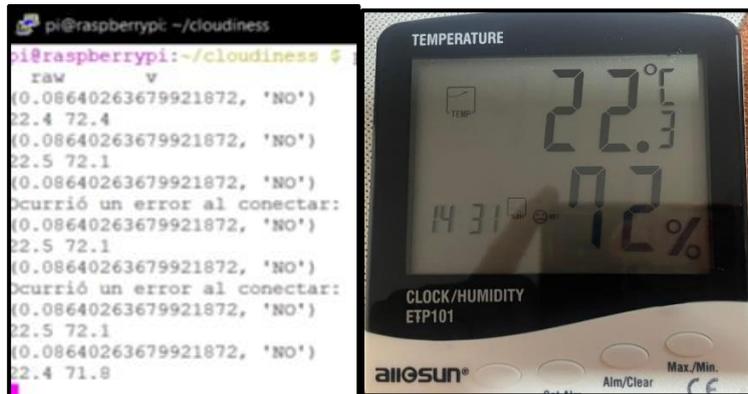


### **3.4 Verificación de datos de los sensores**

Los sensores de temperatura y humedad para su aplicación se deben calibrar, así que viendo esta necesidad se realizó la comprobación de las mediciones con un termohigrómetro digital de alta precisión, el cual ayuda a medir datos de temperatura y humedad en tiempo real, en la Figura 3.24 se observan las mediciones realizadas por los sensores de la estación meteorológica y del termohigrómetro; estos datos fueron tomados durante un período de 20 minutos cada 10 segundos, ambos ubicados a la intemperie, es decir se realizaron las mediciones de temperatura y humedad ambiente el día 09/02/2022 , todos los datos que se obtuvieron se encuentran en el **ANEXO J**.

**Figura 3.24**

*Datos de sensores de temperatura y humedad*



Teniendo las mediciones de temperatura y humedad se calcula el error porcentual que se tiene entre uno y otro como se observa en la Figura 3.25.

**Figura 3.25**

*Cálculo de error porcentual de sensor de temperatura y humedad*

Valor aproximado / medido:	22.3	Valor aproximado / medido:	72
Valor exacto / real:	22.4	Valor exacto / real:	72.4
	<input type="button" value="Calcular"/> <input type="button" value="Reiniciar"/>		<input type="button" value="Calcular"/> <input type="button" value="Reiniciar"/>
Error de porcentaje:	0.44642857143%	Error de porcentaje:	0.55248618785%
Error porcentual no absoluto:	-0.44642857143%	Error porcentual no absoluto:	-0.55248618785%
Error absoluto:	0.09999999999999999	Error absoluto:	0.40000000000000004

La calibración de los sensores de dirección y velocidad del viento se realiza mediante la fórmula ilustrada en el **ANEXO C Y D**, correspondientes a los datasheets del anemómetro y la veleta. El funcionamiento del anemómetro y la veleta se basa en que al momento que sus aspas se mueven por el viento estos sensores realizan una transformación con respecto al voltaje, por eso cada sensor cuenta con su propia fórmula de transformación velocidad del viento- voltaje.

### **3.5 Verificación de datos de los sensores con la estación meteorológica CIDFAE y la estación meteorológica de UNACEM**

Con la estación meteorológica funcional, se compararon las mediciones con la estación meteorológica del Centro de Investigación y Desarrollo (CIDFAE) con la finalidad de validar su funcionalidad, así que gracias a la base de la Fuerza Aérea Ecuatoriana (FAE) la cual está ubicada en el cantón Ambato de la provincia de Tungurahua con las siguientes coordenadas

1°12'52" 78°34'33" a 2550 metros de altitud. Se verificaron los datos de las dos estaciones en sitio, los datos arrojados por las estaciones son similares con respecto a la temperatura y humedad porque se ubicaron a la misma altura los sensores de la estación y de CIDFAE. En la imagen a) y b) de la Figura 3.26 se puede observar la toma de mediciones y los termómetros de CIDFAE. Los datos de la estación meteorológica CIDFAE se registran de forma manual y cada 15 minutos antes de la hora que corresponde, se debe recalcar que los sensores de la estación donde se realizaron las pruebas eran termómetros de bulbo seco y húmedo (temperatura y humedad), es decir no eran digitales como los que se tiene en la estación construida.

**Figura 3.26**

*Toma de datos en estación de CIDFAE*

a)

b)



Las Tablas 3.3 y 3.4 reflejan los datos que se recogieron en el momento de la verificación, se observa que los datos de temperatura son cambiantes, esto porque las mediciones realizaron fuera del domo que protegía los termómetros de la estación CIDFAE, al suscitarse esas variaciones se colocó los sensores de ambas estaciones en el mismo lugar y desde ese momento los valores se fueron acercando a los que arrojaban los termómetros, los datos se corroboran de forma visual ya que no se cuenta con una base de datos que albergue las mediciones en tiempo real, se toma un promedio de las mediciones de las 10:45am y 11:45am para compararlas con la mediciones de referencia que se toma cada hora de la estación CIDFAE.

Los datos obtenidos en las dos horas de la visita técnica fueron alrededor de 180 mediciones, estos datos se utilizan para realizar cálculos de precisión, por tal motivo y en vista de la cantidad de datos que se tiene, la Tabla 3.3 y 3.4 contienen una pequeña muestra de 11 datos para dar a relucir como se almacena esta información, la totalidad de datos se encuentran en el **ANEXO O**.

**Tabla 3.3***Mediciones de las 10:45 de la mañana*

<b>TIME</b>	<b>Temperatura [°C]</b>	<b>Humedad [%HR]</b>
26/08/2022 10:06:31	16,1	75
26/08/2022 10:07:01	15,9	75
26/08/2022 10:08:02	15,7	75
26/08/2022 10:08:32	15,6	76
26/08/2022 10:09:02	15,7	77
26/08/2022 10:09:32	15,6	78
26/08/2022 10:10:01	15,5	78
26/08/2022 10:11:02	15,4	78
26/08/2022 10:11:32	15,3	79
26/08/2022 10:12:02	15,3	79
26/08/2022 10:12:32	15,3	78

**Tabla 3.4***Mediciones de las 11:45 de la mañana*

<b>TIME</b>	<b>Temperatura [°C]</b>	<b>Humedad [%HR]</b>
26/08/2022 11:01:31	15.2	76
26/08/2022 11:02:32	15.3	77
26/08/2022 11:03:02	15.4	79
26/08/2022 11:04:01	15.7	78
26/08/2022 11:05:02	15.9	79
26/08/2022 11:06:02	15.8	80
26/08/2022 11:06:32	15.9	80
26/08/2022 11:07:01	15.8	79
26/08/2022 11:07:31	15.8	78
26/08/2022 11:08:32	15.7	79
26/08/2022 11:09:02	15.7	80

CIDFAE al tomar sus medidas 15 minutos antes de la hora, se determina tomar las mediciones de ese instante de CIDFAE y contrastar con las mediciones que toma la estación meteorológica diseñada en las horas de 10:45am y 11:45am como se observa en la Tabla 3.5.

**Tabla 3.5***Comparación entre las estaciones meteorológicas propia y CIDFAE*

<b>Estación Construida</b>		
<b>Fecha y Hora</b>	Temperatura [°C]	Humedad [%HR]
26/08/2022 10:45:32	15.9	76
26/08/2022 11:45:32	15.4	82
<b>Estación CIDFAE</b>		
26/08/2022 10:45:00	15	78
26/08/2022 11:45:00	16	81

Al contar solo con 2 de las 5 variables de estudio en la estación meteorológica de CIDFAE, se llevó la estación meteorológica construida para comparar con los datos de la estación meteorológica de UNACEM la cual tiene sensores digitales de dirección y velocidad del viento como se observa en la Tabla 3.6 existe una diferencia entre las mediciones de las estaciones meteorológicas, esto se produce por la diferencia de 7m de altura entre estaciones, se realizó el cálculo de la velocidad del viento en función de la altura como se observa en la fórmula(1). En el **ANEXO P** se exponen los certificados de UNACEM, ESSAM compañía que realizó la instalación de la estación meteorológica y de AMBIGEST compañía encargada de la calibración de los sensores a más de fotografías de los trabajos realizados en campo.

**Tabla 3.6***Comparación entre las estaciones meteorológicas propia y UNACEM*

<b>Estación Construida</b>		
<b>Fecha y Hora</b>	Velocidad del viento [m/s]	Dirección del viento
2022-03-20 09:16:00	1,968	Norte
<b>Estación UNACEM</b>		
2022-03-20 09:16:00	2,7	Noreste

En el cálculo de la velocidad del viento en función de la altura se desglosa cada símbolo con su respectivo nombre de acuerdo con la ecuación (1) (Murcia, 2012) :

$$V = V_o \left( \frac{h}{h_o} \right)^n \quad (1)$$

*V = Velocidad del viento en función a la diferencia de altura*

*V<sub>o</sub> = Velocidad de la estación construida a 1m del suelo*

*h = Altura de la estación UNACEM*

*h<sub>o</sub> = Altura de la estación construida*

*n = Valor constante para de terreno liso*

A continuación, se realiza el cálculo de la ecuación (1) de la velocidad del viento a una altura de 7m, con la velocidad del viento inicial en 1,968 m/s a una altura de 1m sobre el nivel del suelo, el terreno es uniforme así que se utiliza el factor de terreno liso que es  $n=0.11$ .

$$V = 1,968 \left(\frac{7}{1}\right)^{0.11} = 2,43m/s$$

Al obtener el valor de velocidad con respecto a la altura de 7m, se procede a realizar el cálculo del erro absoluto con la ecuación (2) (Espejo, 2017) que existe entre el valor calculado y el valor de referencia tomado de la estación de UNACEM. A continuación, se realiza el cálculo:

$$Ea = 2,7 - 2,43 = 0.27$$

Con respecto a la nubosidad en la estación de CIDFAE se realizó la comprobación del estado del cielo, la detección de nubosidad de la estación construida está determinada en que si el cielo contiene de 0 a 2 nubes será despejado y de 3 o más nubes será nublado. En la Figura 3.27 se observa la imagen del estado de nubosidad que se tenía en ese instante en el Centro de Investigación CIDFAE, la estación construida realizando capturas del cielo y la base de datos determinando el estado en el que se encuentra el día en ese momento.

**Figura 3.27**

*Comparación de Nubosidad*

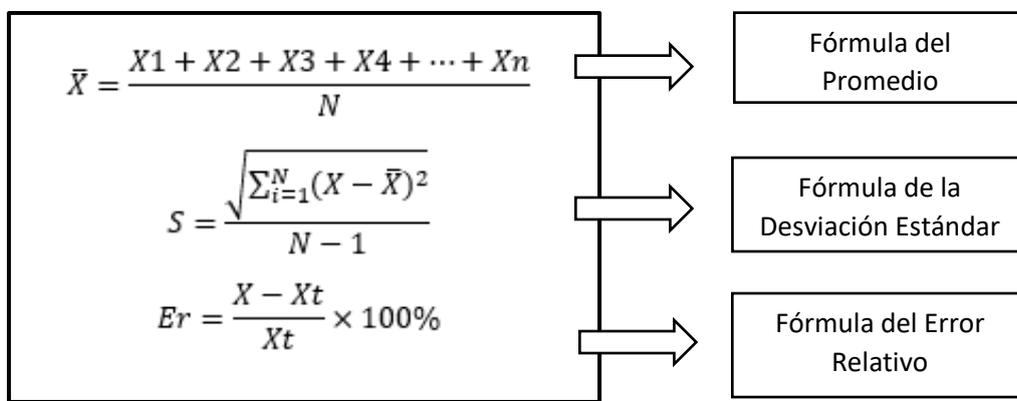


### 3.6 Cálculo de la desviación estándar y error relativo de los sensores de temperatura y humedad

Al tener los datos de la estación se determina la precisión y el porcentaje de error de los valores obtenidos, realizando el cálculo de la desviación estándar y error relativo para los sensores de temperatura y humedad, ya que la precisión no es más que la repetibilidad de los datos, así también el error relativo ayuda a conocer claramente el porcentaje de error que se tiene entre el valor medio y el valor de referencia. Se utilizan las fórmulas que se observan en la Figura 3.28.

**Figura 3.28**

*Fórmulas del promedio, error relativo y desviación estándar*



Estas fórmulas son utilizadas para calcular la desviación estándar y el error relativo de los datos de temperatura y humedad en las horas de 10:45am y 11:45am, estas mediciones están albergadas en las Tablas 3.3 y 3.4

Las fórmulas usadas para el cálculo del promedio, desviación estándar y error relativo tienen cierta nomenclatura. A continuación, se da nombre a cada símbolo que se encuentran en las fórmulas:

$\bar{X}$  = Promedio

$X$  = Valor de los datos

$Er$  = Error Relativo

$S$  = Desviación Estandar

$N$  = Número total de datos

$Xt$  = Valor de Referencia

$\sum_{i=1}^N$  = Sumatoria de datos

Ahora bien, para entender un poco más el uso de estas fórmulas, se desarrolla como ejemplo el cálculo que realiza cada una de ellas; y se explica el origen de los datos que ingresan en las operaciones.

### Fórmula del Promedio

La fórmula (3) (Espejo, 2017) es la encargada de obtener el promedio de la totalidad de los datos de temperatura y humedad de las Tablas 3.3 y 3.4, que contienen las mediciones de las horas 10:45am y 11:45am respectivamente.

El numerador de la fórmula (3) refleja la suma de valores de la tabla ya sea de temperatura o humedad, mientras que en el denominador se encuentra el número total de datos.

$$\bar{X} = \frac{16.1 + 15.9 + 15.7 + 15.6 \dots \dots \dots + 15.8}{90} = 15.861904 \quad (3)$$

### Fórmula de la Desviación Estándar

Con respecto a la fórmula (4) (Espejo, 2017) se desarrolla la sumatoria total de la operación que se ejecuta con el cuadrado de X que es el valor de cada dato de la Tabla 3.3 menos el promedio de los datos, después se divide el resultado para N que es la totalidad de los datos menos 1, la raíz cuadrada para obtener el resultado se elabora con el producto de las operaciones anteriores.

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{64} (X - \bar{X})^2}{90 - 1}} = 0.4104458512 \quad (4)$$

### Fórmula del Error Relativo

El error relativo que figura en la fórmula (5) (Espejo, 2017) es sencilla de calcular, ya que esta es una fracción, donde el numerador contiene el promedio de los datos que resta y divide a un valor de referencia, se multiplica este valor por cien para obtener el resultado en porcentaje.

$$Er = \frac{15.861904 - 15}{15} \times 100\% = 5,7460317\% \quad (5)$$

Los resultados que se obtienen de cada una de las fórmulas se las observa en Tabla 3.7 y Tabla 3.8 que contienen el valor de referencia, el promedio, la desviación estándar y el error relativo para humedad y temperatura respectivamente.

**Tabla 3.7**

Cálculo de la desviación estándar y error relativo de los datos de las 10:45am

<b>Valores de Referencia</b>	
Temperatura de Chachoan [°C]	<b>15</b>
Humedad de Chachoan [%HR]	<b>78</b>
<b>Promedios</b>	
Temperatura [°C]	<b>15,86190476</b>
Humedad [%HR]	<b>76,25</b>
<b>Desviación Estándar</b>	
Temperatura	<b>0,410458512</b>
Humedad	<b>2,085803134</b>
<b>Error Relativo</b>	
Temperatura	<b>5,746031746%</b>
Humedad	<b>2,243589744%</b>

**Tabla 3.8**

Cálculo de la desviación estándar y error relativo de los datos de las 11:45am

<b>Valores de Referencia</b>	
Temperatura de Chachoan [°C]	<b>16</b>
Humedad de Chachoan [%HR]	<b>81</b>
<b>Promedios</b>	
Temperatura [°C]	<b>15,5</b>
Humedad [%HR]	<b>81,56578947</b>
<b>Desviación Estándar</b>	
Temperatura	<b>0,577350269</b>
Humedad	<b>1,968657927</b>
<b>Error Relativo</b>	
Temperatura	<b>3,125%</b>
Humedad	<b>0,698505523%</b>

En las Tablas 3.7 y 3.8 se observan los cálculos a los sensores de la estación, donde se determina que estos son precisos y con un porcentaje de error bajo. La precisión es dictada por los valores que se tiene en la desviación estándar. Se dice que, si el valor de la desviación estándar es pequeño, los datos son cercanos a la medida de referencia y si sucede lo contrario, el valor de la desviación estándar es más grande, los datos estarán más alejados al valor de referencia, en cuanto al porcentaje de error este en ningún caso sobrepasa el 10%.

El dato de referencia se toma según el **ANEXO L**, ahí se refleja el registro de datos que toma la estación meteorológica de CIDFAE. Para constatar que se hizo la visita técnica y se

realizaron los trabajos en el centro de investigación y desarrollo CIDFAE, dentro del **ANEXO M** se refleja un informe técnico de la visita que se realizó a las instalaciones.

### 3.7 Resultados

Para saber cómo inciden cada una de las variables climáticas de estudio en las heladas, se debe tomar en cuenta cuál es su comportamiento dentro de este fenómeno, así que se realiza el tratamiento estadístico de las mediciones para posterior realizar gráficas, con esto se analizan sus variaciones durante el tiempo que se tomaron las mediciones. En las tablas 3.9 y 3.10 se tiene algunos datos medidos.

**Tabla 3.9**

*Datos de temperatura, humedad, dirección y velocidad del viento*

id	time	Temperatura [°C]	Humedad [%HR]	Vel_viento [m/s]	Dir_viento
6442	2022-04-30 13:15:01	9,605	90	1,84	Noreste
6443	2022-04-30 13:15:32	10,54	89	4,128	Noreste
6444	2022-04-30 13:17:42	10,455	88	3,672	Noreste
6445	2022-04-30 13:18:13	10,455	88	2,424	Noreste
6446	2022-04-30 13:18:43	10,03	89	2,496	Noreste
6447	2022-04-30 13:19:13	10,03	89	3,072	Sureste
6448	2022-04-30 13:19:44	10,03	89	3,240	Este
6449	2022-04-30 13:20:14	10,115	89	3,168	Noreste
6450	2022-04-30 13:20:45	10,115	89	2,832	Este
6451	2022-04-30 13:21:15	10,115	88	1,080	Sureste
6452	2022-04-30 13:21:46	10,455	89	1,58	Sureste
6453	2022-04-30 13:22:16	10,455	89	3,096	Sureste
6454	2022-04-30 13:22:46	10,795	83	0,816	Sur
6455	2022-04-30 13:23:17	11,05	82	1,632	Noreste
6456	2022-04-30 13:23:48	11,05	82	2,520	Noreste
6457	2022-04-30 13:24:18	11,135	84	2,016	Noreste
6458	2022-04-30 13:24:49	11,135	84	1,944	Este
6459	2022-04-30 13:25:19	10,795	84	1,752	Este
6460	2022-04-30 13:25:49	10,795	86	3,408	Noreste
6461	2022-04-30 13:26:20	10,625	86	2,064	Noreste
6462	2022-04-30 13:26:50	10,625	86	3,480	Noreste
6463	2022-04-30 13:27:20	10,625	86	2,088	Sureste
6464	2022-04-30 13:27:51	10,2	85	8,160	Noreste
6465	2022-04-30 14:01:28	7,735	90	1,896	Sureste
6466	2022-04-30 14:01:59	9,265	90	3,600	Sureste
6467	2022-04-30 14:02:29	9,18	90	1,824	Este
6468	2022-04-30 14:02:59	9,265	90	2,496	Este
6469	2022-04-30 14:03:30	9,35	90	2,568	Sureste
6470	2022-04-30 14:04:00	9,35	90	3,480	Este
6471	2022-04-30 14:04:30	9,35	90	4,224	Noreste
6472	2022-04-30 14:05:01	9,35	90	2,808	Sureste

**Tabla 3.10***Datos de nubosidad*

<b>id</b>	<b>time</b>	<b>nubosidad</b>
1856	30/04/2022 13:16:31	0
1857	30/04/2022 13:17:02	0
1858	30/04/2022 13:17:33	0
1859	30/04/2022 13:18:04	1
1860	30/04/2022 13:18:35	1
1861	30/04/2022 13:19:06	1
1862	30/04/2022 13:19:36	1
1863	30/04/2022 13:20:07	0
1864	30/04/2022 13:20:37	0
1865	30/04/2022 13:21:07	1
1866	30/04/2022 13:21:38	1
1867	30/04/2022 13:22:09	0
1868	30/04/2022 13:22:40	0
1869	30/04/2022 13:23:11	0
1870	30/04/2022 13:23:41	0
1871	30/04/2022 13:24:11	0
1872	30/04/2022 13:24:41	0
1873	30/04/2022 13:25:11	1
1874	30/04/2022 13:25:41	0
1875	30/04/2022 13:26:11	1
1876	30/04/2022 13:26:41	0
1877	30/04/2022 13:27:11	0
1878	30/04/2022 13:27:41	0
1879	30/04/2022 14:02:44	0
1880	30/04/2022 14:03:15	0
1881	30/04/2022 14:03:45	1
1882	30/04/2022 14:04:15	1
1883	30/04/2022 14:04:46	0
1884	30/04/2022 14:05:16	0
1885	30/04/2022 14:05:46	0
1886	30/04/2022 14:06:17	0

### 3.7.1 Promedios de las mediciones de la estación meteorológica

Una vez implementada la estación meteorológica, se obtuvieron 4 meses de mediciones. A continuación, en la Tabla 3.11 se tiene un resumen de los promedios mensuales de temperatura, humedad, nubosidad, dirección y velocidad del viento, el **ANEXO N** posee tablas con promedios diarios, semanales y mensuales.

**Tabla 3.11**

*Promedios mensuales de agosto, septiembre, octubre y noviembre*

PARÁMETROS	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE
Temperatura	12.73°C	11.13°C	11,18°C	11,21°C
Humedad	88.86%HR	82.31%HR	87,97%HR	89,90%HR
Velocidad del viento	9,92m/s	8,72m/s	10,52m/s	10,66m/s
Dirección del viento	Sureste	Suroeste	Suroeste	Suroeste
Nubosidad	Nublado	Nublado	Nublado	Nublado

### 3.7.2 Estación Meteorológica Tamboloma

La red de hidrometeorológica de Tungurahua desarrolló un Sistema de Alerta Temprana (SAT), el cual ayuda a la detección de heladas en la zona, este proyecto se realizó juntamente con la estación meteorológica Tamboloma que está ubicada en el cantón Ambato parroquia de Pilahuin a una distancia de 28km y una diferencia de altitud de 460m con el cantón Tisaleo en donde se implementó la estación meteorológica.

El SAT provee la fecha, hora y duración de las heladas que registra la estación meteorológica Tamboloma, al contar con esta información se cotejaron los días en que se formaron heladas con la base de datos de la estación meteorológica implementada en Tisaleo, dicha comparación se la observa en las Tablas 12, 13, 14 y 15, los datos son similares entre la estación implementada y la estación de Tamboloma, pero aún así la base de datos de la estación implementada en Tisaleo reconoce más días de heladas que la estación Tamboloma no registra.

En Figura 3.29 se observa la estación meteorológica Tamboloma.

**Figura 3.29**

*Estación Meteorológica Tamboloma*



### **3.7.3 Análisis de heladas de agosto**

En las provincias de la serranía, principalmente en Cotopaxi, Chimborazo y parte de Tungurahua suelen presentar temperaturas mínimas de entre 4°C a 5°C, dada esta información se toma como helada a partir de un umbral de 3°C; durante la presencia de un evento de helada se puede ocasionalmente subir por los 3°C, teniendo esa perspectiva en cuenta se tomó como el ascenso de temperatura sobre los 5°C el final del evento.

Se registró 14 heladas en el mes de agosto, en la Tabla 3.12 se observa la comparación de heladas registradas entre la estación Tamboloma y la estación implementada. Existieron dos eventos en el mes que tuvieron una helada prolongada, el día 12 de agosto con una duración de 10h:32min y el día 22 de agosto con la helada más larga registrada en este mes con una duración de 11h:00min.

En la mayoría de días de agosto en los que se formó una helada, la presencia del viento se hizo notable manteniendo un promedio de 9,92m/s, las temperaturas disminuyeron sobre los 5°C, la humedad relativa durante el día se mantuvo alta como en las noches que se suscitó un evento de helada, la dirección del viento predominó en el Sureste, el cielo durante los días de heladas se mantuvieron nublados lo que es de gran ayuda ya que las nubes actúan como barreras que evitan las pérdidas de energía, los datos que se detallan se obtuvieron de los promedios diarios, semanales y mensuales que se encuentran en el **ANEXO N**.

**Tabla 3.12**

*Comparación de heladas registradas en agosto entre la estación Tamboloma y la estación implementada en Tisaleo*

Ítem	ESTACIÓN TAMBOLOMA			ESTACIÓN IMPLEMENTADA		
	Inicio	Final	Duración	Inicio	Final	Duración
1	7/08/2022 4:54	7/08/2022 7:01	2h:07min	7/08/2022 4:11	7/08/2022 5:22	1h:11min
2	8/08/2022 3:01	8/08/2022 7:01	4h:00min	8/08/2022 3:39	8/08/2022 6:18	2h:39min
3	12/08/2022 6:00	12/08/2022 7:01	1h:01min	12/08/2022 5:53	12/08/2022 6:32	0h:39min
4	12/08/2022 21:04	13/08/2022 7:01	9h:57min	12/08/2022 20:39	13/08/2022 7:11	10h:32min
5	14/08/2022 2:37	14/08/2022 6:55	4h:18min	14/08/2022 1:21	14/08/2022 6:53	5h:32min
6	16/08/2022 2:23	16/08/2022 7:01	4h:38min	16/08/2022 3:11	16/08/2022 6:35	3h:24min
7	17/08/2022 6:22	17/08/2022 6:59	0h:37min	17/08/2022 5:56	17/08/2022 6:23	0h:26min
8	19/08/2022 4:28	19/08/2022 6:35	2h:07min	18/08/2022 3:26	18/08/2022 6:43	3h:17min
9	19/08/2022 22:27	19/08/2022 7:01	8h:34min	19/08/2022 4:51	19/08/2022 5:23	0h:32min
10	22/08/2022 19:35	23/08/2022 7:01	11h:26min	22/08/2022 19:57	23/08/2022 6:57	11h:00min
11	23/08/2022 23:07	24/08/2022 7:01	7h:54min	23/08/2022 23:44	24/08/2022 6:47	7h:02min
12	24/08/2022 23:36	25/08/2022 4:50	5h:14min	24/08/2022 23:50	25/08/2022 4:02	4h:11min
13	27/08/2022 6:35	27/08/2022 7:01	0h:26min	26/08/2022 21:49	27/08/2022 2:23	4h:34min
14	29/08/2022 19:43	29/08/2022 7:01	11h:18min	27/08/2022 5:33	27/08/2022 5:49	0h:16min

### 3.7.4 Análisis de heladas de septiembre

Este mes tuvo más días con temperaturas bajas, se determinó que el mes de septiembre generó varias heladas, de acuerdo con los datos recolectados de la estación meteorológica implementada dichas heladas en el momento de su formación se midieron datos de temperatura bajos, humedad elevada, ausencia de viento y durante la tarde su cielo estuvo mayormente despejado, teniendo como la helada más larga el día 30 de septiembre con 7h:20min y la helada más corta el día 27 de septiembre con 0h:36min. Se reconoció que se formaron 24 heladas en septiembre, esta totalidad de eventos registrados por la estación meteorológica implementada se comparan en la Tabla 3.13 con las heladas que reconoció la estación Tamboloma.

**Tabla 3.13**

*Comparación de heladas registradas en septiembre entre la estación Tamboloma y la estación implementada en Tisaleo*

ESTACIÓN TAMBOLOMA				ESTACIÓN IMPLEMENTADA		
Ítem	Inicio	Final	Duración	Inicio	Final	Duración
1	1/09/2022 3:03	1/09/2022 7:01	3h:58min	1/09/2022 4:34	1/09/2022 6:19	1h:45min
2	2/09/2022 4:30	2/09/2022 6:40	2h:10min	2/09/2022 4:42	2/09/2022 6:19	1h:37min
3	3/09/2022 21:41	3/09/2022 7:01	9h:20min	3/09/2022 22:53	4/09/2022 0:47	1h:53min
4	5/09/2022 18:06	5/09/2022 7:01	12h:55min	5/09/2022 23:54	6/09/2022 6:14	6h:20min
5	6/09/2022 18:27	6/09/2022 7:01	12h:34min	6/09/2022 22:55	7/09/2022 3:25	4h:30min
6	8/09/2022 2:50	8/09/2022 6:48	3h:58min	8/09/2022 2:36	8/09/2022 6:31	3h:5 min
7	9/09/2022 3:21	9/09/2022 7:01	3h:40min	9/09/2022 3:48	9/09/2022 6:24	2h:3 min
8	12/09/2022 1:37	12/09/2022 6:57	5h:20min	11/09/2022 22:19	12/09/2022 6:46	8h:26min
9	13/09/2022 0:49	13/09/2022 7:01	6h:12min	12/09/2022 23:38	13/09/2022 4:15	4h:37min
10	19/09/2022 4:22	19/09/2022 7:01	2h:39min	14/09/2022 22:37	15/09/2022 0:00	1h:23min
11	22/09/2022 3:56	22/09/2022 6:44	2h:4 min	15/09/2022 2:29	15/09/2022 3:08	0h:38min
12	26/09/2022 23:26	23/09/2022 1:39	2h:48min	17/09/2022 22:28	17/09/2022 23:54	1h:25min
13	27/09/2022 2:02	27/09/2022 7:01	4h:59min	18/09/2022 0:03	18/09/2022 2:16	2h:13min
14	30/09/2022 5:14	30/09/2022 6:46	1h:32min	18/09/2022 21:11	19/09/2022 6:40	9h:28min
15				20/09/2022 0:48	20/09/2022 6:20	5h:32min
16				21/09/2022 4:49	21/09/2022 6:19	1h:29min
17				21/09/2022 23:41	22/09/2022 6:14	6h:32min
18				24/09/2022 22:57	25/09/2022 4:16	5h:19min
19				25/09/2022 22:06	25/09/2022 22:57	0h:50min
21				26/09/2022 20:54	27/09/2022 2:43	5h:49min
22				28/09/2022 1:22	28/09/2022 3:10	1h:47min
23				29/09/2022 2:38	29/09/2022 3:32	0h:54min
24				29/09/2022 23:04	30/09/2022 6:24	7h:20min

*Nota.* La tabla indica varios casilleros en blanco, esto se debe a que la estación Tamboloma no registro heladas en las mismas fechas que la estación meteorológica implementada.

### 3.7.5 Análisis de heladas de octubre

Octubre en comparación con los otros meses se observa una disminución de días en cuanto a la formación de heladas, esto se debe al cambio de las condiciones climáticas en la zona, es decir que en octubre se tuvo un incremento en su promedio de humedad relativa mensual que es del 87,97%HR este dato se observa en la Tabla 3.11 y en el **ANEXO N**, dos eventos superan las 5 horas de duración; el día 4 de octubre con 9h:26min y el día 9 de octubre con 8:45min. En la Tabla 3.14 se observa la comparación entre las heladas registradas por la estación Tamboloma y la estación implementada.

**Tabla 3.14**

*Comparación de heladas registradas en octubre entre la estación Tamboloma y la estación implementada en Tisaleo*

ESTACIÓN TAMBOLOMA				ESTACIÓN IMPLEMENTADA		
Ítem	Inicio	Final	Duración	Inicio	Final	Duración
1	2/10/2022 6:28	2/10/2022 7:01	0h:32min	2/10/2022 4:57	2/10/2022 6:08	1h:10min
2	5/10/2022 3:17	5/10/2022 6:43	3h:25min	4/10/2022 3:13	4/10/2022 3:58	0h:45min
3	9/10/2022 21:28	9/10/2022 7:01	9h:33min	4/10/2022 20:45	5/10/2022 6:11	9h:26min
4	12/10/2022 0:48	12/10/2022 6:27	5h:38min	5/10/2022 22:40	6/10/2022 0:15	1h:34min
5	30/10/2022 22:59	30/10/2022 6:44	5h:39min	6/10/2022 4:26	6/10/2022 6:27	2h:00min
6				9/10/2022 21:27	10/10/2022 6:12	8h:45min
7				11/10/2022 18:52	12/10/2022 0:08	5h:15min
8				12/10/2022 0:52	12/10/2022 4:02	3h:09min
9				12/10/2022 4:53	12/10/2022 6:30	1h:36min
10				13/10/2022 0:55	13/10/2022 6:07	5h:11min
11				15/10/2022 23:49	16/10/2022 4:14	4h:24min
12				28/10/2022 3:17	28/10/2022 6:20	3h:02min
13				29/10/2022 1:00	29/10/2022 6:08	5h:08min
14				30/10/2022 1:23	30/10/2022 6:18	4h:54m

### 3.7.6 Análisis de heladas de noviembre

Noviembre es el mes con menos heladas registradas en la estación Tamboloma y en la estación implementada en Tisaleo como refleja la comparación de estaciones en la Tabla 3.15, esto se debe a que tiene un alza significativa en la humedad relativa promedio con 89,90%HR, a más de este incremento de humedad este mes en comparación con los 3 anteriores cuenta con mayor presencia de vientos con un promedio de 10,66m/s, esta información de humedad y velocidad del viento se contempla en la Tabla 3.11.

Este mes a más de ser el que tiene menos eventos de heladas, es el que mantiene la duración de la mayoría de sus eventos en menos de 5 horas de formación, sin embargo, el día 23 de noviembre se presenta una helada de duración de 8h:44min la más larga que se formó en el mes.

**Tabla 3.15**

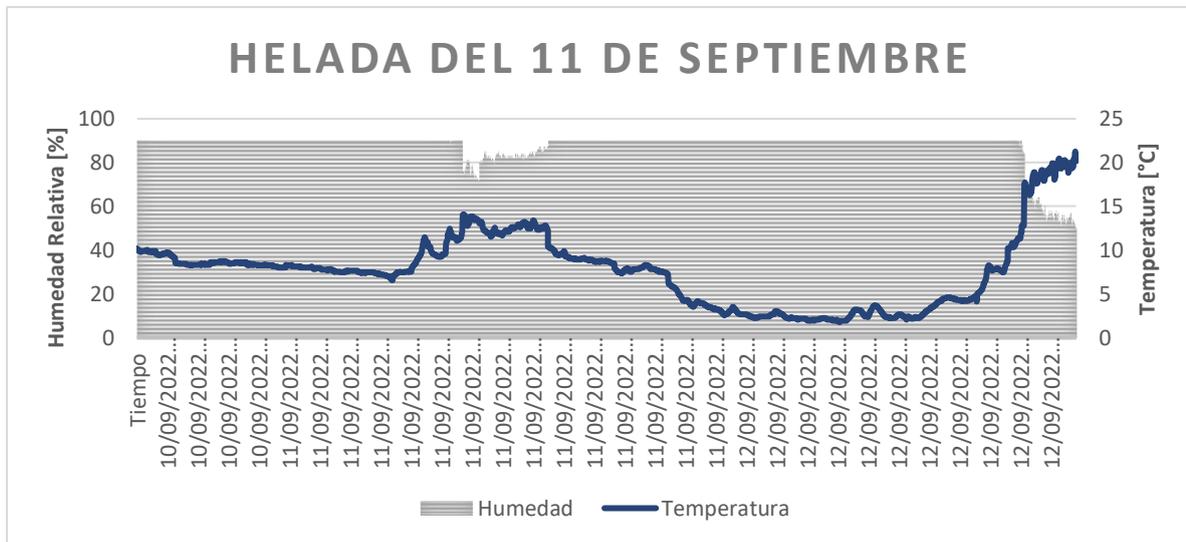
*Comparación de heladas registradas en noviembre entre la estación Tamboloma y la estación implementada en Tisaleo*

Ítem	ESTACIÓN TAMBOLOMA			ESTACIÓN IMPLEMENTADA		
	Inicio	Final	Duración	Inicio	Final	Duración
1	7/11/2022 2:42	7/11/2022 7:01	4h:19min	3/11/2022 0:42	3/11/2022 3:07	2h:24min
2	23/11/2022 12:03	23/11/2022 0:54	0h:51min	5/11/2022 1:15	5/11/2022 6:29	5h:14min
3	23/11/2022 14:04	23/11/2022 3:59	1h:55min	6/11/2022 23:31	7/11/2022 1:32	2h:01min
4	24/11/2022 13:06	24/11/2022 6:47	5h:41min	7/11/2022 2:05	7/11/2022 3:40	1h:35min
5	27/11/2022 5:35	27/11/2022 6:51	1h:15min	12/11/2022 23:24	13/11/2022 6:15	6h:51min
6	29/11/2022 5:09	29/11/2022 6:55	1h:45min	18/11/2022 0:26	18/11/2022 5:38	5h:12min
7	30/11/2022 4:38	30/11/2022 6:34	1h:56min	22/11/2022 21:24	22/11/2022 23:12	1h:47min
8				22/11/2022 23:43	23/11/2022 6:40	6h:57min
9				23/11/2022 21:36	24/11/2022 6:20	8h:44min
10				27/11/2022 5:16	27/11/2022 6:20	1h:03min
11				28/11/2022 5:31	28/11/2022 6:19	0h:48min
12				29/11/2022 4:41	29/11/2022 5:02	0h:20min
13				30/11/2022 3:02	30/11/2022 6:18	3h:16min



**Figura 3.31**

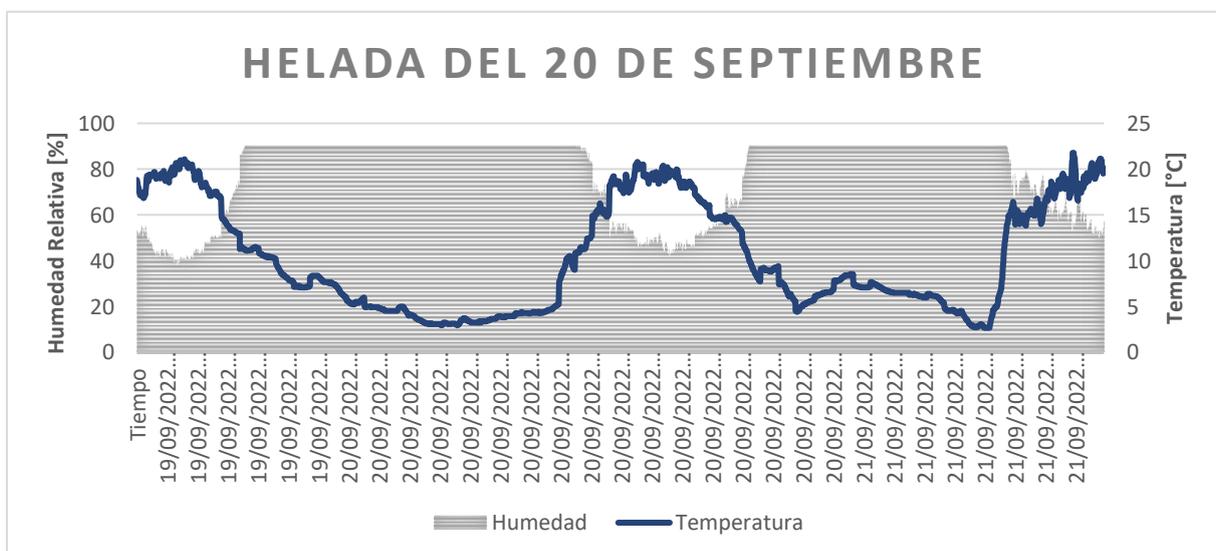
*Helada del 11 de septiembre*



La helada del día 20 de septiembre del 2022, la temperatura cayó por debajo de los 3°C y tuvo una duración de 5h:32min, durante la formación de este fenómeno la humedad relativa era alta, pero no se contaba con la presencia del viento ya que la velocidad se mantuvo constantemente cerca a los 0,0175m/s lo que quiere decir que en ese instante el viento no circulaba por los cultivos.

**Figura 3.32**

*Helada del 20 de septiembre*



## 3.8 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 3.8.1 Conclusiones

1. De acuerdo con la investigación realizada en el marco teórico se determinó que las heladas afectan principalmente al sector agrícola, además se visualiza que los parámetros físicos (temperatura, humedad relativa, nubosidad, dirección y velocidad del viento) que inciden en la formación de una helada influyeron en la elección de los sensores utilizados para la obtención de datos en tiempo real del clima que posee el cantón Tisaleo.
2. Se diseñó la estación meteorológica con los sensores de temperatura, humedad, dirección del viento que cumplen con las condiciones de estabilidad y funcionamiento; esto con el fin de monitorear el clima en los cultivos de mora, los sensores tienen una precisión de  $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ ,  $2\% \text{HR}$  y  $\pm 1^{\circ}$  respectivamente, el sensor de velocidad del viento tiene un umbral de sensibilidad  $\leq 0,5 \text{m/s}$ .
3. Se implementó la estación meteorológica por medio de un SoC Raspberry Pi4 Model B, el cual contiene dos códigos de trabajo, donde el primer código se encarga de controlar los sensores de temperatura, humedad, dirección y velocidad del viento, y el segundo código se utiliza para determinar la nubosidad en el cielo mediante Visión Artificial, todos estos datos se recolectan y almacenan en una base de datos local y en la nube cada 30 segundos.

### **3.8.2 Recomendaciones**

1. Se sugiere para futuras investigaciones, implementar un sistema de alarma informativo que emita un mensaje de alerta a un teléfono móvil en el instante que la estación meteorológica registre bajas significativas de temperatura, esto con el fin de que los moradores del sector puedan prever daños en sus cultivos por la presencia de eventos de heladas.
2. Para futuros estudios se recomienda analizar modelos basados en redes neuronales para predecir heladas a partir de datos meteorológicos, sin embargo, existen otros métodos de predicción con los cuales se podría realizar una comparación y determinar el más fiable.

## REFERENCIAS

- 10Conceptos.(2021). *10conceptos* . Obtenido de 10conceptos :  
<https://10conceptos.com/definicion-de-base-de-datos/>
- 330ohms.(2019). *Blog 330 ohms*. Obtenido de Blog 330 ohms:  
<https://blog.330ohms.com/2019/06/24/raspberry-pi-4-nueva-y-mejorada/>
- ABCElectronica.net.(2020). *ABCElectronica*. Obtenido de ABCElectronica:  
[http://www.datasheet.es/PDF/792210/DHT11-pdf.html#google\\_vignette](http://www.datasheet.es/PDF/792210/DHT11-pdf.html#google_vignette)
- Aeon Computers. (2022). *Aeon Computers*. Obtenido de Aeon Computers:  
<https://www.aeon.com.sv/shop/product/7011-camara-web-usb-101jd-full-hd-1080p-6308>
- Aldaño, M. P., & Del Sitio G, D. U. (2016). HELADAS. 16.
- Ambimet. (2020). *Ambimet Instrumentación Ltda*. Obtenido de Ambimet Instrumentación Ltda:  
<https://www.ambimet-instrumentacion.cl/wp-content/uploads/2021/04/AMBIMET-05103-Catalogo.pdf>
- Anastacio Burgos, L. V., & Barzola Romero, M. R. (2019). Implementación de una estación meteorológica para la Facultad de Ciencias Naturales de la Universidad de Guayaquil utilizando herramientas open source. *Universidad de Guayaquil. Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas. Carrera de Ingeniería en Networking y Telecomunicaciones*, 154.
- Arango, O. E. (2018). Diseño e implementación de un prototipo de control de humedad relativa para una cámara existente en el laboratorio de metrología de variables eléctricas. *universidad tecnologica de pereira*, 54.
- Arcos Guamán, C. (2017). Diseño e implementación de un sistema electrónico para el monitoreo, control de la helada y riego, en huertos de fresas por medio de redes de sensores inalámbricos con hardware libre. *Escuela Superior Politécnica de Chimborazo*, 125.
- Argos.(2022).*Argos Eléctrica*. Obtenido de Argos Eléctrica:  
<https://argoselectrica.com/fichastecnicas/armarios/armarios-metalicos-argos.pdf>
- Aros Salazar, L. A. (2020). Proyectar estacion meteorologica con RASPBERRY PI-4MODELO B. 89.
- Askix. (2022). *Askix*. Obtenido de Askix: <https://www.askix.com/veleta-analogica-con-auto-configurar.htm>
- Bayas Altamirano, V. H. (2018). Implementación de un sistema informático para la gestión de datos climáticos en las estaciones meteorológicas de la ESPOCH, a través de la plataforma Java JEE7. *Escuela Superior Politécnica de Chimborazo*, 256.
- Bueno Solano , R. J., & Lindo Morales, C. D. (2019). Diseño de una estación meteorológica para el laboratorio de simulación Udes. 75.
- Curzel, V. N., & Hurtado, R. (2020). *Daños por heladas en plantas frutales*. EEA Salta, INTA.
- Del valle Hernadez, L. (2018). Escoger el mejor sensor de temperatura para Arduino. 10.

- ESPAC. (2020). *INEC*. Obtenido de INEC.
- Espejo, M. R. (2017). Estimación de la desviación estándar . *Estadística Española*, 8.
- García Guarín, P. J. (2018). Implementacion de un sistema de monitoreo de humedad relativa y temperatura de un horno de conveccion forzada para el secado de materia vegetal. 76.
- Garzón Guzmán, B. Y., & Rincón Cerón, M. F. (2017). Diseño e Implementación de un Prototipo de Estación Meteorológica para la Medición de Variables Ambientales. 96.
- Gustavo, S. B. (2017). Estaciones meteorologicas. 30.
- Heriberto, D., & Villegas Vergara, A. (2019). Prototipo de estación agrometeorológica de monitoreo de datos climatológicos Prototype of agrometeorological station of monitoring of climatological data. 60.
- Hernández R, D. C., Amondaray, L. R., Matínez, M. H., & Montero, O. P. (2020). Implementación de una estación meteorológica de bajo costo con RASPBERRY PI. 11.
- Hoyas Castro, A. (2017). Sensorización de parámetros físicos con microcontrolador . 69.
- INIAP. (2016). El cultivo de la Mora en el Ecuador . *INIAP*, 43.
- Labra Fernandez, M. (2021). Plan de gestión de riesgo de helada en la comunidad kaspí cancha alta del municipio de tiraque. 73.
- Lobo, J. V. (02 de 06 de 2020). *Montando un sistema para fichar en el trabajo con la placa ESP32*. Obtenido de <https://jvlobo.com/es/esp32-control-horario-en-el-trabajo-parte-1/>
- Lopez Ánton, A., & Monzo, C. (2016). Diseño e implementación de una estación. 174.
- López Vargas, D. F., & Balladares Feijoo, C. L. (2021). Diseño e implementación de un prototipo de estación meteorológica agrícola autosustentable para el monitoreo de parámetros ambientales en cultivos de cacao mediante Raspberry Pi. 168.
- Marmolejo Gutarra, D., & Ruíz Velázquez, J. E. (2018). Tolerancia de papas nativas (*Solanum spp.*) a heladas en el contexto de cambio climático. *Scientia Agropecuaria*, 400.
- Masanet, M. I., Capraro, F., Klenzi, R. O., & Muñoz, M. (2021). Procesamiento de datos meteorológicos para determinar la ocurrencia de heladas en la agricultura. *In XXIII Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación*, 5.
- Mendoza Velázquez, G. A. (2018). Medición de velocidad y dirección de viento integrado a un sistema de internet de las cosas. 36.
- Morales, P. F. (2021). Diseño de una estacion meteorologica wifi con esp32 y thingspeak. 63.
- Morales, P. S. (2021). Diseño de una estacion meteorologica wifi con esp32 y thingspeak. 63.
- Murcia, J. F. (2012). Estimación de la velocidad del viento a diferentes alturas usando. *Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales*, 10.
- Obando Buitrago, M. A. (2016). Diseño de un prototipo de una Estación Agrometeorológica Automática (EAA) con adquisición de imágenes satelitales, y publicación de datos en página web. *Universidad Nacional de Ingeniería*, 205.

- Paredes Peña, K. (2020). Estudio sobre la red de distribución de bienes de ayuda humanitaria ante el desastre natural de heladas y friaje en el Perú. 69.
- Paredes Tavarez, J. (2018). Nubes, formación y clasificación. 55.
- Pazmiño Lòpez, A. (2017). Evaluación de poliláminas naturales de extractos de chiquiragua para el control de heladas en el cultivo de papa. *ESPE - Universidad de las Fuerzas Armadas*, 69.
- PCE Instruments. (2022). *PCE Instruments*. Obtenido de PCE Instruments: [https://www.pce-instruments.com/espanol/api/getartfile?\\_fnr=1019955&\\_dsp=inline](https://www.pce-instruments.com/espanol/api/getartfile?_fnr=1019955&_dsp=inline)
- Peña Cáceres, O. J. (2019). Sistema de información de mini estación meteorológica para la captura de datos de temperatura, humedad y presión atmosférica–Centro de Operaciones de Emergencia Regional-Piura. 93.
- Pérez Gallego, A. (2019). Caracterización de la nubosidad en Sevilla mediante medidas de un ceilómetro. 76.
- Perugachi, E. (2018). Diseño, Desarrollo e implementación de una estación meteorológica basada en una red jerárquica de sensores, software libre y sistemas embebidos para la empresa Elecaustro en la Minicentral Gualaceo utilizando comunicación MQTT y MBDUS. 161.
- R.G, P. H. (2017). Evaluación de helada, en quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) en dos variedades con riego por aspersión, en la comunidad de Huarza del distrito de Pucara-Lampa Puno. 91.
- Ramírez Vera, P. A. (2021). Implementación de un sistema de medición, almacenamiento y transmisión de variables eléctricas para una estación meteorológica con mecanismo de ahorro de energía . 124.
- Rivadeneira Avila, L. (2021). Desarrollo de un prototipo electrónico para control de heladas en cultivos de arándanos para pequeños productores en la sierra. *Universidad Politécnica Salesiana* , 109.
- Rojas Illa, F., & Roque Laime, D. (2017). Construcción de una estación meteorológica de bajo costo para monitoreo climático, utilizando tecnología de impresión 3D . 107.
- Royé , D., Rasilla , D., Martí, A., Lorenzo , N., & Abalde , N. (2018). Análisis espacio-temporal de la nubosidad en el norte de la provincia de Lugo. *Asociación Española de Climatología*, 19.
- Ruiz Sosa, C. J. (2018). Diseño e implementación de una estación meteorológica, con un sistema de adquisición y visualización de datos en tiempo real a través de un microcomputador raspberry PI 3 para el Insivumeh . *Universidad de San Carlos de Guatemala*, 167.
- Rusell L Marcks, P. E. (2021). *On-Line Psychrometrics*. . Obtenido de Calculadora psicrométrica completa: <https://es.wikipedia.org/wiki/Psicrometr%C3%ADa>
- Texas Instruments. (2018). *ssdielect*. Obtenido de ssdielect: <https://ssdielect.com/arduino-y-compatibles-1/3467-ads1115.html>
- Urbano Toledo, W. S., & Martínez Vargas, D. (2019). Prototipo de estación meteorológica basada en arduino y web. 80.

Valdivia Díaz, L. (2020). Manejo de poda en Protea 'Pink Ice' para prevenir pérdidas de botones florales por heladas. (*Doctoral dissertation, Universidad de Talca (Chile). Escuela de Agronomía.*), 33.

World Meteorological Organization. (2017). *World Meteorological Organization*. Obtenido de World Meteorological Organization: <https://cloudatlas.wmo.int/en/definitions-of-clouds.html>

Zenteno Via, M. (2021). Plan de resiliencia ante el riesgo de helada en la comunidad plano bajo del municipio de Tiraque. 53.

# ANEXOS

## ANEXO A: Datasheet del sensor de temperatura y humedad dth22

### Aosong Electronics Co.,Ltd

*Your specialist in innovating humidity & temperature sensors*

#### Digital-output relative humidity & temperature sensor/module

#### DHT22 (DHT22 also named as AM2302)



Capacitive-type humidity and temperature module/sensor

Thomas Liu (Business Manager)

Email: [thomasliu198518@yahoo.com.cn](mailto:thomasliu198518@yahoo.com.cn)

# Aosong Electronics Co.,Ltd

Your specialist in innovating humidity & temperature sensors

## 1. Feature & Application:

- \* Full range temperature compensated
- \* Relative humidity and temperature measurement
- \* Calibrated digital signal
- \* Outstanding long-term stability
- \* Extra components not needed
- \* Long transmission distance
- \* Low power consumption
- \* 4 pins packaged and fully interchangeable

## 2. Description:

DHT22 output calibrated digital signal. It utilizes exclusive digital-signal-collecting-technique and humidity sensing technology, assuring its reliability and stability. Its sensing elements is connected with 8-bit single-chip computer.

Every sensor of this model is temperature compensated and calibrated in accurate calibration chamber and the calibration-coefficient is saved in type of programme in OTP memory, when the sensor is detecting, it will cite coefficient from memory.

Small size & low consumption & long transmission distance(20m) enable DHT22 to be suited in all kinds of harsh application occasions.

Single-row packaged with four pins, making the connection very convenient.

## 3. Technical Specification:

Model	DHT22
Power supply	3.3-6V DC
Output signal	digital signal via single-bus
Sensing element	Polymer capacitor
Operating range	humidity 0-100%RH; temperature -40~80Celsius
Accuracy	humidity +/-2%RH(Max +5%RH); temperature <+/-0.5Celsius
Resolution or sensitivity	humidity 0.1%RH; temperature 0.1Celsius
Repeatability	humidity +/-1%RH; temperature +/-0.2Celsius
Humidity hysteresis	+/-0.3%RH
Long-term Stability	+/-0.5%RH/year
Sensing period	Average: 2s
Interchangeability	fully interchangeable
Dimensions	small size 14*18*5.5mm; big size 22*28*5mm

## 4. Dimensions: (unit---mm)

### 1) Small size dimensions: (unit---mm)

2

Thomas Liu (Business Manager)

Email: [thomasliu198518@yahoo.com.cn](mailto:thomasliu198518@yahoo.com.cn)

## ANEXO B: Datasheet del sensor del convertor análogo-digital ADS1115



ADS1113  
ADS1114  
ADS1115

www.ti.com

SBAS448B –MAY 2009–REVISED OCTOBER 2009

### Ultra-Small, Low-Power, 16-Bit Analog-to-Digital Converter with Internal Reference

Check for Samples: ADS1113 ADS1114 ADS1115

#### FEATURES

- **ULTRA-SMALL QFN PACKAGE:**  
2mm × 1,5mm × 0,4mm
- **WIDE SUPPLY RANGE:** 2.0V to 5.5V
- **LOW CURRENT CONSUMPTION:**  
Continuous Mode: Only 150µA  
Single-Shot Mode: Auto Shut-Down
- **PROGRAMMABLE DATA RATE:**  
8SPS to 860SPS
- **INTERNAL LOW-DRIFT VOLTAGE REFERENCE**
- **INTERNAL OSCILLATOR**
- **INTERNAL PGA**
- **I<sup>2</sup>C™ INTERFACE:** Pin-Selectable Addresses
- **FOUR SINGLE-ENDED OR TWO DIFFERENTIAL INPUTS (ADS1115)**
- **PROGRAMMABLE COMPARATOR (ADS1114 and ADS1115)**

#### APPLICATIONS

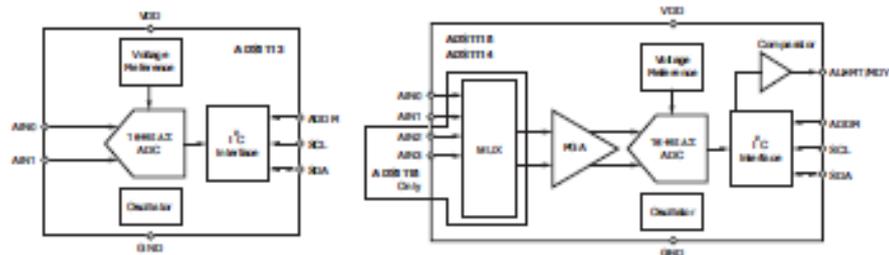
- PORTABLE INSTRUMENTATION
- CONSUMER GOODS
- BATTERY MONITORING
- TEMPERATURE MEASUREMENT
- FACTORY AUTOMATION AND PROCESS CONTROLS

#### DESCRIPTION

The ADS1113, ADS1114, and ADS1115 are precision analog-to-digital converters (ADCs) with 16 bits of resolution offered in an ultra-small, leadless QFN-10 package or an MSOP-10 package. The ADS1113/4/5 are designed with precision, power, and ease of implementation in mind. The ADS1113/4/5 feature an onboard reference and oscillator. Data are transferred via an I<sup>2</sup>C-compatible serial interface; four I<sup>2</sup>C slave addresses can be selected. The ADS1113/4/5 operate from a single power supply ranging from 2.0V to 5.5V.

The ADS1113/4/5 can perform conversions at rates up to 860 samples per second (SPS). An onboard PGA is available on the ADS1114 and ADS1115 that offers input ranges from the supply to as low as ±256mV, allowing both large and small signals to be measured with high resolution. The ADS1115 also features an input multiplexer (MUX) that provides two differential or four single-ended inputs.

The ADS1113/4/5 operate either in continuous conversion mode or a single-shot mode that automatically powers down after a conversion and greatly reduces current consumption during idle periods. The ADS1113/4/5 are specified from -40°C to +125°C.



Please be aware that an important notice concerning availability, standard warranty, and use in critical applications of Texas Instruments semiconductor products and disclaimers thereto appears at the end of this data sheet.

I<sup>2</sup>C is a trademark of NXP Semiconductors.

All other trademarks are the property of their respective owners.

PRODUCTION DATA Information is current as of publication date. Products conform to specifications per the terms of the Texas Instruments standard warranty. Production processing does not necessarily include testing of all parameters.

Copyright © 2009, Texas Instruments Incorporated



This integrated circuit can be damaged by ESD. Texas Instruments recommends that all integrated circuits be handled with appropriate precautions. Failure to observe proper handling and installation procedures can cause damage.

ESD damage can range from subtle performance degradation to complete device failure. Precision integrated circuits may be more susceptible to damage because very small parametric changes could cause the device not to meet its published specifications.

## ORDERING INFORMATION

For the most current package and ordering information, see the Package Option Addendum at the end of this document, or see the TI web site at [www.ti.com](http://www.ti.com).

## ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS<sup>(1)</sup>

	ADS1113, ADS1114, ADS1115	UNIT
VDD to GND	-0.3 to +5.5	V
Analog input current	100, momentary	mA
Analog input current	10, continuous	mA
Analog input voltage to GND	-0.3 to VDD + 0.3	V
SDA, SCL, ADDR, ALERT/RDY voltage to GND	-0.5 to +5.5	V
Maximum junction temperature	+150	°C
Storage temperature range	-60 to +150	°C

(1) Stresses above those listed under Absolute Maximum Ratings may cause permanent damage to the device. Exposure to absolute maximum conditions for extended periods may affect device reliability.

## PRODUCT FAMILY

DEVICE	PACKAGE DESIGNATOR MSOP/QFN	RESOLUTION (Bits)	MAXIMUM SAMPLE RATE (SPS)	COMPARATOR	PGA	INPUT CHANNELS (Differential/Single-Ended)
ADS1113	BROVNSJ	16	860	No	No	1/1
ADS1114	BRNINSJ	16	860	Yes	Yes	1/1
ADS1115	BOGIN4J	16	860	Yes	Yes	2/4
ADS1013	BRMINSJ	12	3300	No	No	1/1
ADS1014	BRQVNSJ	12	3300	Yes	Yes	1/1
ADS1015	BRPVNTJ	12	3300	Yes	Yes	2/4

## ANEXO C: Datasheet del sensor de velocidad del viento YGC -FS

### YGC-FS wind speed sensor RS485 0-70m/S speed 12V

PRELIMINARY

#### YGC-FS Wind Speed Sensor

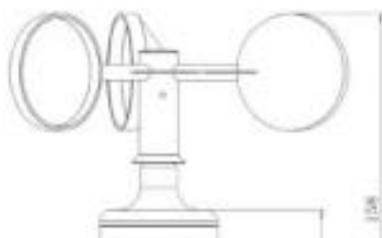
##### Product Introduction:



YGC-FS wind speed sensor (transducer) adopts the traditional three-wind cup wind speed sensor structure, the wind cup uses ABS material, high strength, good start.

With the relay function wind speed sensor can be directly based on wind speed value of other equipment switching control, can also output wind speed 485 signal, pulse and voltage signals, can be widely used in advertising barrier, weather, ocean, environment, airport, port, laboratory, industry and agriculture and transportation and other fields.

##### Structure:



Instrument length:  Standard: 2.5 meters  
 Others

Load capacity: Current-type output impedance  $\leq 600\Omega$

Voltage-based output impedance  $\geq 1K\Omega$

Working environment: temperature  $-40\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 80\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;  
humidity  $\leq 100\%$  RH

Protection class: IP45

Cable rating: Rated voltage: 300V 80  $^{\circ}\text{C}$

Product weight: 130 g (depending on model)

Power consumption: 50 mW (depending on model)

\* Operating time: 10ms or less

\* Reset time: 5ms or less

\* Insulation resistance: 1000M $\Omega$  or more

\* Power consumption: 400mW

\* Rated and maximum load: AC250V 5A, DC30V 5A

\* Mechanical life: more than 20 million times

\* Electrical life: more than 70,000 times (2A can reach more than 300,000 times)

**Note:** The \* parameter in this document is the wind speed with relay function.

##### Calculation formula

Pulse type (high level 5V, low level 0V):

(2) If the use of voltage, current, pulse and other signal output

Sensors, line order, respectively:

1 feet red: positive power supply

2 feet yellow: the output signal, then instrument

3 feet black / green: negative power supply, then instrument

(3) If the use of RS232 or RS485 outout signal



Installation aperture: 3.2mm  
 Distribution diameter: 63mm  
 Air Diameter: 15mm [25mm recommended for easy routing]

**Wiring method**

**Technical Parameters:**

- Measuring range:  0 ~ 45m / s  
 0 ~ 70m / s  
 Others
- Accuracy:  $\pm (0.3 + 0.03V)$  m / s (V: wind speed)  
 Resolution: 0.1m / s  
 Starting wind speed:  $\leq 0.5$ m / s
- Power supply:  DC 5V  
 DC 12V  
 DC 24V  
 Others
- Output form:  pulse: pulse signal  
 Current: 4 ~ 20mA  
 Voltage: 0 ~ 5V  
 Voltage: 1 ~ 5V  
 Voltage: 0 ~ 2.5V  
 RS232  
 RS485  
 Relay switch output  
 TTL level: ( frequency  pulse width)  
 Others

- 1 foot red: power +
- 2 feet black: 485 + or RXD (then the computer serial port 2 feet)
- 3 feet Yellow: 485 - or TXD (then the computer serial port 3 feet)
- 4 feet Green: Power supply - (connection to signal GND)

\* Second, with a relay function The bottom of the wind speed sensor for waterproof access  
 Head, 6-pin or 8-pin outlet, please the power supply negative and communication signals  
 GND connection. Line order are:

- Red: Power +
- Black: 485+
- Yellow: 485-
- Green Gray: Power supply - (connection to instrument signal GND)

$W = 0; (F = 0)$   
 $W = 0.1 + 0.0875 \times F (F \neq 0)$   
 (W: wind speed indication m / s; F: pulse signal frequency)

Current type (range 45m / s):  
 $W = (I-4) 45/16$   
 (W: wind speed indication m / s; I: current signal 4-20mA)

Voltage type (range 45m / s):  
 $W = V / 5 \times 45$   
 (W: wind speed indication m / s; V: voltage signal 0-5V)

## ANEXO D: Datasheet del sensor de dirección del viento YG G-FX

### Product Introduction:



YGC-FX wind sensor (transmitter) internal precision angle sensor, and use low-inertia light metal wind vane response to the wind, dynamic characteristics.

It is widely used in meteorology, ocean, environment, airport, port, laboratory, industry, agriculture and transportation. And other fields.

### Technical Parameters:

Measuring range: 0~360°

Accuracy: ±1°

Starting wind speed: ≤0.5m/s

Power supply:  DC 5V

DC 12V

DC 24V

Others

Output form:  Voltage: 0~5V

Voltage: 1~5V

Current: 4~20mA

RS232

RS485

pulse: pulse signal

TTL level: ( frequency  pulse

width)

Others

Product power consumption: 150mW

### Calculation formula

Voltage type (0~5V output):

$$D = 360^\circ \times V / 5$$

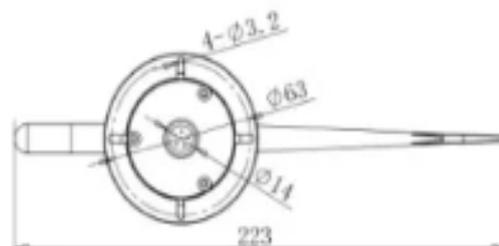
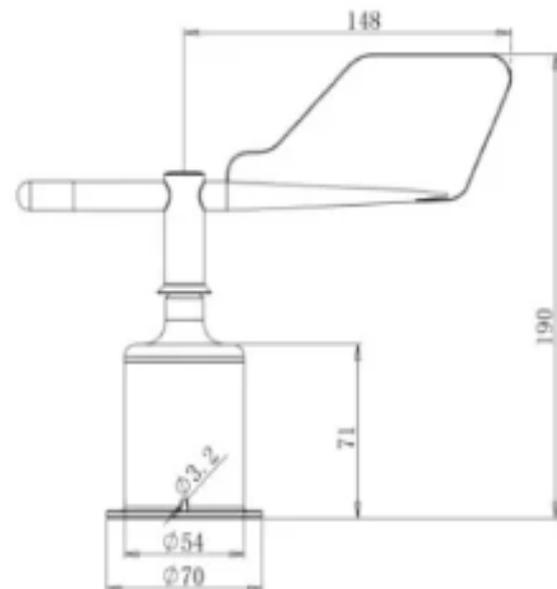
(D is the wind direction indication value; V is the output voltage)

Current type (4 to 20 mA output):

$$D = 360^\circ (I-4) / 16$$

(D for the wind direction; I for the output current mA)

### Structure:



## YGC-FX Wind Direction Sensor

(1) If the voltage and current sensors with the company's weather

Station, use the sensor line directly to the sensor with the weather station

Of the corresponding interface can be connected.

(2) If the use of voltage, current, pulse and other signal output

Sensors, line order, respectively:

1 foot red: positive power supply

2 feet yellow: the output signal, then instrument

3 feet black / green: negative power supply, then instrument

(3) If the use of RS232 or RS485 output signal transmission

, Connect the negative pole of the power supply to the GND of the communication signal,

RS232 communication with the computer directly.

Line order are:

1 foot red: power +

2 feet Black: 485 + or RXD (then the computer serial port 2 feet)

3 feet yellow: 485 - or TXD (then the computer serial port 3 feet)

4 feet Green: Power supply - (connection to signal GND)

### Selection table:

Code	Power supply	Output form	Description
YGC - FX			Wind direction sensor/transmitter
	5V		5V supply
	12 V		12V supply
	24 V		24V supply
	YV		Other
		V	0-5V
		V1	1-5V
		V2	0-2.5V
		A1	4-20mA
		A2	0-20mA
		W1	RS232
		W2	RS485
		TL	TTL
For example: YGC-FX-5V-V wind speed sensor /transmitter(5V, 0-5V output)			

## ANEXO E: Código de los sensores de temperatura, humedad, dirección y velocidad del viento

```
import time
import board

import adafruit_dht
import busio

import adafruit_ads1x15.ads1015 as ADS
from adafruit_ads1x15.analog_in import AnalogIn

# Create the I2C bus
i2c = busio.I2C(board.SCL, board.SDA)

# Create the ADC object using the
I2C bus ads = ADS.ADS1015(i2c)
ads.gain=2/3

# Create single-ended input on
channel 0 chan = AnalogIn(ads,
ADS.P0)

chan2 = AnalogIn(ads, ADS.P1)

# Create differential input between
channel 0 and 1#chan = AnalogIn(ads,
ADS.P0, ADS.P1)

print("{:>5}\t{:>5}".format('raw',
'v'))      dhtDevice =
adafruit_dht.DHT22(board.D4) while
True:

    F = (chan.voltage/5)*40
    Vviento=F*3.6
    DirViento=(chan2.voltage/4.9)
    *359

    if DirViento >= 340 or DirViento <= 360 and
    DirViento <=10: Dir="N"

    num=1 else:

        if DirViento >= 170 and DirViento
        <=190: Dir="S"
```

```

num=2 else:
    if DirViento >= 80 and DirViento
        <=100: Dir="E"
num=3 else:
    if DirViento >= 260 and DirViento
        <=280: Dir="O"
num=4 else:
    if DirViento >= 11 and DirViento
        <=79: Dir="NE"
num=5 else:
    if DirViento >= 101 and DirViento
        <=169: Dir="SE"
num=6 else:
    if DirViento >= 281 and DirViento
        <=339: Dir="NO"
num=7 else:
    if DirViento >= 191 or DirViento
        <=259: Dir="SO"
num=8
print((Vviento, Dir))

try:
    conexion =
    pymysql.connect(host='localhost',user='root',passwo
rd='admin2022',db='estacion_db') try:
        with
            conexion.curs
            or() as
            cursor:
                temperature_c

```

```
=
dhtDevice.tem
perature
humidity =
dhtDevice.hum
idity
```

```
consulta = "INSERT INTO
mediciones(Vel_viento,dir_viento,Temperatura, Humedad)
VALUES (%s, %s, %s,%s);" print(temperature_c, humidity)
```

```
cursor.execute(consulta,
(Vviento,num,temperature_c,humidi
ty )) conexion.commit()
```

```
finally:
```

```
conexion.close()
```

```
except (pymysql.err.OperationalError,
pymysql.err.InternalError,RuntimeError)
as e: print("Ocurrió un error al
conectar: ", e)
continue
time.sleep(10,0)
```

## ANEXO F: Instalación de sistema operativo

### Install Raspberry Pi OS using Raspberry Pi Imager

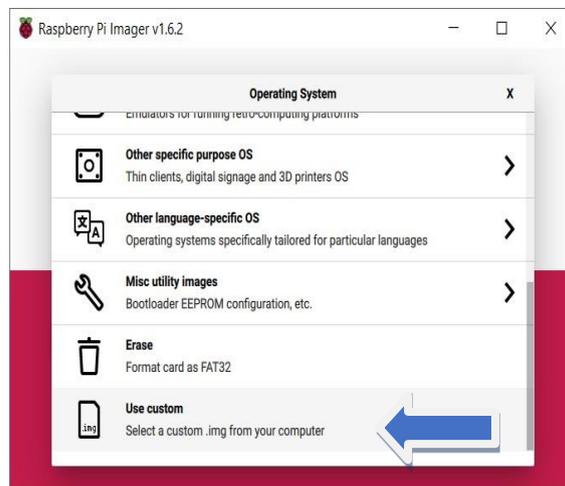
Raspberry Pi Imager is the quick and easy way to install Raspberry Pi OS and other operating systems to a microSD card, ready to use with your Raspberry Pi. [Watch our 45-second video](#) to learn how to install an operating system using Raspberry Pi Imager.

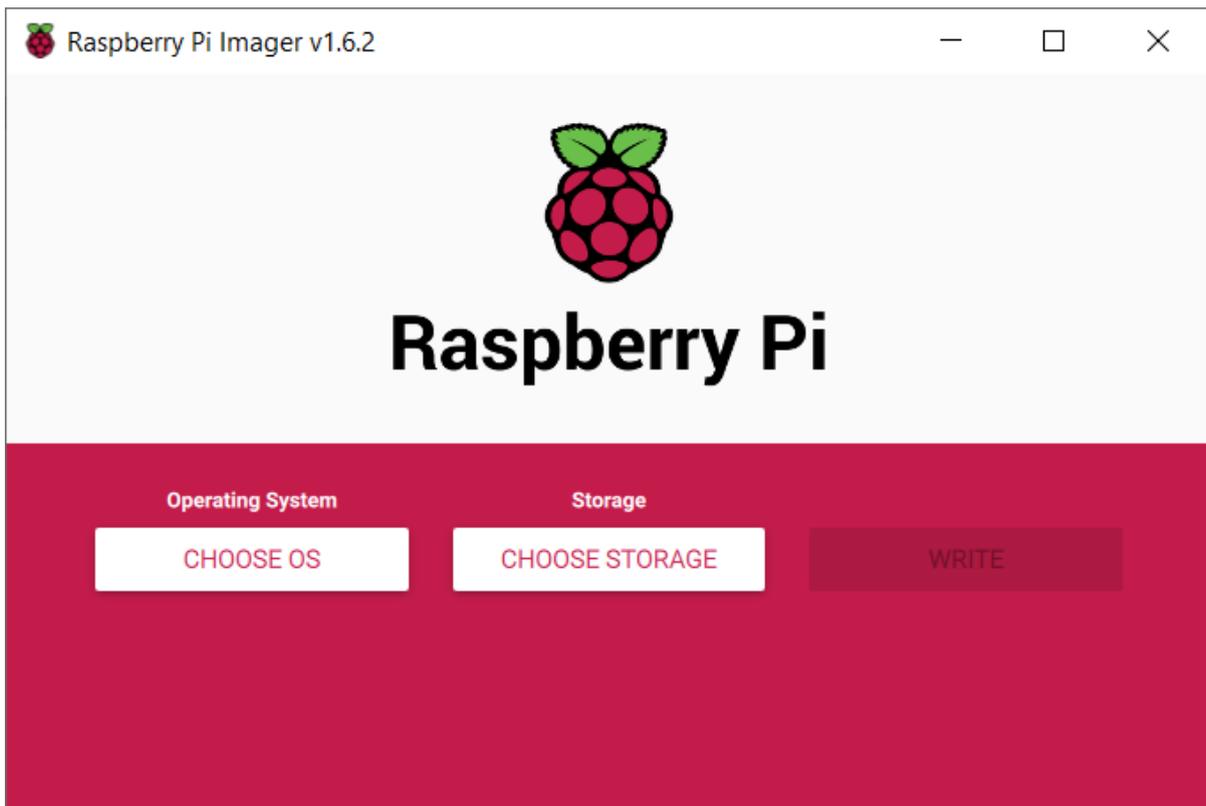
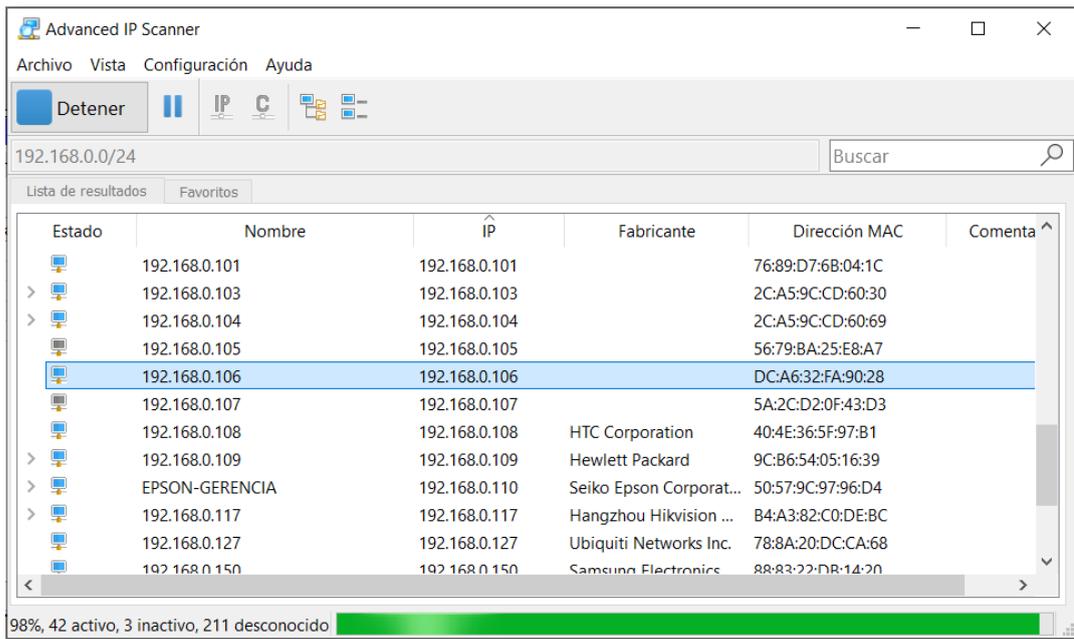
Download and install Raspberry Pi Imager to a computer with an SD card reader. Put the SD card you'll use with your Raspberry Pi into the reader and run Raspberry Pi Imager.

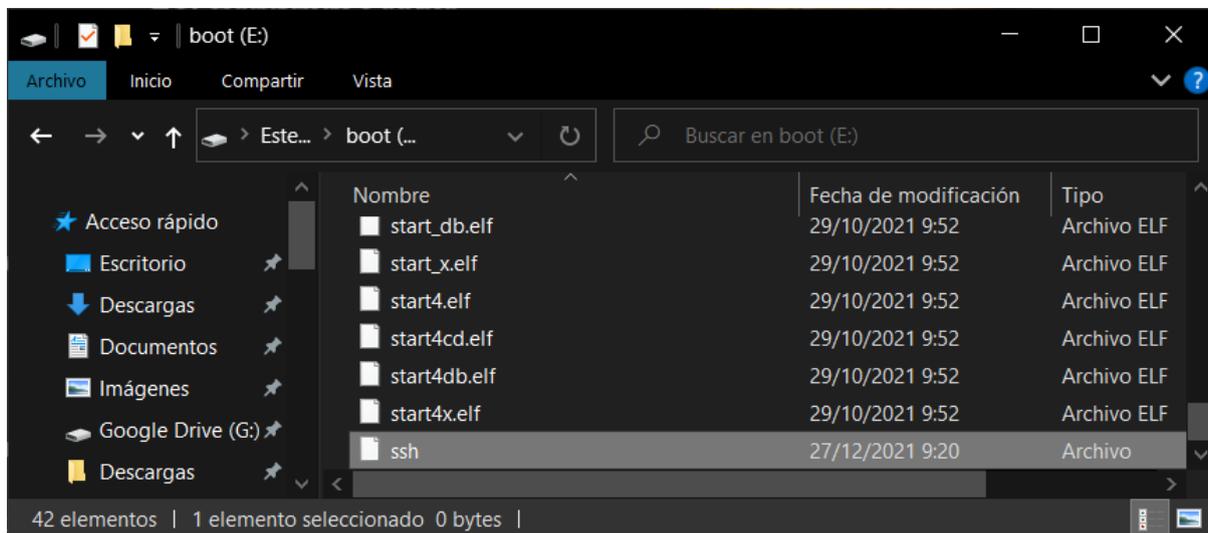
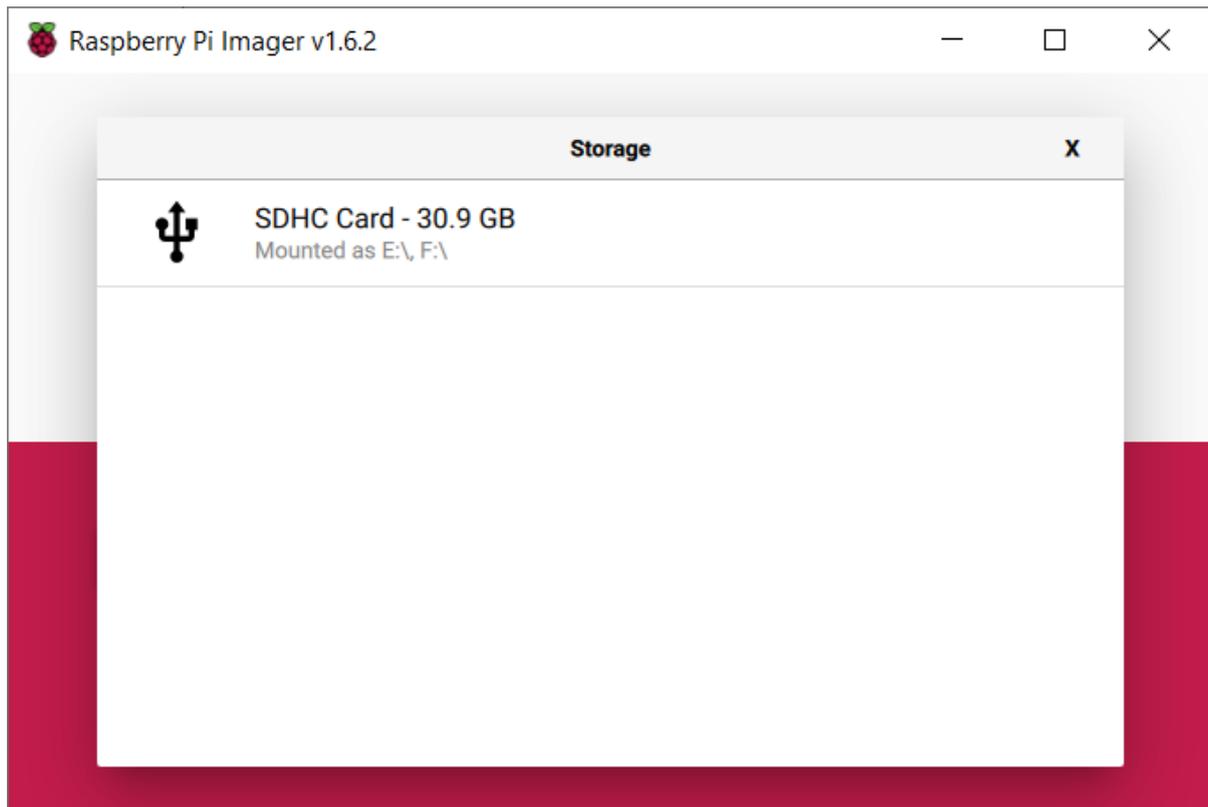
[Download for Windows](#)

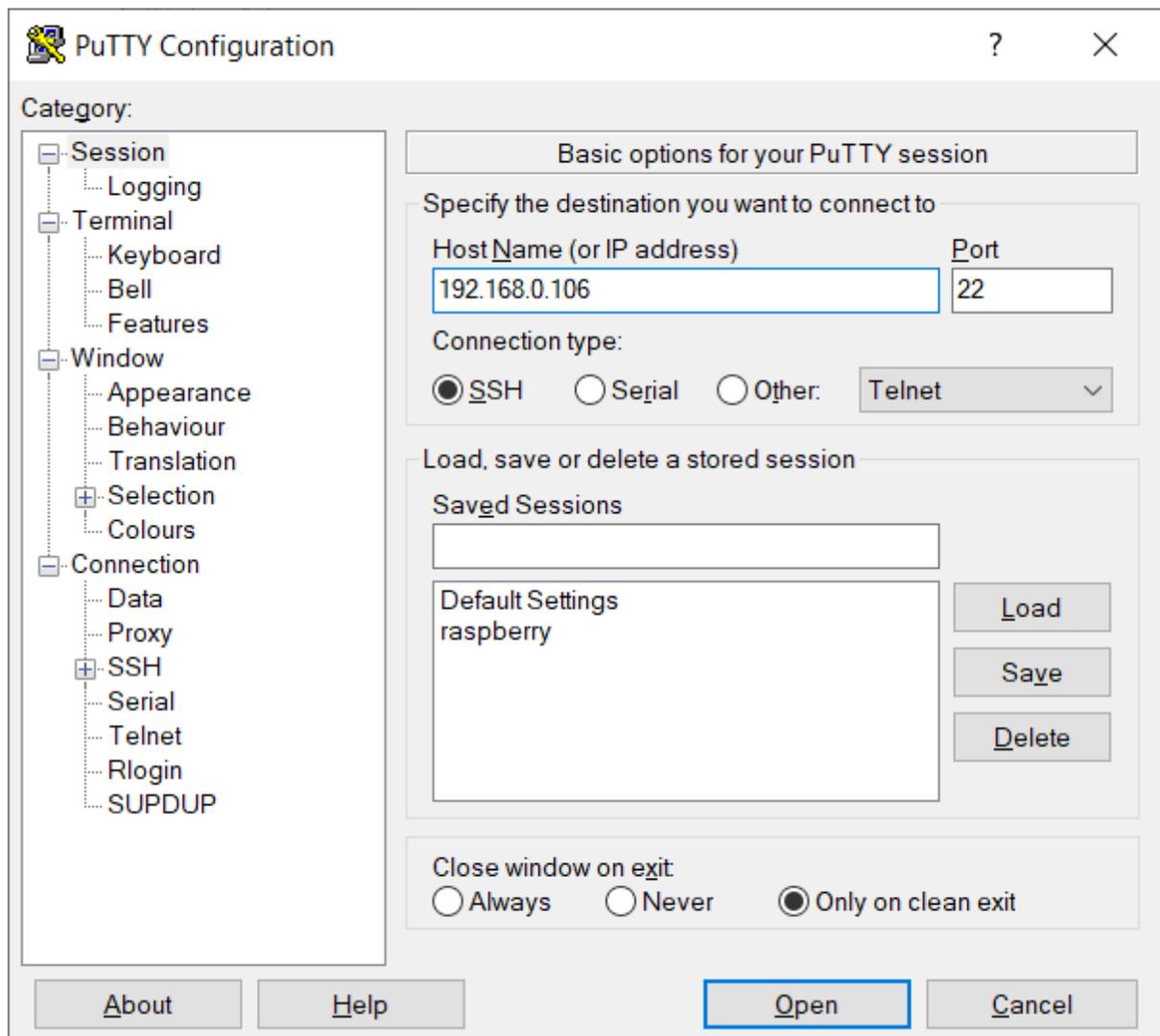
[Download for macOS](#)

[Download for Ubuntu for x86](#)









## Anexo G: Instalación de librerías

Instalación de la librería para enlazar Python con la base de datos mysql

```
sudo python3 -m pip install pymysql
```

Instalación de la librería para usar la cámara web

```
sudo apt-get install fswebcam
```

Instalación de librerías para el Sensor DTH22

```
pip3 install adafruit-circuitpython-dht sudo apt-get install libgpod2
```

Instalación de librerías para el conversor análogo digital

```
sudo pip3 install adafruit-circuitpython-ads1x15
```

Instalar librería OpenCV para visión Artificial

```
sudo apt install libaec0 libaom0 libatk-bridge2.0-0 libatk1.0-0 libatlas3-base libatspi2.0-0 libavcodec58 libavformat58 libavutil56 libbluray2 libcairo- gobject2 libcairo2 libchromaprint1 libcodec2-0.8.1 libcrococ3 libdatrie1 libdrm2 libepoxy0 libfontconfig1 libgdk-pixbuf2.0-0 libgfortran5 libgme0 libgraphite2-3 libgsm1 libgtk-3-0 libharfbuzz0b libhdf5-103 libilmbase23 libjbig0 libmp3lame0 libmpg123-0 libogg0 libopenexr23 libopenjp2-7 libopenmpt0 libopus0 libpango-1.0-0 libpangocairo-1.0-0 libpangoft2-1.0-0 libpixman-1-0 librsvg2-2 libshine3 libsnappy1v5 libsoxr0 libspeex1 libssh- gcrypt-4 libswresample3 libswscale5 libsz2 libthai0 libtheora0 libtiff5 libtwolame0 libva-drm2 libva-x11-2 libva2 libvdpau1 libvorbis0a libvorbisenc2 libvorbisfile3 libvpx5 libwavpack1 libwayland-client0 libwayland-cursor0 libwayland-egl1 libwebp6 libwebpmux3 libx264-155 libx265-165 libxcb-render0 libxcb-shm0 libxcomposite1 libxcursor1 libxdamage1 libxfixes3 libxi6 libxinerama1 libxkbcommon0 libxrandr2 libxrender1 libxvidcore4 libzvb0
```

```
sudo pip3 install opencv-contrib-python==4.5.3.56
```

Instalar librería tensorflow

```
sudo pip3 install tensorflow==1.14.0
```

## ANEXO H: Código de visión artificial para determinar la nubosidad

```
import os
import argparse

import numpy as np
import tensorflow as tf
import cv2

from PIL import Image
import pymysql

class_name=('Despejado','Nublado')
if __name__ == '__main__':

    parser =
    argparse.ArgumentParser()
    parser.add_argument(
        '-i',
        '--image',
        help='Imagen webcam')
    parser.add_argument(
        '-m',
        '--model_file',
        help='.tflite model')
    parser.add_argument(
        '--input_mean',
        default=127.5,
        type=float,
        help='input_mean')
    parser.add_argument(
        '--input_std',
        default=127.5, type=float,
        help='input standard deviation')
    args=parser.parse_args()

    interpreter = tf.lite.Interpreter(model_path=args.model_file)
    interpreter.allocate_tensors()
```

```
input_details = interpreter.get_input_details()
output_details =
interpreter.get_output_details()

floating_model=
input_details[0]['dtype']==np.float32height =
150
```

```
width = 150
```

```
img =
Image.open(args.image).resize((width,height))
input_data = np.expand_dims(img,axis=0)
```

```
if floating_model:
```

```
    input_data = (np.float32(input_data)-args.input_mean) /
args.input_stdinterpreter.set_tensor(input_details[0]['index'],
input_data)
```

```
interpreter.invoke()
```

```
output_data =
    interpreter.get_tensor(output_details[0]['i
index'])results = np.argmax(output_data)
print(results)
try:
```

```
    conexion =
pymysql.connect(host='localhost',user='admin',password='root',db='es
tacion_db')
```

```
try:
```

```
    with conexion.cursor() as cursor:
```

```
        consulta = "INSERT INTO
nubosidad(nubosidad) VALUES (%s);"
        cursor.execute(consulta, (results ))
```

```
    conex
ion.comm
it()
finally:
```

```
    conexion.close()
```

```
except (pymysql.err.OperationalError,  
        pymysql.err.InternalError,RuntimeError) as e:print("Ocurrió  
un error al conectar: ", e)
```

## ANEXO I: Código de entrenamiento del sistema para detección de imágenes

```
import os
import tensorflow as tf
import numpy as np
import cv2
import matplotlib.pyplot as plt

train_dir = '/Users/estacion/Desktop/Dataset'
train_despejado_dir = os.path.join(train_dir, 'Despejado')
train_nublado_dir = os.path.join(train_dir, 'Nublado')

train_despejado_fnames = os.listdir(train_despejado_dir)
train_nublado_fnames = os.listdir(train_nublado_dir)
print (train_despejado_fnames[:52])
print (train_nublado_fnames[:2])

['despejado (1).jpg', 'despejado (10).jpg', 'despejado (11).jpg',
'despejado (12).jpg', 'despejado (13).jpg', 'despejado (14).jpg',
'despejado (15).jpg', 'despejado (16).jpg', 'despejado (17).jpg',
'despejado (18).jpg', 'despejado (19).jpg', 'despejado (2).jpg',
'despejado (20).jpg', 'despejado (21).jpg', 'despejado (22).jpg',
'despejado (23).jpg', 'despejado (24).jpg', 'despejado (25).jpg',
'despejado (26).jpg', 'despejado (27).jpg', 'despejado (28).jpg',
'despejado (29).jpg', 'despejado (3).jpg', 'despejado (30).jpg',
'despejado (31).jpg', 'despejado (32).jpg', 'despejado (33).jpg',
'despejado (34).jpg', 'despejado (35).jpg', 'despejado (36).jpg',
'despejado (37).jpg', 'despejado (38).jpg', 'despejado (39).jpg',
'despejado (4).jpg', 'despejado (40).jpg', 'despejado (41).jpg',
'despejado (42).jpg', 'despejado (43).jpg', 'despejado (44).jpg',
'despejado (45).jpg', 'despejado (46).jpg', 'despejado (47).jpg',
'despejado (48).jpg', 'despejado (49).jpg', 'despejado (5).jpg',
'despejado (50).jpg', 'despejado (51).jpg', 'despejado (52).jpg',
'despejado (6).jpg', 'despejado (7).jpg', 'despejado (8).jpg',
'despejado (9).jpg']
['nublado (1).jfif', 'nublado (1).jpg']

Despejado=[]
img_size = 150
for img in os.listdir(train_despejado_dir):
    img = cv2.imread(os.path.join(train_despejado_dir,img))
    img_resize = cv2.resize(img,(img_size,img_size))
    Despejado.append(img_resize)
Despejado= np.array(Despejado)
print (Despejado.shape)
(52, 150, 150, 3)

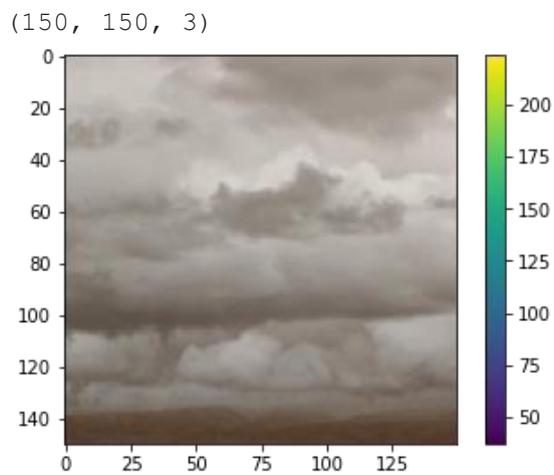
Nublado=[]
img_size = 150
for img in os.listdir(train_nublado_dir):
```

```

img = cv2.imread(os.path.join(train_nublado_dir, img))
img_resize = cv2.resize(img, (img_size, img_size))
Nublado.append(img_resize)
Nublado= np.array(Nublado)
print(Nublado.shape)
(66, 150, 150, 3)

print(Nublado[4].shape)
plt.figure()
plt.imshow(np.squeeze(Nublado[4]))
plt.colorbar()
plt.grid(False)
plt.show()

```



```

plt.figure(figsize=(10,10))
for i in range (20):
    plt.subplot(5,5,i+1)
    plt.xticks([])
    plt.yticks([])
    plt.grid(False)
    plt.imshow(Images[i])
    plt.xlabel(class_name[Labels[i]])
plt.show()

```



```
from __future__ import absolute_import, division, print_function, unico
de_literals
```

```
variable_name = ""
```

```
try:
```

```
    # %tensorflow_version only exists in Colab.
```

```
    %tensorflow_version 2.x
```

```
except Exception:
```

```
    pass
```

```
from __future__ import absolute_import, division, print_function, unico
de_literals
```

```
# TensorFlow and tf.keras
```

```
import tensorflow as tf
```

```
from tensorflow import keras
```

```
from tensorflow.keras import datasets, layers, models
```

```
import tensorflow.keras.optimizers as Optimizer
```

```
# Helper libraries
```

```
import numpy as np
```

```

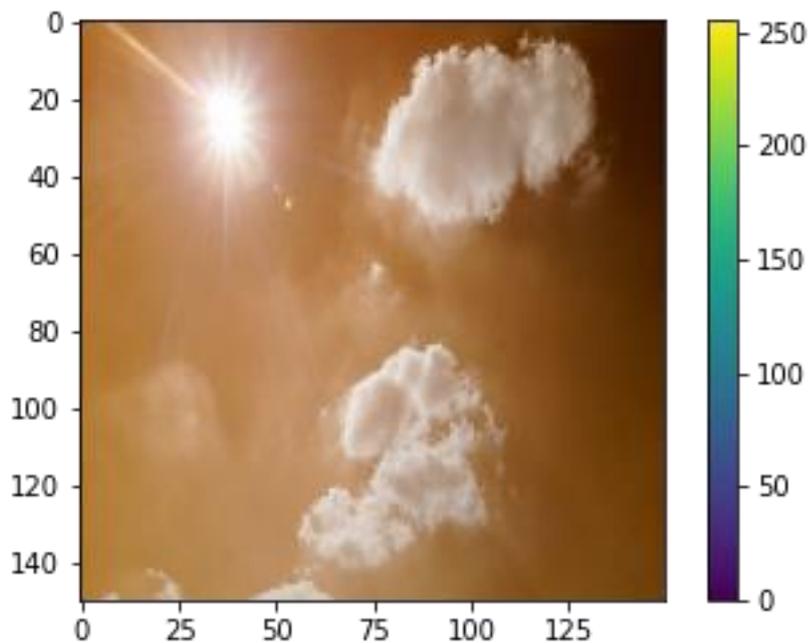
import matplotlib.pyplot as plt
print(tf.__version__)

model = keras.Sequential([
    keras.layers.Flatten(input_shape=(150, 150, 3)),
    keras.layers.Dense(128, activation='relu'),
    keras.layers.Dense(2, activation='softmax'),
])

model.compile(optimizer='adam',
              loss='sparse_categorical_crossentropy',
              metrics=['accuracy'])
model.fit(Images, Labels, epochs=30)
trained=model.fit(Images, Labels, epochs=30)
img=Images[1]
print(img.shape)
img=(np.expand_dims(img,0))
print(img.shape)

plt.figure()
plt.imshow(Images[1])
plt.colorbar()
plt.grid(False)
plt.show()

```



```

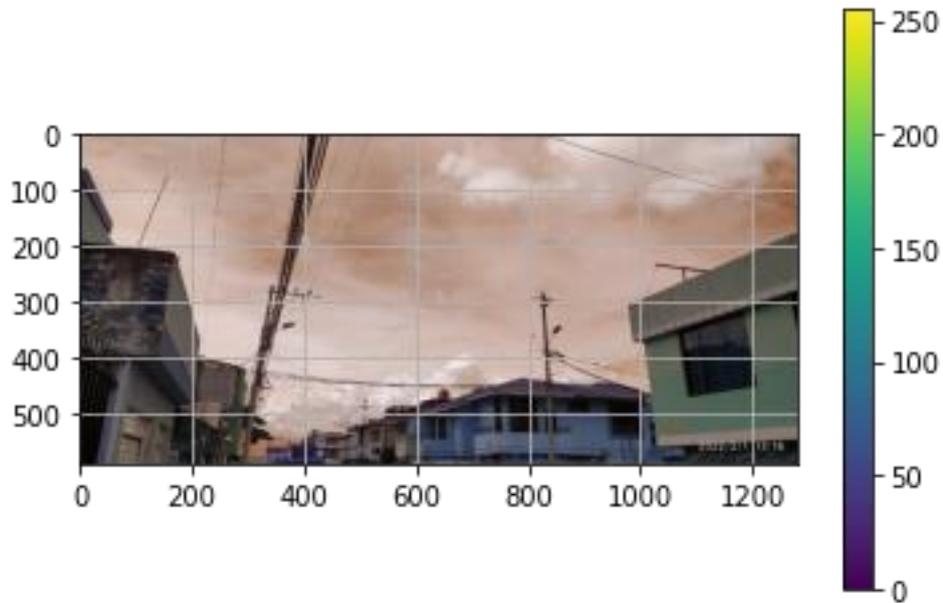
predictions_single =model.predict(img)
print(predictions_single)
print(np.sum(predictions_single))
print(np.argmax(predictions_single))
print(class_name[np.argmax(predictions_single)])

```

```

[[1. 0.]]
1.0
0
Despejado
plt.figure()
img=cv2.imread("99.jpeg")
plt.imshow(img)
plt.colorbar()
plt.grid(True)
plt.show()

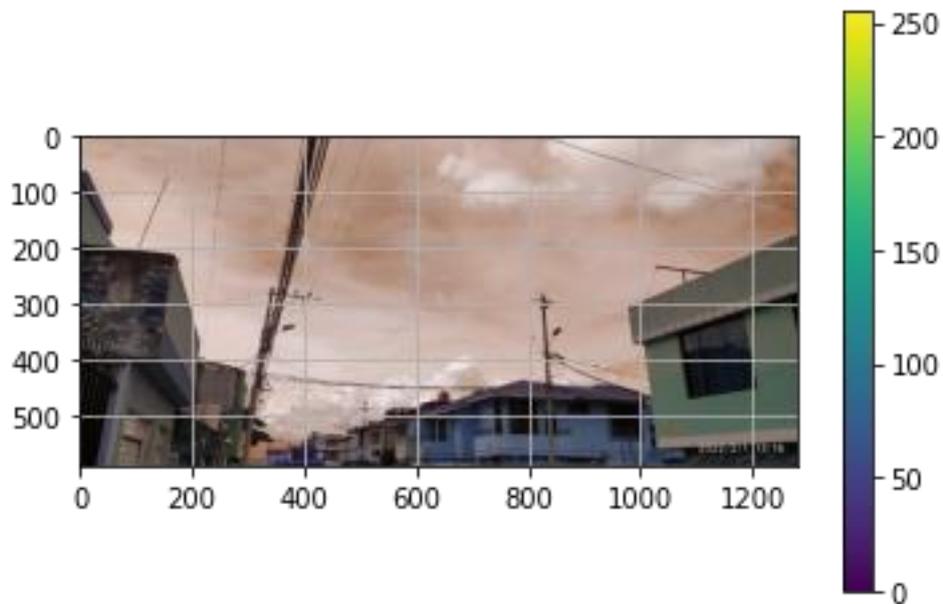
```



```

img2=img
plt.figure()
plt.imshow(img2)
plt.colorbar()
plt.grid(True)
plt.show()
img2=cv2.resize(img2, (img_size,img_size))
print(img2.shape)
img2=(np.expand_dims(img2,0))
print(img2.shape)

```



```
(150, 150, 3)
(1, 150, 150, 3)
predictions_single =model.predict(img2)
print(predictions_single)
print(np.sum(predictions_single))
print(np.argmax(predictions_single))
print(class_name[np.argmax(predictions_single)])
[[0. 1.]]
1.0
1
Nublado
```

**ANEXO J: Datos del día 9 de febrero del 2022**

id	time	Temperatura	Humedad
1679	2022-02-09 17:33:19	22,4	73
1680	2022-02-09 17:33:29	22,4	73
1681	2022-02-09 17:33:40	22,4	72
1682	2022-02-09 17:35:30	22,4	72
1683	2022-02-09 17:35:41	22,5	72
1684	2022-02-09 17:35:51	22,5	72
1685	2022-02-09 17:36:02	22,5	72
1686	2022-02-09 17:36:12	22,4	72
1687	2022-02-09 17:36:22	22,4	72
1688	2022-02-09 17:36:33	22,4	72
1689	2022-02-09 17:36:43	22,4	72
1690	2022-02-09 17:36:53	22,4	72
1691	2022-02-09 17:37:04	22,4	72
1692	2022-02-09 17:37:14	22,4	72
1693	2022-02-09 17:37:24	22,4	72
1694	2022-02-09 17:37:35	22,4	72
1695	2022-02-09 17:37:45	22,5	72
1696	2022-02-09 17:37:55	22,4	72
1697	2022-02-09 17:38:06	22,3	72
1698	2022-02-09 17:38:16	22,4	72
1699	2022-02-09 17:38:26	22,4	72
1700	2022-02-09 17:38:37	22,4	72
1701	2022-02-09 17:38:47	22,4	72
1702	2022-02-09 17:38:57	22,4	73
1703	2022-02-09 17:39:08	22,4	73
1704	2022-02-09 17:39:18	22,4	73
1705	2022-02-09 17:39:28	22,4	72
1706	2022-02-09 17:39:39	22,4	72
1707	2022-02-09 17:39:49	22,3	72
1708	2022-02-09 17:39:59	22,4	72
1709	2022-02-09 17:40:10	22,3	72
1710	2022-02-09 17:40:20	22,4	72
1711	2022-02-09 17:40:30	22,4	72
1712	2022-02-09 17:40:41	22,4	72
1713	2022-02-09 17:40:51	22,4	73
1714	2022-02-09 17:41:01	22,4	73
1715	2022-02-09 17:41:12	22,4	72
1716	2022-02-09 17:41:22	22,4	72
1717	2022-02-09 17:41:32	22,4	72
1718	2022-02-09 17:41:43	22,4	73

1719	2022-02-09 17:41:53	22,4	73
1720	2022-02-09 17:42:03	22,4	73
1721	2022-02-09 17:42:14	22,4	73
1722	2022-02-09 17:42:24	22,4	73
1723	2022-02-09 17:42:34	22,4	73
1724	2022-02-09 17:42:45	22,4	72
1725	2022-02-09 17:42:55	22,4	72
1726	2022-02-09 17:43:05	22,4	72
1727	2022-02-09 17:43:16	22,4	73
1728	2022-02-09 17:43:26	22,4	72
1729	2022-02-09 17:43:36	22,4	73
1730	2022-02-09 17:43:47	22,4	73
1731	2022-02-09 17:43:57	22,4	73
1732	2022-02-09 17:44:07	22,4	73
1733	2022-02-09 17:44:18	22,4	73
1734	2022-02-09 17:44:28	22,4	73
1735	2022-02-09 17:44:38	22,4	73
1736	2022-02-09 17:44:49	22,4	72
1737	2022-02-09 17:44:59	22,5	73
1738	2022-02-09 17:45:09	22,4	72
1739	2022-02-09 17:45:20	22,4	72
1740	2022-02-09 17:45:30	22,4	73
1741	2022-02-09 17:45:40	22,4	73
1742	2022-02-09 17:45:51	22,4	73
1743	2022-02-09 17:46:01	22,4	73
1744	2022-02-09 17:46:11	22,4	73
1745	2022-02-09 17:46:22	22,5	73
1746	2022-02-09 17:46:32	22,4	72
1747	2022-02-09 17:46:42	22,5	73
1748	2022-02-09 17:46:52	22,5	73
1749	2022-02-09 17:47:03	22,5	73
1750	2022-02-09 17:47:13	22,5	73
1751	2022-02-09 17:47:23	22,4	72
1752	2022-02-09 17:47:34	22,4	73
1753	2022-02-09 17:47:44	22,4	73
1754	2022-02-09 17:47:54	22,5	73
1755	2022-02-09 17:48:05	22,5	72
1756	2022-02-09 17:48:16	22,5	73
1757	2022-02-09 17:48:26	22,4	73
1758	2022-02-09 17:48:36	22,5	72
1759	2022-02-09 17:48:47	22,5	73
1760	2022-02-09 17:48:58	22,5	73
1761	2022-02-09 17:49:08	22,5	73
1762	2022-02-09 17:49:18	22,4	72
1763	2022-02-09 17:49:29	22,5	72

1764	2022-02-09 17:49:39	22,5	72
1765	2022-02-09 17:49:49	22,4	72
1766	2022-02-09 17:50:00	22,4	72
1767	2022-02-09 17:50:10	22,4	72
1768	2022-02-09 17:50:21	22,5	72
1769	2022-02-09 17:50:31	22,5	73
1770	2022-02-09 17:50:41	22,5	73
1771	2022-02-09 17:50:52	22,5	73
1772	2022-02-09 17:51:02	22,5	73
1773	2022-02-09 17:51:12	22,4	72
1774	2022-02-09 17:51:23	22,5	72
1775	2022-02-09 17:51:33	22,5	73
1776	2022-02-09 17:51:43	22,5	73
1777	2022-02-09 17:51:54	22,6	73
1778	2022-02-09 17:52:04	22,5	72
1779	2022-02-09 17:52:14	22,4	72
1780	2022-02-09 17:52:25	22,5	72
1781	2022-02-09 17:52:35	22,5	72
1782	2022-02-09 17:52:45	22,5	72
1783	2022-02-09 17:52:56	22,5	73
1784	2022-02-09 17:53:06	22,5	73
1785	2022-02-09 17:53:16	22,5	73
1786	2022-02-09 17:53:27	22,5	73
1787	2022-02-09 17:53:37	22,5	73
1788	2022-02-09 17:53:47	22,5	73
1789	2022-02-09 17:53:58	22,5	73
1790	2022-02-09 17:54:08	22,4	73
1791	2022-02-09 17:54:19	22,5	72
1792	2022-02-09 17:54:29	22,5	73
1793	2022-02-09 17:54:39	22,4	72
1794	2022-02-09 17:54:50	22,5	73
1795	2022-02-09 17:55:00	22,5	73
1796	2022-02-09 17:55:10	22,4	72
1797	2022-02-09 17:55:21	22,5	72
1798	2022-02-09 17:55:31	22,5	72
1799	2022-02-09 17:55:41	22,5	72
1800	2022-02-09 17:55:52	22,5	72
1801	2022-02-09 17:56:02	22,5	72
1802	2022-02-09 17:56:12	22,5	72
1803	2022-02-09 17:56:23	22,4	73
1804	2022-02-09 17:56:33	22,6	72
1805	2022-02-09 17:56:43	22,6	72

**ANEXO K: Imágenes de instalación de la estación meteorológica en campo**









# ANEXO L: Registro de mediciones de la estación meteorológica del aeródromo de Chachoan

DIRECCIÓN GENERAL DE AVIACIÓN CIVIL DIRECCIÓN REGIONAL 1 METEOROLOGÍA AERONÁUTICA R1		REGISTRO DIARIO DE OBSERVACIONES DE SUPERFICIE	
Dato Dirección General de Aviación Civil		eclabador Ecuador	
ESTACION: <i>Aeródromo Chachoan - SCAH-</i>		LONG: <i>78°24'</i> ELEV: <i>2512m</i>	
FECHA: <i>11/01/21</i>		FECHA: <i>11/01/21</i>	
PRESION ATMOSFERICA		TEMPERATURA Y HUMEDAD	
BAROMETRO		PSICROMETRO	
1 HORAS LOCALES	TERMOMETRO ADJUNTO	11 TERMOMETRO SECO	12 HUMEDAD RELATIVA
2 HORAS U.T.C.	LECTURA DEL BAROMETRO	13 TERMOMETRO HUMEDO	14 TENSION DEL VAPOR
3 °C	LECTURA CORREGIDA I.T.G.	15 %	15 TEMPERATURA PUNTO DE ROCIO
4	hPa	16	16 TERMÓGRAFO
5	hPa	17	17 HIGRÓGRAFO
6	hPa	18	18 DIRECCIÓN MEDIA
7	hPa	19	19 VELOCIDAD MEDIA
8	hPa	20	20 VELOCIDAD MÁXIMA
9	hPa	21	21 REINANTE
10	hPa	22	22 MÍNIMA
11	hPa	23	23 R.V.R.
12	hPa	24	24 TIEMPO PRESENTE
13	hPa	25	25 GÉNERO C <sub>1</sub>
14	hPa	26	26 GÉNERO C <sub>2</sub>
15	hPa	27	27 GÉNERO C <sub>3</sub>
16	hPa	28	28 CANTIDAD
17	hPa	29	29 GÉNERO
18	hPa	30	30 ALTURA
19	hPa	31	31 GÉNERO
20	hPa	32	32 ALTURA
21	hPa	33	33 NUBOSIDAD PARCIAL
22	hPa	34	34 CANTIDAD
23	hPa	35	35 GÉNERO
24	hPa	36	36 ALTURA
25	hPa	37	37 NUBOSIDAD PARCIAL
26	hPa	38	38 CANTIDAD
27	hPa	39	39 GÉNERO
28	hPa	40	40 ALTURA
29	hPa	41	41 NUBOSIDAD PARCIAL
30	hPa	42	42 CANTIDAD
31	hPa	43	43 GÉNERO
32	hPa	44	44 ALTURA
33	hPa	45	45 NUBOSIDAD TOTAL
34	hPa	46	46
35	hPa	47	47
36	hPa	48	48
37	hPa	49	49
38	hPa	50	50
39	hPa	51	51
40	hPa	52	52
41	hPa	53	53
42	hPa	54	54
43	hPa	55	55
44	hPa	56	56
45	hPa	57	57
46	hPa	58	58
47	hPa	59	59
48	hPa	60	60
49	hPa	61	61
50	hPa	62	62
51	hPa	63	63
52	hPa	64	64
53	hPa	65	65
54	hPa	66	66
55	hPa	67	67
56	hPa	68	68
57	hPa	69	69
58	hPa	70	70
59	hPa	71	71
60	hPa	72	72
61	hPa	73	73
62	hPa	74	74
63	hPa	75	75
64	hPa	76	76
65	hPa	77	77
66	hPa	78	78
67	hPa	79	79
68	hPa	80	80
69	hPa	81	81
70	hPa	82	82
71	hPa	83	83
72	hPa	84	84
73	hPa	85	85
74	hPa	86	86
75	hPa	87	87
76	hPa	88	88
77	hPa	89	89
78	hPa	90	90
79	hPa	91	91
80	hPa	92	92
81	hPa	93	93
82	hPa	94	94
83	hPa	95	95
84	hPa	96	96
85	hPa	97	97
86	hPa	98	98
87	hPa	99	99
88	hPa	100	100
89	hPa	101	101
90	hPa	102	102
91	hPa	103	103
92	hPa	104	104
93	hPa	105	105
94	hPa	106	106
95	hPa	107	107
96	hPa	108	108
97	hPa	109	109
98	hPa	110	110
99	hPa	111	111
100	hPa	112	112
101	hPa	113	113
102	hPa	114	114
103	hPa	115	115
104	hPa	116	116
105	hPa	117	117
106	hPa	118	118
107	hPa	119	119
108	hPa	120	120
109	hPa	121	121
110	hPa	122	122
111	hPa	123	123
112	hPa	124	124
113	hPa	125	125
114	hPa	126	126
115	hPa	127	127
116	hPa	128	128
117	hPa	129	129
118	hPa	130	130
119	hPa	131	131
120	hPa	132	132
121	hPa	133	133
122	hPa	134	134
123	hPa	135	135
124	hPa	136	136
125	hPa	137	137
126	hPa	138	138
127	hPa	139	139
128	hPa	140	140
129	hPa	141	141
130	hPa	142	142
131	hPa	143	143
132	hPa	144	144
133	hPa	145	145
134	hPa	146	146
135	hPa	147	147
136	hPa	148	148
137	hPa	149	149
138	hPa	150	150
139	hPa	151	151
140	hPa	152	152
141	hPa	153	153
142	hPa	154	154
143	hPa	155	155
144	hPa	156	156
145	hPa	157	157
146	hPa	158	158
147	hPa	159	159
148	hPa	160	160
149	hPa	161	161
150	hPa	162	162
151	hPa	163	163
152	hPa	164	164
153	hPa	165	165
154	hPa	166	166
155	hPa	167	167
156	hPa	168	168
157	hPa	169	169
158	hPa	170	170
159	hPa	171	171
160	hPa	172	172
161	hPa	173	173
162	hPa	174	174
163	hPa	175	175
164	hPa	176	176
165	hPa	177	177
166	hPa	178	178
167	hPa	179	179
168	hPa	180	180
169	hPa	181	181
170	hPa	182	182
171	hPa	183	183
172	hPa	184	184
173	hPa	185	185
174	hPa	186	186
175	hPa	187	187
176	hPa	188	188
177	hPa	189	189
178	hPa	190	190
179	hPa	191	191
180	hPa	192	192
181	hPa	193	193
182	hPa	194	194
183	hPa	195	195
184	hPa	196	196
185	hPa	197	197
186	hPa	198	198
187	hPa	199	199
188	hPa	200	200
189	hPa	201	201
190	hPa	202	202
191	hPa	203	203
192	hPa	204	204
193	hPa	205	205
194	hPa	206	206
195	hPa	207	207
196	hPa	208	208
197	hPa	209	209
198	hPa	210	210
199	hPa	211	211
200	hPa	212	212
201	hPa	213	213
202	hPa	214	214
203	hPa	215	215
204	hPa	216	216
205	hPa	217	217
206	hPa	218	218
207	hPa	219	219
208	hPa	220	220
209	hPa	221	221
210	hPa	222	222
211	hPa	223	223
212	hPa	224	224
213	hPa	225	225
214	hPa	226	226
215	hPa	227	227
216	hPa	228	228
217	hPa	229	229
218	hPa	230	230
219	hPa	231	231
220	hPa	232	232
221	hPa	233	233
222	hPa	234	234
223	hPa	235	235
224	hPa	236	236
225	hPa	237	237
226	hPa	238	238
227	hPa	239	239
228	hPa	240	240
229	hPa	241	241
230	hPa	242	242
231	hPa	243	243
232	hPa	244	244
233	hPa	245	245
234	hPa	246	246
235	hPa	247	247
236	hPa	248	248
237	hPa	249	249
238	hPa	250	250
239	hPa	251	251
240	hPa	252	252
241	hPa	253	253
242	hPa	254	254
243	hPa	255	255
244	hPa	256	256
245	hPa	257	257
246	hPa	258	258
247	hPa	259	259
248	hPa	260	260
249	hPa	261	261
250	hPa	262	262
251	hPa	263	263
252	hPa	264	264
253	hPa	265	265
254	hPa	266	266
255	hPa	267	267
256	hPa	268	268
257	hPa	269	269
258	hPa	270	270
259	hPa	271	271
260	hPa	272	272
261	hPa	273	273
262	hPa	274	274
263	hPa	275	275
264	hPa	276	276
265	hPa	277	277
266	hPa	278	278
267	hPa	279	279
268	hPa	280	280
269	hPa	281	281
270	hPa	282	282
271	hPa	283	283
272	hPa	284	284
273	hPa	285	285
274	hPa	286	286
275	hPa	287	287
276	hPa	288	288
277	hPa	289	289
278	hPa	290	290
279	hPa	291	291
280	hPa	292	292
281	hPa	293	293
282	hPa	294	294
283	hPa	295	295
284	hPa	296	296
285	hPa	297	297
286	hPa	298	298
287	hPa	299	299

## ANEXO M: Informe de la visita a la Estación Meteorológica Aeródromo “Chachoan”



# FUERZA AÉREA

## DIRECCIÓN DE DESARROLLO AEROESPACIAL

### CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO



Ambato, 31 de agosto de 2022

Asunto: Visita a la Estación Meteorológica Aeródromo “CHACHOAN”

Me permito informar a la Universidad Técnica del Norte que el día viernes 26 de agosto del 2022 a las 10:00 am llegaron dos estudiantes de la Universidad Técnica del Norte, procedieron a realizar la comparación de datos como son: temperatura, humedad, pluviosidad, dirección y velocidad del viento de nuestra estación meteorológica, mediante el cual lograron recopilar información y obtener los datos estadísticos de nuestro Aeródromo “CHACHOAN”.

Los termómetros de esta estación meteorológica para ser ubicados en la Garita Meteorológica están calibrados por Climatología para así obtener datos del Aeródromo.

Se contó con la presencia de dos estudiantes de la Universidad Técnica del Norte:

Mauricio Sebastián Armijos Benalcázar

Elvis Jordano Rojas Muñoz



escaneado por:  
ELIDA  
ELIZABETH  
YACHIMBA PILCO

Yachimba Pilco Elida  
Cbos. Téc. Avc.  
AYUDANTE DE METEOROLOGÍA AERONÁUTICA

**ANEXO N: Promedios diarios, semanales y mensuales**

Promedios de temperatura de agosto

Fecha	Promedio	Prom - Semanal	T-Máx	T-Min
30/07/2022	14,9224806		25	9
31/07/2022	14,0580357		24	7
<b>Semana 1</b>		<b>14,4902582</b>	<b>25</b>	<b>7</b>
1/08/2022	13,25		24	9
2/08/2022	16,04375		23	12
3/08/2022	14,3839286		22	10
4/08/2022	12,6117647		20	10
5/08/2022	15,3529412		23	11
6/08/2022	12,2578797		19	8
7/08/2022	12,4262295		22	6
<b>Semana 2</b>		<b>13,7609277</b>	<b>24</b>	<b>6</b>
8/08/2022	11,6939394		20	6
9/08/2022	11,8654545		19	8
10/08/2022	11,3668639		16	10
11/08/2022	12,7809524		19	10
12/08/2022	12,7051282		20	4
13/08/2022	13,9585799		24	1,3
14/08/2022	12,3652968		23	3
<b>Semana 3</b>		<b>12,3908879</b>	<b>24</b>	<b>2</b>
15/08/2022	13,8967391		23	7
16/08/2022	13,1132075		25	5
17/08/2022	15,3206522		38	6
18/08/2022	12,9615385		24	5
19/08/2022	13,3112033		24	7
20/08/2022	11,1442543		17	10
21/08/2022	11,9230769		17	10
<b>Semana 4</b>		<b>13,0958103</b>	<b>38</b>	<b>5</b>
22/08/2022	11,7914692		18	4
23/08/2022	10,3015873		21	1,9
24/08/2022	10,9384615		21	2,9
25/08/2022	12,0409836		38	6
26/08/2022	11,9485714		25	6
27/08/2022	11,5115207		21	6
28/08/2022	12,8167331		19	10
<b>Semana 5</b>		<b>11,6213324</b>	<b>38</b>	<b>2</b>
29/08/2022	10,8186528		16	9
30/08/2022	10,1796247		13	9
31/08/2022	12,1948718		19	8
<b>Semana 6</b>		<b>11,0643831</b>	<b>19</b>	<b>8</b>
<b>Mes de Agosto</b>		<b>12,7372666</b>	<b>38</b>	<b>1,3</b>

Promedios de humedad de agosto

Fecha	Promedio	Prom - Semanal	H-Máx	H-Min
30/07/2022	70,8756928		93	43
31/07/2022	83,6082652		100	28
<b>Semana 1</b>		<b>77,241979</b>	<b>100</b>	<b>28</b>
1/08/2022	86,3246587		100	54
2/08/2022	86,1055105		100	53
3/08/2022	86,96521		100	56
4/08/2022	93,5759931		100	63
5/08/2022	93,5795357		100	58
6/08/2022	91,5711813		100	66
7/08/2022	86,2076988		100	57
<b>Semana 2</b>		<b>89,1899697</b>	<b>100</b>	<b>53</b>
8/08/2022	88,6161746		100	33
9/08/2022	94,0016964		100	68
10/08/2022	97,783909		100	78
11/08/2022	98,1982021		100	68
12/08/2022	81,2229816		100	48
13/08/2022	72,7903365		100	33
14/08/2022	80,5204125		100	45
<b>Semana 3</b>		<b>87,5905304</b>	<b>100</b>	<b>33</b>
15/08/2022	89,2557643		100	58
16/08/2022	85,5359897		100	50
17/08/2022	82,3426819		100	45
18/08/2022	83,0661445		100	43
19/08/2022	83,8006095		100	53
20/08/2022	99,0762066		100	83
21/08/2022	99,7912932		100	88
<b>Semana 4</b>		<b>88,9812414</b>	<b>100</b>	<b>43</b>
22/08/2022	95,7772982		100	70
23/08/2022	84,9306459		100	51
24/08/2022	86,7114967		100	51
25/08/2022	88,2050298		100	50
26/08/2022	90,8875441		100	52
27/08/2022	89,4583691		100	55
28/08/2022	96,5828646		100	73
<b>Semana 5</b>		<b>90,3647498</b>	<b>100</b>	<b>50</b>
29/08/2022	99,9995716		100	99
30/08/2022	100		100	100
31/08/2022	99,4421236		100	72
<b>Semana 6</b>		<b>99,8138984</b>	<b>100</b>	<b>72</b>
<b>Mes de Agosto</b>		<b>88,8637281</b>	<b>100</b>	<b>33</b>

Promedios de nubosidad, dirección y velocidad del viento de agosto

Fecha	Promedio	Prom - Semanal	V-Máx	V-Min	Dirección del Viento	Nubosidad
30/07/2022	35,330709		95,9069	0,6653	NORESTE	Despejado
31/07/2022	37,2554434		95,9069	0,6653	SUROESTE	Nublado
<b>Semana 1</b>		<b>36,2930762</b>	95,9069	0,6653	SURESTE	Despejado
1/08/2022	32,8980416		95,9069	0,6653	SURESTE	Nublado
2/08/2022	38,1239471		95,9069	0,6653	SURESTE	Despejado
3/08/2022	37,094616		95,9069	0,6653	SURESTE	Despejado
4/08/2022	34,7210868		95,9069	0,6653	SURESTE	Despejado
5/08/2022	35,7661309		95,9069	0,6653	SURESTE	Despejado
6/08/2022	38,764453		95,9069	0,6653	SURESTE	Despejado
7/08/2022	34,3271839		95,9069	0,6653	SURESTE	Nublado
<b>Semana 2</b>		<b>35,9564942</b>	<b>95,9069</b>	<b>0,6653</b>	<b>SURESTE</b>	<b>Despejado</b>
8/08/2022	36,7387421		95,9069	0,6653	SURESTE	Despejado
9/08/2022	36,5030919		95,9069	0,6653	SURESTE	Nublado
10/08/2022	40,2813339		95,9069	0,6653	SURESTE	Nublado
11/08/2022	36,0201026		95,9069	0,6653	SURESTE	Nublado
12/08/2022	34,9486141		95,9069	0,6653	SURESTE	Nublado
13/08/2022	33,5394557		95,9069	0,6653	SUROESTE	Nublado
14/08/2022	35,2765085		95,9069	0,6653	SUROESTE	Despejado
<b>Semana 3</b>		<b>36,1868356</b>	<b>95,9069</b>	<b>0,6653</b>	<b>SURESTE</b>	<b>Nublado</b>
15/08/2022	36,6316757		95,9069	0,6653	SURESTE	Nublado
16/08/2022	33,5292751		95,9069	0,6653	SURESTE	Nublado
17/08/2022	37,9256628		23,3287	0,6653	SURESTE	Nublado
18/08/2022	34,5314734		95,9069	0,6653	SURESTE	Despejado
19/08/2022	39,5691176		95,9069	0,6653	SURESTE	Despejado
20/08/2022	38,2284575		95,9069	1,1578	SURESTE	Despejado
21/08/2022	34,1095136		95,9069	0,6653	SUROESTE	Despejado
<b>Semana 4</b>		<b>36,3607394</b>	<b>95,9069</b>	<b>0,6653</b>	<b>SURESTE</b>	<b>Despejado</b>
22/08/2022	32,2649193		95,9069	0,6653	SURESTE	Nublado
23/08/2022	32,9672816		95,9069	0,6653	SURESTE	Nublado
24/08/2022	36,8063951		95,9069	0,6653	SUROESTE	Nublado
25/08/2022	32,8660973		95,9069	0,6653	SUROESTE	Despejado
26/08/2022	32,1836199		95,9069	0,6653	SUROESTE	Nublado
27/08/2022	34,0173919		95,9069	0,6653	SURESTE	Despejado
28/08/2022	34,8113192		95,9069	0,6653	SURESTE	Nublado
<b>Semana 5</b>		<b>33,7024321</b>	<b>95,9069</b>	<b>0,6653</b>	<b>SURESTE</b>	<b>Nublado</b>
29/08/2022	37,1081014		95,9069	0,6653	SURESTE	Nublado
30/08/2022	37,5030319		95,9069	0,6653	SURESTE	Nublado
31/08/2022	33,0019039		95,9069	0,6653	SURESTE	Despejado
<b>Semana 6</b>		<b>35,8710124</b>	<b>95,9069</b>	<b>0,6653</b>	<b>SURESTE</b>	<b>Nublado</b>
<b>Mes de Agosto</b>		<b>35,7284316</b>	<b>95,9069</b>	<b>0,6653</b>	<b>SURESTE</b>	<b>Nublado</b>

Promedios de temperatura de septiembre

Fecha	Promedio	Prom - Semanal	T-Máx	T-Min
1/09/2022	13,492		24	6
2/09/2022	12,6401674		25	4,6
3/09/2022	12,2804878		17	10
4/09/2022	10,6812227		15	9
<b>Semana 1</b>		<b>12,2734695</b>	<b>25</b>	<b>5</b>
5/09/2022	10,1666667		13	9
6/09/2022	11,4939024		18	7
7/09/2022	10,6915888		18	7
8/09/2022	13,2475728		25	4,2
9/09/2022	13,6896552		22	4,4
10/09/2022	10,156584		17,836	9
11/09/2022	8,86366439		14,994	2,548
<b>Semana 2</b>		<b>11,1870906</b>	<b>17,836</b>	<b>2,548</b>
12/09/2022	10,367		21,952	1,764
13/09/2022	11,465		22,932	2,548
14/09/2022	11,279		42,826	4,018
15/09/2022	10,9380918		20,188	4,312
16/09/2022	9,378		15,092	6,566
17/09/2022	10,478		20,972	4,312
18/09/2022	10,761		20,972	4,312
<b>Semana 3</b>		<b>10,6665845</b>	<b>42,826</b>	<b>1,764</b>
19/09/2022	10,413		21,266	1,568
20/09/2022	10,606		41,2286	3,038
21/09/2022	11,01		21,756	2,646
22/09/2022	10,896		22,148	1,568
23/09/2022	11,276		31,654	6,272
24/09/2022	9,634		33,026	4,606
25/09/2022	10,857		22,736	3,234
<b>Semana 4</b>		<b>10,6702857</b>	<b>41,2286</b>	<b>1,568</b>
26/09/2022	10,742		21,952	2,156
27/09/2022	11,097		21,756	1,078
28/09/2022	11,002		21,756	2,548
29/09/2022	10,479		19,992	4,508
30/09/2022	10,944		23,324	2,842
<b>Semana 5</b>		<b>10,8528</b>	<b>23,324</b>	<b>1,078</b>
<b>Mes de mayo</b>		<b>11,1300461</b>	<b>41,2286</b>	<b>1,078</b>

Promedios de humedad de septiembre

Fecha	Promedio	Prom - Semanal	H-Máx	H-Min
1/09/2022	84,777342		100	53
2/09/2022	86,3834264		100	51
3/09/2022	100		100	100
4/09/2022	36,5178537		99,9770959	94
<b>Semana 1</b>		<b>76,9196555</b>	<b>100</b>	<b>51</b>
5/09/2022	100		100	100
6/09/2022	92,5550775		100	65
7/09/2022	94,6863167		100	65
8/09/2022	82,4740484		100	49
9/09/2022	84,2783595		100	49
10/09/2022	92,8483801		100	70
11/09/2022	88,2541703		90	51
<b>Semana 2</b>		<b>90,7280504</b>	<b>100</b>	<b>49</b>
12/09/2022	75,4973868		90	41
13/09/2022	71,5115167		90	29
14/09/2022	79,240917		90	43
15/09/2022	83,376131		90	50
16/09/2022	89,8144854		90	84
17/09/2022	87,7533362		90	63
18/09/2022	76,1634241		90	63
<b>Semana 3</b>		<b>80,4795996</b>	<b>90</b>	<b>29</b>
19/09/2022	75,0344234		90	35
20/09/2022	76,1763432		90	42
21/09/2022	76,2448891		90	48
22/09/2022	75,3534223		90	44
23/09/2022	80,2801358		90	39
24/09/2022	87,976405		90	63
25/09/2022	78,9652956		90	31
<b>Semana 4</b>		<b>78,5758449</b>	<b>90</b>	<b>31</b>
26/09/2022	79,5807146		90	51
27/09/2022	76,6318055		90	46
28/09/2022	80,9961473		90	43
29/09/2022	83,0463519		90	43
30/09/2022	79,0552438		90	42
<b>Semana 5</b>		<b>79,8620526</b>	<b>90</b>	<b>42</b>
<b>Mes de mayo</b>		<b>81,3130406</b>	<b>100</b>	<b>29</b>

Promedios de nubosidad, dirección y velocidad del viento de septiembre

Fecha	Promedio	Prom - Semanal	V-Máx	V-Min	Nubosidad	Dirección del viento
1/09/2022	37,0299478		95,9069	0,6653	Despejado	SUROESTE
2/09/2022	38,3798445		95,9069	0,6653	Nublado	SUROESTE
3/09/2022	36,5178537		95,9069	0,6653	Despejado	SUROESTE
4/09/2022	34,226689		95,9069	0,6653	Despejado	SUROESTE
<b>Semana 1</b>		<b>36,5385838</b>	<b>95,9069</b>	<b>0,6653</b>	<b>Despejado</b>	<b>SUROESTE</b>
5/09/2022	33,5608297		95,9069	0,6653	Nublado	SUROESTE
6/09/2022	35,8086589		95,9069	0,6653	Nublado	SUROESTE
7/09/2022	34,4212358		95,9069	0,6653	Despejado	SUROESTE
8/09/2022	33,4190516		95,9069	0,6653	Nublado	SUROESTE
9/09/2022	35,0013089		95,9069	0,6653	Nublado	SUROESTE
10/09/2022	39,4243204		95,9069	0,6653	Despejado	SURESTE
11/09/2022	36,2683071		95,9069	0,6653	Nublado	SURESTE
<b>Semana 2</b>		<b>35,4148161</b>	<b>95,9069</b>	<b>0,6653</b>	<b>Nublado</b>	<b>SUROESTE</b>
12/09/2022	35,982192		95,9069	0,6653	Nublado	SUROESTE
13/09/2022	34,7736772		95,9069	0,6653	Nublado	SUROESTE
14/09/2022	35,2152397		95,9069	0,6653	Despejado	SUROESTE
15/09/2022	37,7391113		95,9069	0,6653	Despejado	SURESTE
16/09/2022	35,4845549		95,9069	0,6653	Despejado	SURESTE
17/09/2022	32,4812652		95,9069	0,6653	Nublado	SUROESTE
18/09/2022	34,9560968		95,9069	0,6653	Nublado	SUROESTE
<b>Semana 3</b>		<b>35,2331624</b>	<b>95,9069</b>	<b>0,6653</b>	<b>Nublado</b>	<b>SUROESTE</b>
19/09/2022	31,7273448		95,9069	0,6653	Nublado	SUROESTE
20/09/2022	32,802874		95,9069	0,6653	Nublado	SUROESTE
21/09/2022	33,7198696		95,9069	0,6653	Nublado	SUROESTE
22/09/2022	36,2667715		95,9069	0,6653	Nublado	SUROESTE
23/09/2022	39,1699629		95,9069	0,6653	Nublado	SUROESTE
24/09/2022	31,6545055		95,9069	0,6653	Nublado	SURESTE
25/09/2022	34,7751079		95,9069	0,6653	Nublado	SUROESTE
<b>Semana 4</b>		<b>34,302348</b>	<b>95,9069</b>	<b>0,6653</b>	<b>Nublado</b>	<b>SUROESTE</b>
26/09/2022	33,8134548		95,0429	0,6653	Nublado	SUROESTE
27/09/2022	35,9227492		95,0429	0,6653	Nublado	SUROESTE
28/09/2022	36,7738165		95,0429	0,6653	Nublado	SUROESTE
29/09/2022	37,36877		95,0429	0,6653	Despejado	SUROESTE
30/09/2022	36,5361212		95,0429	1,1578	Nublado	SUROESTE
<b>Semana 5</b>		<b>36,0829823</b>	<b>95,0429</b>	<b>0,6653</b>	<b>Nublado</b>	<b>SUROESTE</b>
<b>Mes de Septiembre</b>		<b>35,5143785</b>	<b>95,0429</b>	<b>0,6653</b>	<b>Nublado</b>	<b>SUROESTE</b>

Promedios de temperatura de octubre

Fecha	Promedio	Prom - Semanal	T-Máx	T-Min
1/10/2022	9,06		17,05	5,29
2/10/2022	9,369		18,71	4,01
3/10/2022	10,845		20,87	6,46
4/10/2022	10,187		19,89	3,52
<b>Semana 1</b>		<b>9,86525</b>	<b>20,87</b>	<b>3,52</b>
5/10/2022	10,718		22,93	1,56
6/10/2022	11,033		26,55	30,38
7/10/2022	11,745		22,44	5,292
8/10/2022	9,315		12,93	6,46
9/10/2022	10,101		18,81	2,25
10/10/2022	10,815		20,18	1,078
11/10/2022	8,83		17,83	2,15
<b>Semana 2</b>		<b>10,36528571</b>	<b>26,55</b>	<b>1,078</b>
12/10/2022	11,929		23,12	2,05
13/10/2022	12,445		23,22	3,03
14/10/2022	13,519		24,402	6,76
15/10/2022	9,732		15,09	4,99
16/10/2022	10,898		20,28	3,52
17/10/2022	12,521		23,91	4,6
18/10/2022	12,858		22,24	8,42
<b>Semana 3</b>		<b>11,986</b>	<b>24,402</b>	
19/10/2022	10,586		17,93	7,15
20/10/2022	11,395		22,14	6,66
21/10/2022	13,382		22,93	7,05
22/10/2022	12,628		23,61	8,42
23/10/2022	13,314		23,12	8,52
24/10/2022	11,357		21,46	6,17
25/10/2022	11,778		21,46	7,44
<b>Semana 4</b>		<b>12,06285714</b>	<b>23,12</b>	
26/10/2022	12,458		26,85	8,23
27/10/2022	12,223		23,61	6,07
28/10/2022	10,825		18,52	4,01
29/10/2022	11,878		23,32	2,84
30/10/2022	11,463		25,28	1,86
31/10/2022	10,93		23,12	0,882
<b>Semana 5</b>		<b>11,6295</b>	<b>26,85</b>	<b>0,882</b>
<b>Octubre</b>		<b>11,18177857</b>	<b>26,85</b>	<b>0,882</b>

Promedios de humedad de octubre

Fecha	Promedio	Prom - Semanal	H-Máx	H-Min
1/10/2022	89,111632		90	69
2/10/2022	87,489953		90	57
3/10/2022	85,192823		90	58
4/10/2022	85,08319		90	56
<b>Semana 1</b>		<b>86,719399</b>	<b>90</b>	<b>56</b>
5/10/2022	76,859408		90	46
6/10/2022	80,409659		90	40
7/10/2022	81,575372		90	26
8/10/2022	90		90	90
9/10/2022	87,133769		90	59
10/10/2022	83,650368		90	50
11/10/2022	90		90	90
<b>Semana 2</b>		<b>84,232654</b>	<b>90</b>	<b>26</b>
12/10/2022	89,562552		90	81
13/10/2022	89,478783		90	81
14/10/2022	89,62361		90	44
15/10/2022	90		90	90
16/10/2022	90		90	90
17/10/2022	89,985458		90	86
18/10/2022	90		90	90
<b>Semana 3</b>		<b>89,8072</b>	<b>90</b>	<b>44</b>
19/10/2022	90		90	90
20/10/2022	90		90	90
21/10/2022	90		90	90
22/10/2022	90		90	90
23/10/2022	90		90	90
24/10/2022	90		90	90
25/10/2022	90		90	90
<b>Semana 4</b>		<b>90</b>	<b>90</b>	<b>90</b>
26/10/2022	89,97914		90	83
27/10/2022	90		90	90
28/10/2022	90		90	90
29/10/2022	89,902355		90	85
30/10/2022	87,439648		90	60
31/10/2022	87,427029		90	54
<b>Semana 5</b>		<b>89,124695</b>	<b>90</b>	<b>54</b>
<b>Octubre</b>		<b>87,97679</b>	<b>90</b>	<b>26</b>

Promedios de nubosidad, dirección y velocidad del viento de octubre

Fecha	Promedio	Prom - Semanal	V-Máx	V-Min	Nubosidad	Dirección del viento
1/10/2022	37,039954		38,0172	0,6653	Despejado	Suroeste
2/10/2022	35,682505		95,0429	0,6653	Nublado	Sureste
3/10/2022	36,138363		95,0429	0,6653	Despejado	Sureste
4/10/2022	35,922536		95,9069	1,1578	Despejado	Suroeste
<b>Semana 1</b>		<b>36,19584</b>	<b>95,0429</b>	<b>0,6653</b>	<b>Despejado</b>	<b>Suroeste</b>
5/10/2022	35,339245		95,9069	0,6653	Nublado	Suroeste
6/10/2022	159,02244		155,526	0,6653	Nublado	Suroeste
7/10/2022	38,52315		95,9069	0,6653	Despejado	Suroeste
8/10/2022	10,384221		21,6007	0,6653	Despejado	Suroeste
9/10/2022	37,123862		95,9069	1,1578	Nublado	Suroeste
10/10/2022	40,142292		95,0429	0,6653	Nublado	Suroeste
11/10/2022	38,145595		95,0429	0,6653	Nublado	Suroeste
<b>Semana 2</b>			<b>51,240114</b>	<b>95,0429</b>	<b>0,6653</b>	<b>Nublado</b>
12/10/2022	36,542748		95,9069	0,6653	Nublado	Suroeste
13/10/2022	34,29813		95,9069	0,6653	Nublado	Suroeste
14/10/2022	36,652717		95,9069	0,6653	Nublado	Suroeste
15/10/2022	34,832327		95,0429	0,6653	Despejado	Suroeste
16/10/2022	34,332761		95,9069	0,6653	Nublado	Suroeste
17/10/2022	35,501613		95,0429	0,6653	Nublado	Suroeste
18/10/2022	33,565127		95,9069	0,6653	Despejado	Sureste
<b>Semana 3</b>		<b>35,103632</b>	<b>95,9069</b>	<b>0,6653</b>	<b>Nublado</b>	<b>Suroeste</b>
19/10/2022	31,081434		93,3148	0,6653	Despejado	Sureste
20/10/2022	30,940764		95,9069	0,6653	Despejado	Suroeste
21/10/2022	35,514203		95,9069	0,6653	Nublado	Suroeste
22/10/2022	33,481399		95,9069	0,6653	Nublado	Suroeste
23/10/2022	34,286984		95,9069	0,6653	Despejado	Suroeste
24/10/2022	34,836262		95,9069	0,6653	Despejado	Noroeste
25/10/2022	33,350874		95,9069	0,6653	Despejado	Suroeste
<b>Semana 4</b>			<b>33,355989</b>	<b>95,9069</b>	<b>0,6653</b>	<b>Despejado</b>
26/10/2022	32,389876		95,9069	0,6653	Nublado	Suroeste
27/10/2022	33,560727		95,9069	0,6653	Nublado	Suroeste
28/10/2022	31,69949		95,9069	0,6653	Despejado	Suroeste
29/10/2022	36,45006		95,9069	0,6653	Nublado	Suroeste
30/10/2022	34,28183		95,9069	0,6653	Nublado	Suroeste
31/10/2022	32,966452		95,9069	0,6653	Nublado	Suroeste
<b>Semana 5</b>		<b>33,558073</b>	<b>95,9069</b>	<b>0,6653</b>	<b>Nublado</b>	<b>Suroeste</b>
<b>Octubre</b>		<b>37,890729</b>	<b>95,9069</b>	<b>0,6653</b>	<b>Nublado</b>	<b>Suroeste</b>

Promedios de temperatura de noviembre

Fecha	Promedio	Prom - Semanal	T-Máx	T-Min
1/11/2022	12,37		23,128	4,802
2/11/2022	9,046		14,504	5,978
3/11/2022	9,11		19,19	4,018
4/11/2022	10,581		21,46	4,8
<b>Semana 1</b>		<b>10,27675</b>	<b>23,128</b>	<b>4,018</b>
5/11/2022	12,098		22,736	3,33
6/11/2022	11,712		22,442	4,7
7/11/2022	12,211		23,422	3,234
8/11/2022	13,147		23,618	8,03
9/11/2022	12,716		22,73	7,546
10/11/2022	11,659		22,83	77,056
11/11/2022	11,894		22,73	3,23
<b>Semana 2</b>			<b>12,205286</b>	<b>23,618</b>
12/11/2022	11,528		23,42	45,08
13/11/2022	12,482		11,14	2,84
14/11/2022	12,185		21,952	6,95
15/11/2022	11,01		19,5	7,93
16/11/2022	9,725		13,81	8,24
17/11/2022	9,238		15,092	4,6
18/11/2022	10,243		20,38	2,35
<b>Semana 3</b>			<b>10,915857</b>	<b>21,952</b>
19/11/2022	12,622		20,38	2,352
20/11/2022	11,74		24,1	7,93
21/11/2022	11,738		21,16	6,76
22/11/2022	11,665		22,44	2,84
23/11/2022	9,301		30,96	1,56
24/11/2022	11,03		21,46	1,27
25/11/2022	11,293		19,92	7,44
<b>Semana 4</b>		<b>11,341286</b>	<b>30,96</b>	<b>1,56</b>
26/11/2022	9,856		19,01	5,09
27/11/2022	11,96		33,9	3,82
28/11/2022	10,536		37,82	4,21
29/11/2022	12,326		22,14	5,78
30/11/2022	12,11		24,4	2,64
<b>Semana 5</b>			<b>11,3576</b>	<b>37,82</b>
<b>Noviembre</b>		<b>11,219356</b>	<b>37,82</b>	<b>1,27</b>

Promedios de humedad de noviembre

Fecha	Promedio	Prom - Semanal	H-Máx	H-Min
1/11/2022	89,992245		90	78
2/11/2022	90		90	90
3/11/2022	90		90	90
4/11/2022	90		90	90
<b>Semana 1</b>		<b>89,998061</b>	<b>90</b>	<b>78</b>
5/11/2022	89,789991		90	83
6/11/2022	89,989257		90	87
7/11/2022	88,802141		90	72
8/11/2022	89,384255		90	81
9/11/2022	89,949167		90	86
10/11/2022	89,978788		90	87
11/11/2022	90		90	90
<b>Semana 2</b>		<b>89,699086</b>	<b>90</b>	
12/11/2022	90		90	90
13/11/2022	89,643936		90	79
14/11/2022	90		90	90
15/11/2022	90		90	90
16/11/2022	90		90	90
17/11/2022	90		90	90
18/11/2022	89,990304		90	67
<b>Semana 3</b>		<b>89,947749</b>	<b>90</b>	<b>67</b>
19/11/2022	89,998714		90	67
20/11/2022	90		90	90
21/11/2022	90		90	90
22/11/2022	90		90	90
23/11/2022	90		90	90
24/11/2022	90		90	90
25/11/2022	90		90	90
<b>Semana 4</b>		<b>89,999816</b>	<b>90</b>	<b>67</b>
26/11/2022	90		90	90
27/11/2022	90		90	90
28/11/2022	90		90	90
29/11/2022	90		90	90
30/11/2022	89,381771		90	79
<b>Semana 5</b>		<b>89,876354</b>	<b>90</b>	<b>79</b>
<b>Noviembre</b>		<b>89,904213</b>	<b>90</b>	<b>67</b>

Promedios de nubosidad, dirección y velocidad del viento de noviembre

Fecha	Promedio	Prom - Semanal	V-Máx	V-Min	Nubosidad	Dirección del viento
1/11/2022	52,8383289		66,53	0,6653	Despejado	Suroeste
2/11/2022	33,9973816		95,9069	0,6653	Despejado	Suroeste
3/11/2022	23,06293		34,5611	0,6653	Despejado	Suroeste
4/11/2022	35,6479886		95,9069	0,6653	Despejado	Suroeste
<b>Semana 1</b>	<b>36,386657</b>	<b>36,386657</b>	<b>95,9069</b>	<b>0,6653</b>	<b>Despejado</b>	<b>Suroeste</b>
5/11/2022	38,6734276		95,9069	0,6653	Nublado	Suroeste
6/11/2022	37,031149		95,9069	0,6653	Nublado	Suroeste
7/11/2022	38,4111617		95,9069	0,6653	Nublado	Suroeste
8/11/2022	34,4999132		95,9069	0,6653	Nublado	Suroeste
9/11/2022	32,697502		95,9069	0,6653	Nublado	Suroeste
10/11/2022	32,998638		95,9069	0,6653	Nublado	Suroeste
11/11/2022	33,662133		95,9069	0,6653	Nublado	Suroeste
<b>Semana 2</b>			<b>35,424846</b>	<b>95,9069</b>	<b>0,6653</b>	<b>Nublado</b>
12/11/2022	33,67938		95,9069	0,6653	Nublado	Suroeste
13/11/2022	35,9169192		95,9069	0,6653	Nublado	Suroeste
14/11/2022	35,4173811		95,9069	0	Nublado	Noreste
15/11/2022	37,7725646		95,9069	0,6653	Despejado	Sureste
16/11/2022	37,2356349		95,9069	0,6653	Nublado	Sureste
17/11/2022	31,5781872		95,9069	0,6653	Despejado	Suroeste
18/11/2022	138,050683		120,965	0,6653	Despejado	Suroeste
<b>Semana 3</b>			<b>49,950107</b>	<b>120,965</b>	<b>0</b>	<b>Nublado</b>
19/11/2022	36,096601		120,965	0,6653	Nublado	Suroeste
20/11/2022	32,8618474		95,9069	0,6653	Despejado	Suroeste
21/11/2022	35,1253015		95,0429	0,6653	Nublado	Suroeste
22/11/2022	35,697985		95,0429	0,6653	Nublado	Suroeste
23/11/2022	30,753569		95,9069	1,1578	Nublado	Suroeste
24/11/2022	34,8999024		95,9069	0,6653	Nublado	Suroeste
25/11/2022	37,6091168		95,9069	0,6653	Despejado	Suroeste
<b>Semana 4</b>			<b>34,720618</b>	<b>95,9069</b>	<b>0,6653</b>	<b>Nublado</b>
26/11/2022	32,7565828		95,0429	0,6653	Nublado	Suroeste
27/11/2022	35,210149		95,9069	0,6653	Despejado	Suroeste
28/11/2022	35,2552636		95,9069	0,6653	Nublado	Suroeste
29/11/2022	38,1334949		95,9069	0,6653	Nublado	Suroeste
30/11/2022	35,8857362		95,9069	0,6653	Nublado	Suroeste
<b>Semana 5</b>			<b>35,448245</b>	<b>95,9069</b>	<b>0,6653</b>	<b>Nublado</b>
<b>Noviembre</b>		<b>38,386095</b>	<b>120,965</b>	<b>0</b>	<b>Nublado</b>	<b>Suroeste</b>

**ANEXO O: Mediciones de las 10:45am y 11:45am realizadas en Chachoan**

TIME	TEMPERATURA	HUMEDAD	VELOCIDAD DEL VIENTO	DIRECCIÓN DEL VIENTO
26/08/2022 10:06:31	16,1	75	1,2874	5
26/08/2022 10:07:01	15,9	75	12,9604	1
26/08/2022 10:08:02	15,7	75	27,6488	6
26/08/2022 10:08:32	15,6	76	0,9504	6
26/08/2022 10:09:02	15,7	77	42,3373	5
26/08/2022 10:09:32	15,6	78	12,0964	7
26/08/2022 10:10:01	15,5	78	24,1927	5
26/08/2022 10:11:02	15.4	78	43,2013	5
26/08/2022 10:11:32	15.3	79	6,3938	3
26/08/2022 10:12:02	15.3	79	42,3373	3
26/08/2022 10:12:32	15.3	78	43,2013	5
26/08/2022 10:13:02	15.3	78	49,2495	5
26/08/2022 10:13:32	15.2	78	38,0172	5
26/08/2022 10:14:01	15.1	79	19,0086	3
26/08/2022 10:14:31	15.1	79	58,7538	6
26/08/2022 10:15:02	15.3	79	25,0568	5
26/08/2022 10:15:32	15.4	78	50,1135	6
26/08/2022 10:16:02	15.6	77	22,4647	6
26/08/2022 10:16:32	15.7	79	72,5782	5
26/08/2022 10:17:02	15.8	78	0,6653	5
26/08/2022 10:18:01	16	78	54,4337	5
26/08/2022 10:18:31	16.1	78	12,9604	5
26/08/2022 10:19:01	16.3	78	25,9208	3
26/08/2022 10:19:31	16.2	78	38,0172	3
26/08/2022 10:20:02	16.3	78	41,4733	6
26/08/2022 10:20:32	16.5	78	28,5129	3
26/08/2022 10:21:02	16.6	78	29,3769	6
26/08/2022 10:21:32	16.9	77	29,3769	6
26/08/2022 10:23:01	16.9	77	60,4818	2
26/08/2022 10:24:31	17	78	35,4251	8
26/08/2022 10:25:32	17.2	78	28,5129	1
26/08/2022 10:26:02	17.5	78	54,4337	6
26/08/2022 10:26:32	17.5	78	41,4733	8
26/08/2022 10:27:01	17.2	78	0.777624	8
26/08/2022 10:27:31	17.3	77	0.691221	7
26/08/2022 10:28:01	17.1	77	0.950429	8
26/08/2022 10:28:31	16.9	77	73,4422	3
26/08/2022 10:29:02	16.6	77	34,5611	5
26/08/2022 10:29:32	16	74	29,3769	6
26/08/2022 10:30:02	16.1	73	60,4818	5

26/08/2022 10:30:32	16.1	73	57,0257	5
26/08/2022 10:31:01	16.1	75	48,3855	5
26/08/2022 10:31:31	16.2	72	41,4733	6
26/08/2022 10:32:01	16.2	72	41,4733	6
26/08/2022 10:32:31	16.6	72	13,8244	5
26/08/2022 10:33:02	16.6	72	12,9604	4
26/08/2022 10:33:32	16.5	72	25,9208	8
26/08/2022 10:34:02	16.6	74	69,9861	5
26/08/2022 10:34:32	16.6	73	50,9776	6
26/08/2022 10:35:01	16.7	73	38,8812	2
26/08/2022 10:36:01	15	74	51,8416	5
26/08/2022 10:36:31	15	74	6,4802	3
26/08/2022 10:37:02	15.1	74	51,8416	5
26/08/2022 10:39:02	15.1	74	6,4802	6
26/08/2022 10:39:32	17.8	74	74,3063	6
26/08/2022 10:40:02	17.8	75	6,4802	5
26/08/2022 10:40:32	15.9	74	49,2495	2
26/08/2022 10:41:01	16	74	36,2891	8
26/08/2022 10:41:31	16	74	10,8003	5
26/08/2022 10:42:01	16	75	29,3769	8
26/08/2022 10:42:31	16	74	74,3063	6
26/08/2022 10:43:31	15.9	75	74,3063	6
26/08/2022 10:44:02	15.8	75	73,4422	3

## ANEXO P: Documentos de la Estación Meteorológica "UNACEM"



Otavalo, 24 de enero de 2023

**Asunto:** Visita a la Estación Meteorológica de la planta cementera "UNACEM"

Me permito informar a la Universidad Técnica del Norte que el día martes 22 de marzo del 2022 a las 09:00 am se recibió la visita de los estudiantes Mauricio Sebastián Armijos Benalcázar y Elvis Jordano Rojas Muñoz, para realizar la comparación de datos meteorológicos como: temperatura, humedad, dirección y velocidad del viento de nuestra estación meteorológica, mediante el cual lograron recopilar información y obtener los datos estadísticos de nuestra estación.

Los sensores de esta estación meteorológica son propiedad de la empresa Estudios y Servicios Ambientales ESSAM Cía. Ltda., la cual presta el servicio de arrendamiento de la estación meteorológica Davis Vantage 2TM, ubicada en la planta de procesamiento de cemento.

Mgs. Silvana Báez S.  
Coordinadora de Ambiente Operativo  
UNACEM ECUADOR S.A.



Quito, 25 de enero de 2023

## CERTIFICACION DE SERVICIOS

Ref.: Of - 05 - 2023

ESSAM Cia. Ltda., tiene el agrado de certificar a la empresa UNACEM Cementos S.A. que los servicios profesionales de adquisición de datos brindados son completamente fiables y con transparencia en la obtención e interpretación de resultados. Mismos que están avalados por los Laboratorios Ambientales ANNCY Cia. Ltda., con los cuales ESSAM tiene convenios y son acreditados por la Secretaria de Acreditación Ecuatoriana (SAE).

*"Arrendamiento estación meteorológica - Procesamiento datos meteorológicos y opciones de acceso a la información"*

  
**Ing. Gabriel Roboa G**  
**Gerente General**  
ESSAM Cia. Ltda.

**Av. 6 diciembre N39-66 y Hugo Moncayo**  
**Edificio Unicarnio, oficina 801.A**  
**Teléfono: 0987197910**  
**Quito - Ecuador**

## CERTIFICADO DE ACREDITACIÓN

### LABANNCY CÍA. LTDA.



Acreditación N° SAE LEN 18-014  
LABORATORIO DE ENSAYOS

QUITO-ECUADOR

Se encuentra acreditado por el Servicio de Acreditación Ecuatoriano en cumplimiento con los requisitos establecidos en la Norma NTE – INEN ISO/IEC 17025:2006 "Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración", equivalente a la Norma ISO/IEC 17025:2005 y con los criterios y procedimientos de acreditación del SAE.

Esta acreditación demuestra la competencia técnica para la ejecución de los ensayos conforme se detalla en el Alcance de Acreditación\*, que se realizan en las localizaciones identificadas en el mismo.



Eco. Johana Zapata Maldonado  
DIRECTORA EJECUTIVA  
SERVICIO DE ACREDITACIÓN ECUATORIANO



ACREDITACIÓN INICIAL: 2006/03/28  
RENOVACIÓN 2: 2013/11/01 (Oficio N° OAE DE 13-591)  
RENOVACIÓN 3: 2018/06/05 (Resolución SAE-ACR-0101-2018)

EXPIRA: 2010/03/27  
EXPIRA: 2018/10/31  
EXPIRA: 2023/06/04

La acreditación está condicionada al cumplimiento continuo por parte del laboratorio con los requisitos de acreditación, por lo que la vigencia del presente certificado de acreditación debe ser consultada en la página web del SAE, [www.acreditacion.gob.ec](http://www.acreditacion.gob.ec)

El SAE es firmante de los Acuerdos de Reconocimiento Mutuo firmado entre Organismos Nacionales de Acreditación con IAAC e ILAC.

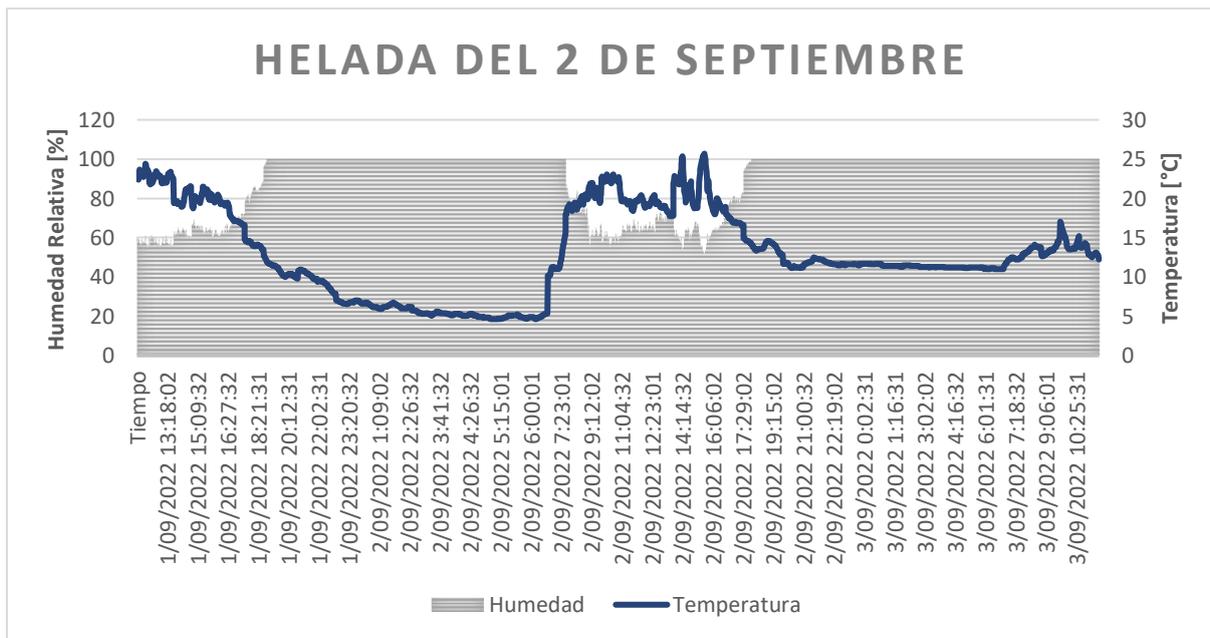
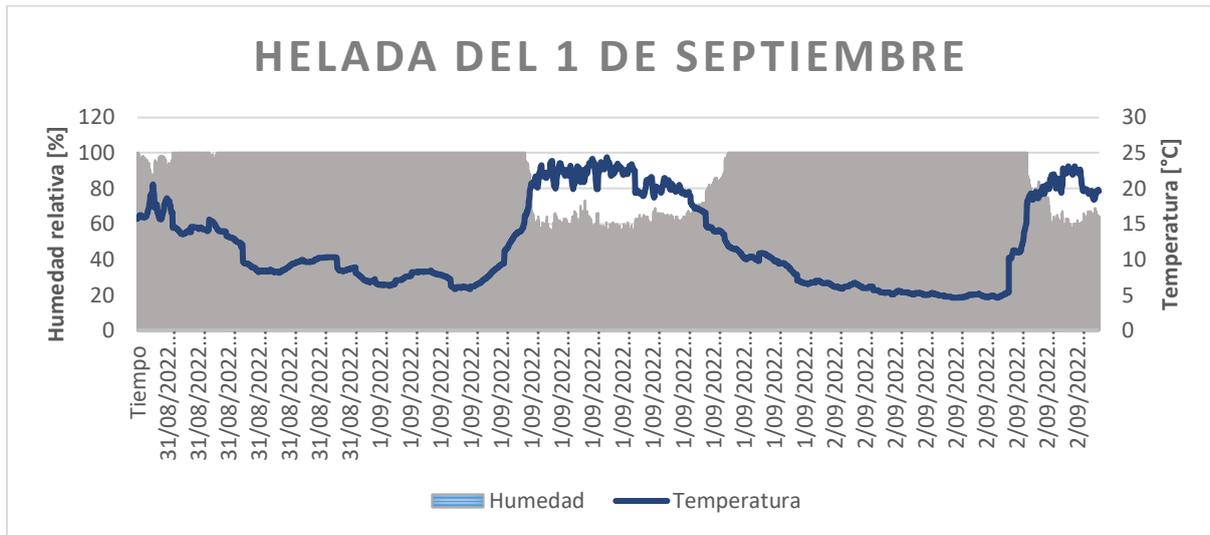
\* El presente certificado solo tiene validez con su correspondiente Alcance de Acreditación.

\*Este certificado reemplaza al certificado N° OAE LE 2C 08-002 otorgado en la acreditación inicial.

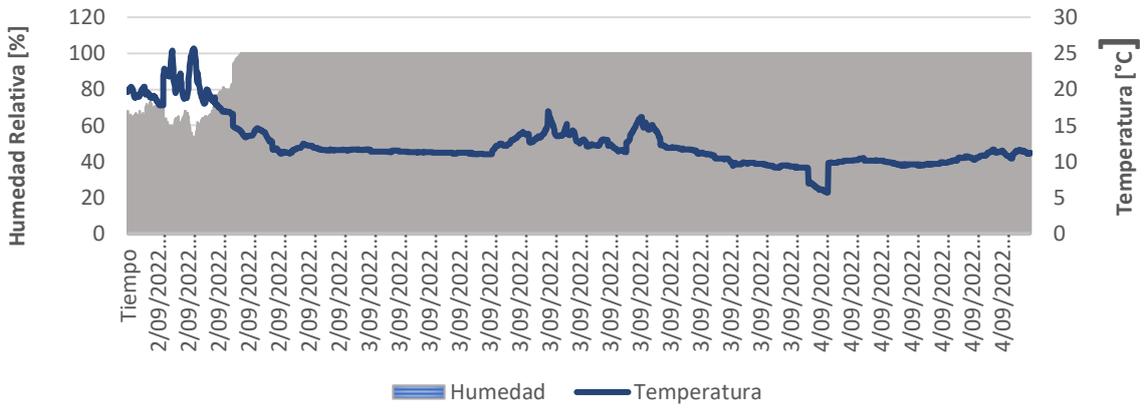
Ley del Sistema Ecuatoriano de la Calidad, Art. 21.



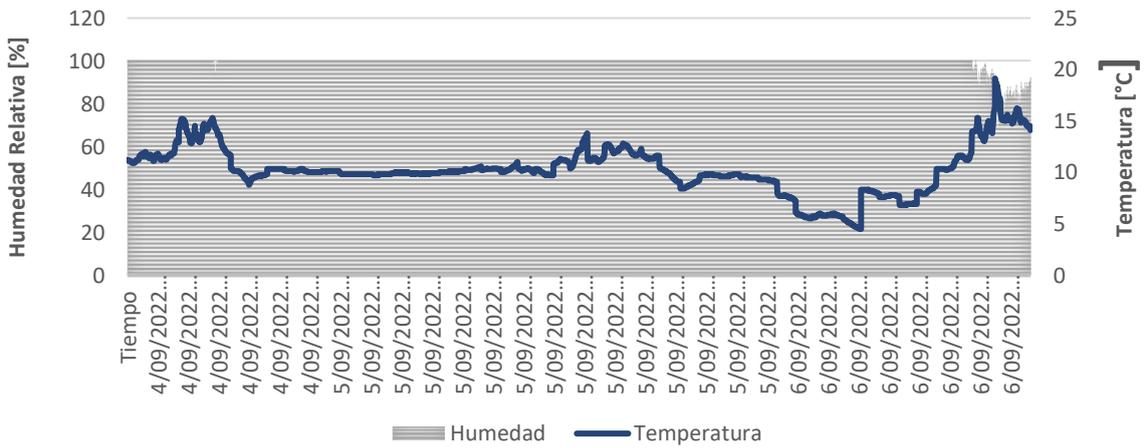
**ANEXO Q: Gráficas de las heladas de septiembre**



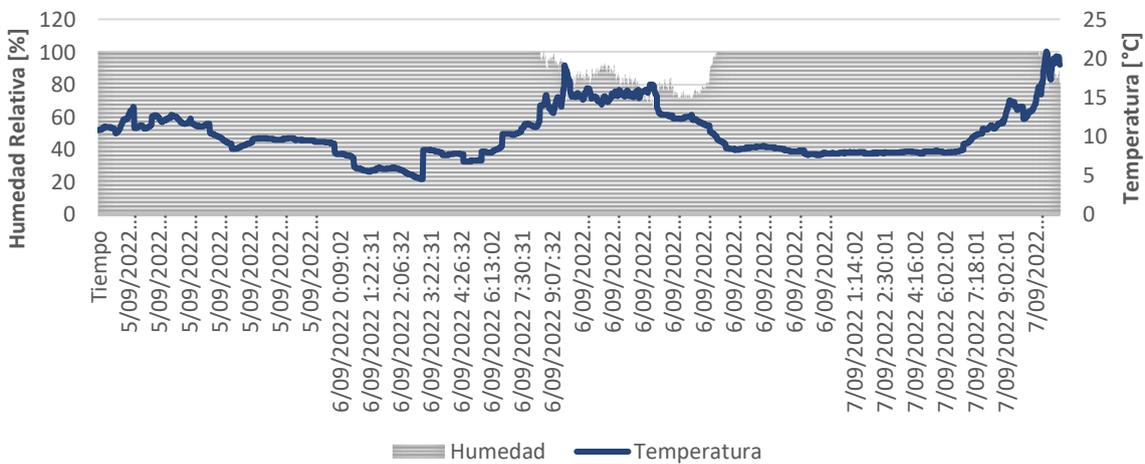
## HELADA DEL 3 DE SEPTIEMBRE



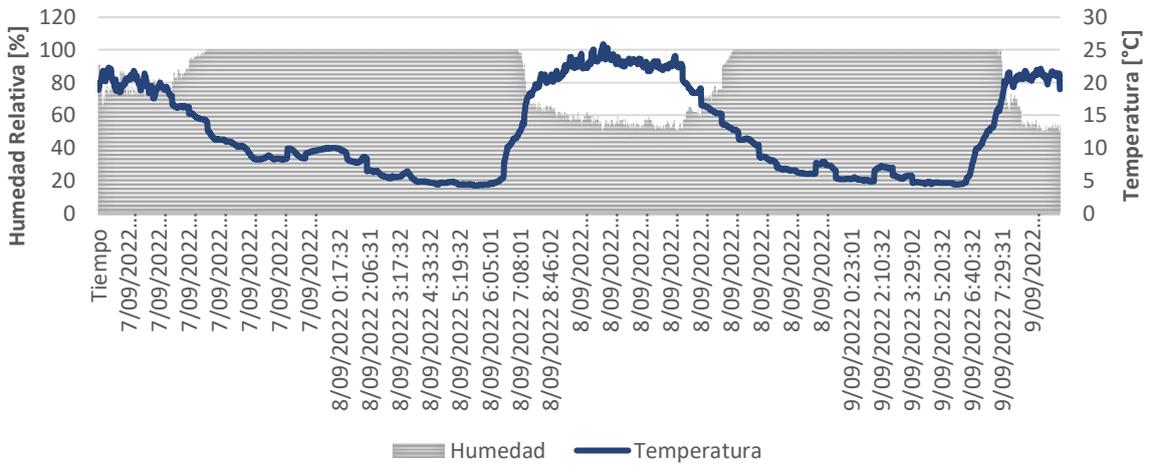
## HELADA DEL 5 DE SEPTIEMBRE



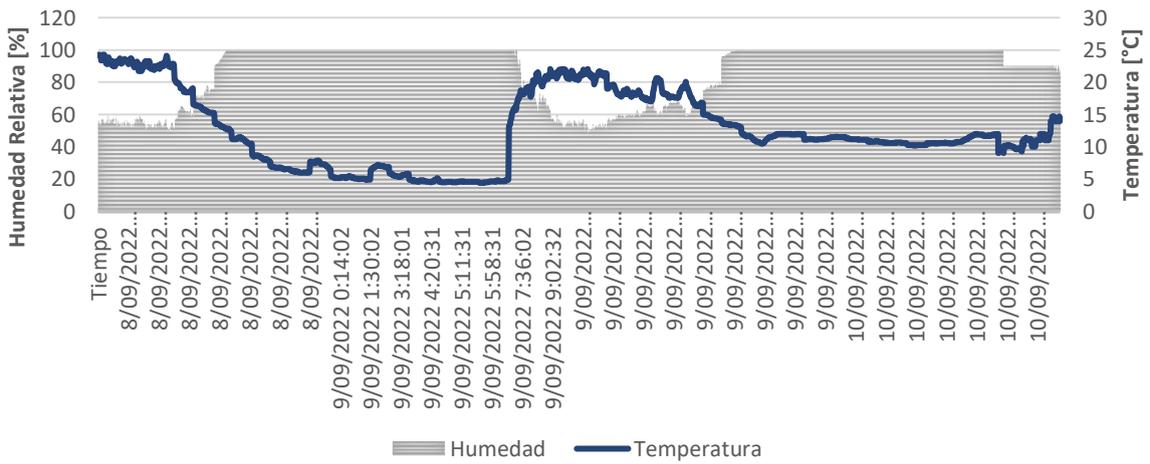
## HELADA DEL 6 DE SEPTIEMBRE



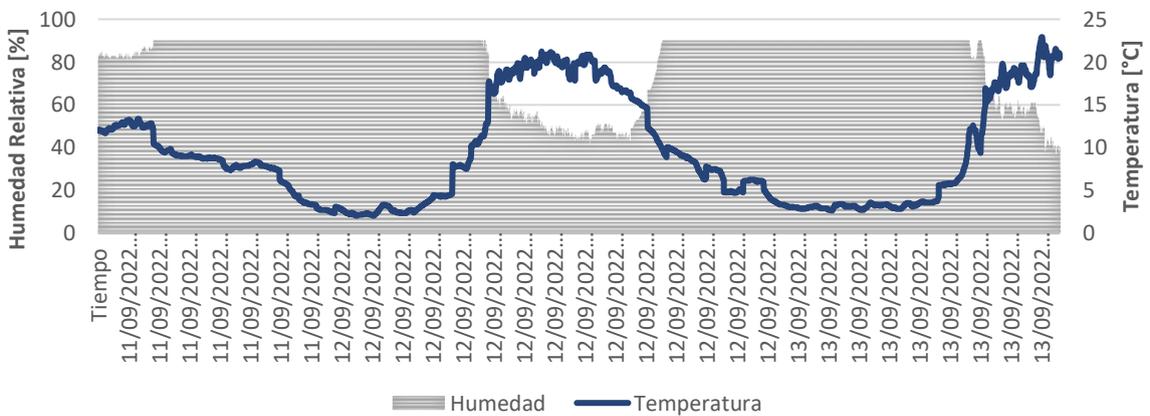
## HELADA DEL 8 DE SEPTIEMBRE



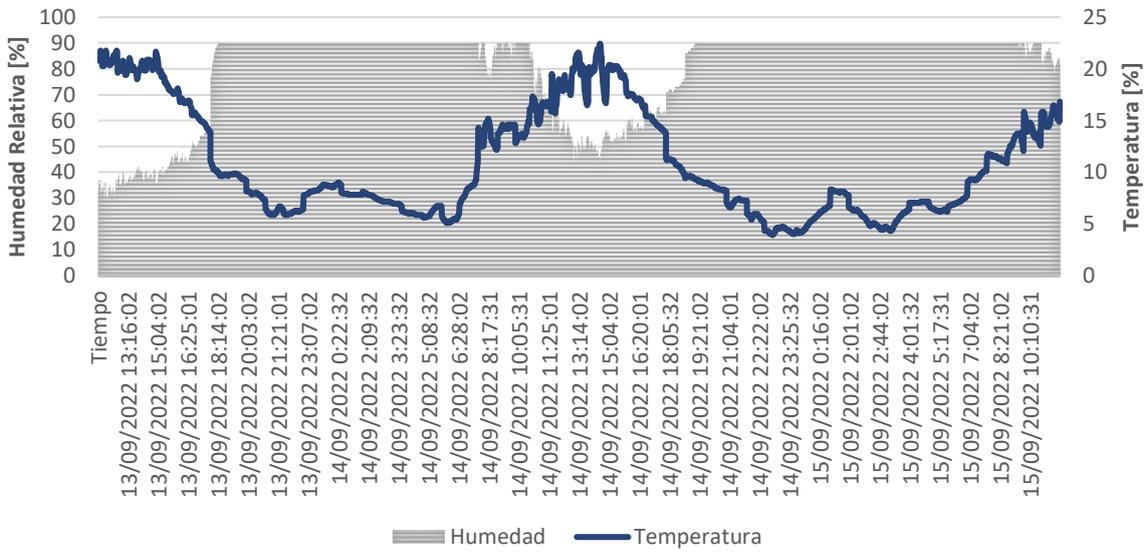
## HELADA DEL 9 DE SEPTIEMBRE



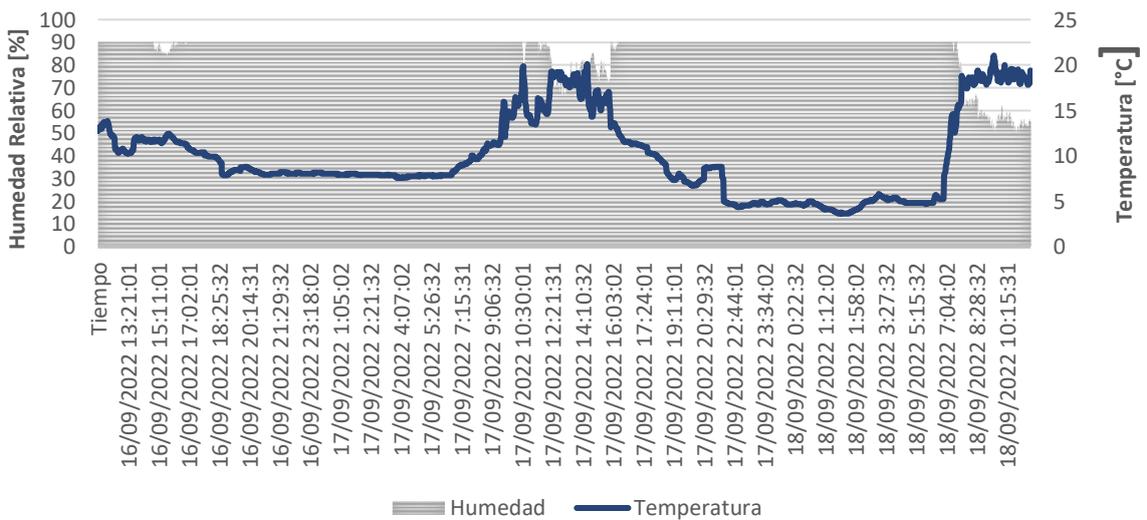
## HELADA DEL 12 DE SEPTIEMBRE



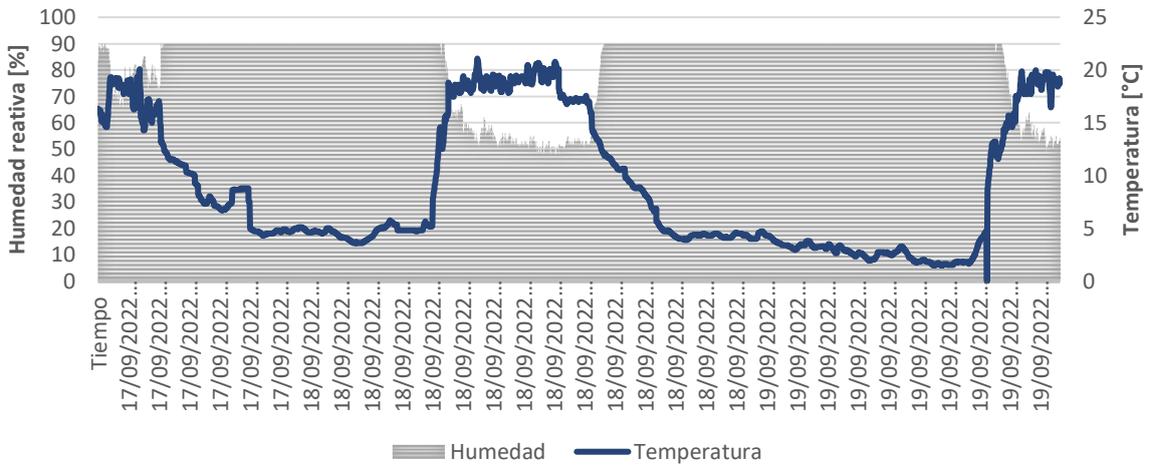
## HELADAS DEL 14 Y 15 DE SEPTIEMBRE



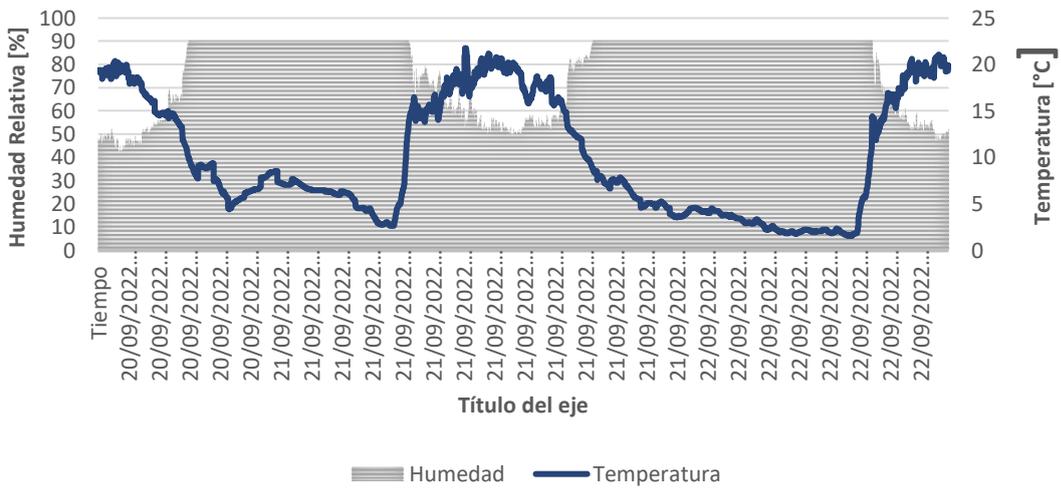
## HELADA DEL 17 DE SEPTIEMBRE



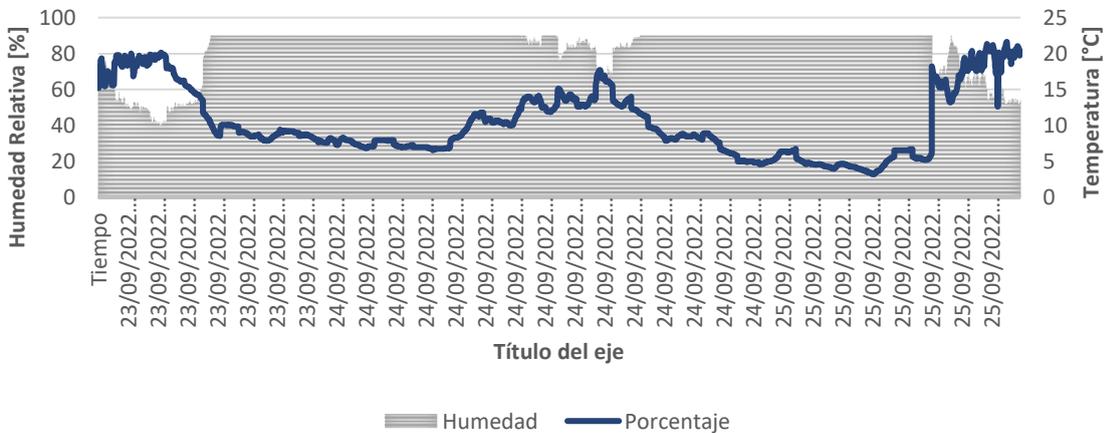
## HELADA DEL 18 DE SEPTIEMBRE



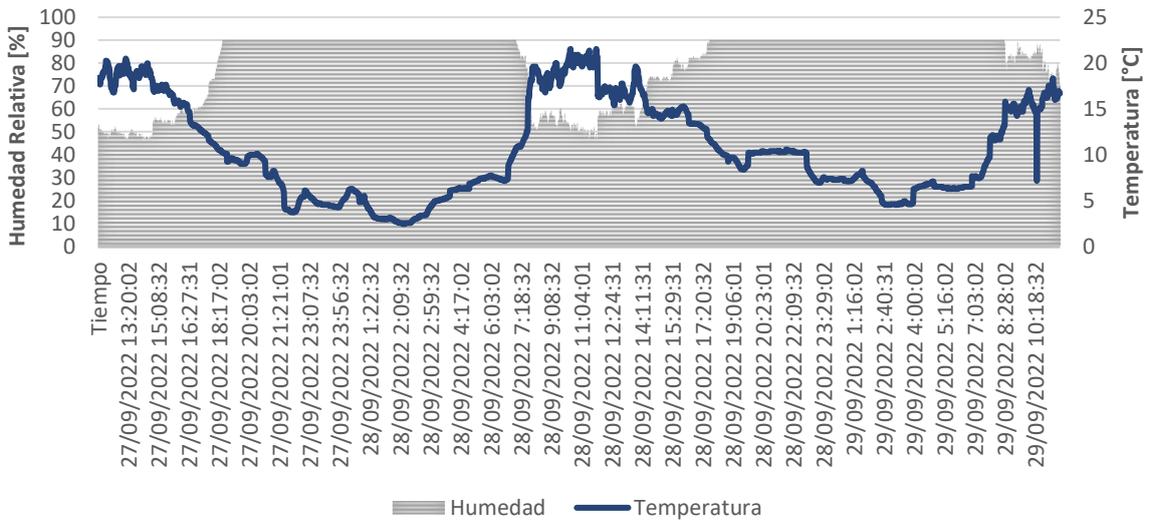
## HELADA DEL 21 DE SEPTIEMBRE



## HELADA DEL 24 DE SEPTIEMBRE



## HELADA DEL 28 DE SEPTIEMBRE



## HELADA DEL 29 DE SEPTIEMBRE

