



**TRABAJO DE GRADO**  
**Proyecto de Grado**

**Instalación, Calibración y Puesta en Funcionamiento de Datos Meteorológicos Mediante  
una Estación Davis Vantage Pro2**

Corporación Universitaria Remington.  
Facultad de Ingeniería.  
Ingeniería civil.

Alexandra Quintero Gallego.  
Tutor Juan Mauricio Bedoya Soto.  
Co-tutor Carolina María Valencia Tobon.  
Proyecto de grado.  
2026.

## Tabla de Contenido

Resumen.....	6
Palabras clave.....	7
Abstract.....	8
Introducción .....	9
Planteamiento del problema .....	10
1.1. Justificación .....	11
Objetivos.....	13
Objetivo General.....	13
Objetivos específicos .....	13
Metodología .....	14
2.2.1. Variables Meteorológicas. ....	15
2.2.2. Presión atmosférica. ....	15
2.2.3. Temperatura. ....	16
2.2.4. Calor.....	17
2.2.5. Índice calorífico. ....	18
2.2.6. Dirección y velocidad del viento.....	18
2.2.7. Rosa de Vientos.....	19
2.2.8. Punto de Rocio. ....	19
2.2.9. Lluvia. ....	20
2.2.10. Humedad. ....	21
2.2.11. Humedad absoluta.....	22
2.2.12. Humedad específica. ....	23
2.2.13. Radio de mezcla. ....	23
2.2.14. Humedad relativa. ....	24
2.2.15. Sensores asociados a la Estación meteorológica Davis Vantage pro2. ....	24
2.2.16. ISS (Conjunto Integrado de Sensores). ....	27
2.2.17. Pluviómetro.....	28
2.2.18. Anemómetro. ....	28
2.2.19. Velocidad de viento.....	29
2.2.20. Dirección del viento. ....	29
2.2.21. Especificaciones Técnicas.....	31
3.1. Instalación.....	32
3.2. Calibración.....	32
3.3. Verificación y pruebas mecánicas del pluviómetro.....	32
3.4. Orientación y calibración de la veleta y el panel solar.....	33
3.5. Cambio de frecuencia del enlace inalámbrico.....	33
3.6. Procesamiento .....	33
Resultados y Discusión.....	34
4.1. Instalación .....	34
4.2. Calibración.....	36
4.3 Problemas con el pluviómetro. ....	36

	3
4.4. Orientación de la veleta.....	39
4.5. Cambio de frecuencia para la conexión Consola-Estación .....	41
4.6. Procesamiento .....	53
4.6.1. Esquema de conectividad.....	53
4.6.2. Plataforma Weatherlink. ....	53
4.7. Cuidados de la estación .....	58
4.8. Anemómetro .....	58
4.9. Pluviómetro.....	59
4.10. Sensor de temperatura y humedad .....	59
4.11. Identificación de condiciones y proceso de instalación .....	61
4.12. Parametrización y estandarización de la configuración.....	62
4.13. Verificación del funcionamiento de los sensores.....	64
4.14. Muestra de datos registrados en condiciones de operación estable .....	65
4.15. Discusión.....	66
Conclusiones .....	69
Referencias.....	71

### Lista de Figuras

Figura 1. Relación entre presión del vapor y la temperatura Fuente: Jaramillo-Robledo (2018) ...	22
Figura 2. Vista general de la estación Davis Vantage Pro-2 y sensores asociados (Fuente: Elaboración propia).....	25
Figura 3. Interfaz de Sensores (Fuente: Elaboración propia con datos de DAVIS (2023)).....	26
Figura 4. ISS (conjunto integrado de sensores) (Fuente: Elaboración propia con datos de.....	27
Figura 5. Pluviómetro (Fuente: Elaboración propia con datos de DAVIS (2023)).....	28
Figura 6. Anemómetro (Fuente: Elaboración propia con datos de DAVIS (2023)) .....	30
Figura 7. Adecuación para la instalación (Fuente: Propia).....	35
Figura 8. instalación (Fuente: Propia).....	36
Figura 9. Sensor de precipitación (Fuente: Weatherlink (2026)).....	37
Figura 10. Conectores de los sensores (Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de DAVIS (2023)).....	38
Figura 11. ISS TRASMISOR Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de DAVIS (2023)).....	38
Figura 12. Consola Del sensor de lluvia Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de DAVIS (2023)) .....	39
Figura 13. Orientación del pluviómetro como el anemómetro hacia el Oeste Fuente: Elaboración propia .....	40
Figura 14. Estación meteorológica instalada Fuente: Elaboración propia.....	40
Figura 15. Viento dirección incorrecta Fuente: Elaboración propia .....	41
Figura 16. Viento dirección correcta Fuente: Elaboración propia .....	41
Figura 17. Pantalla consola Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de DAVIS (2023))..	43
Figura 18. Modo de verificación Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de DAVIS (2023)).....	44
Figura 19. Primera prueba Fuente: Elaboración propia .....	46
Figura 20. Cambio de frecuencia Fuente: Elaboración propia.....	47
Figura 21. Nuevo canal meteorológico Fuente: Elaboración propia.....	47
Figura 22. Manejo interior de la consola Fuente: Elaboración propia.....	48
Figura 23. Opciones con sensores adicionales Fuente: Elaboración propia.....	49
Figura 24. Reinicio de la consola Fuente: Elaboración propia .....	49
Figura 25. ID 5 conectada Fuente: Elaboración propia.....	50
Figura 26. Configuración de las variables de la nueva frecuencia (Fuente: Elaboración propia) ..	50
Figura 27. Personalización de opciones Fuente: Elaboración propia.....	51
Figura 28. Variables en la estación meteorológica Fuente: Elaboración propia.....	51
Figura 29. Nueva configuración terminada Fuente: Elaboración propia .....	52
Figura 30. Esquema de conectividad Fuente: Weatherlink (2024) .....	53
Figura 31. Plataforma Weatherlink Fuente: Weatherlink (2024).....	54
Figura 32. Manejo de interfaz Fuente: Weatherlink (2024).....	54
Figura 33. Información general en la interfaz Fuente: Weatherlink (2024).....	55
Figura 34. Opciones de datos Fuente: Weatherlink (2024).....	55
Figura 35. Resumen mensual Fuente: Weatherlink (2024).....	56
Figura 36. Exportación de datos (Fuente: Weatherlink (2024)).....	56
Figura 37. Datos exportados (Fuente: Weatherlink (2024)) .....	57
Figura 38. Descarga de los datos Fuente: Weatherlink (2024) .....	57
Figura 39. Mapa de red de estaciones. (Fuente: Weatherlink (2024)) .....	58

### Lista de Tablas

Tabla 1. Direcciones del viento.....	18
Tabla 2. Ángulos de direcciones del viento .....	30
Tabla 3. Especificaciones técnicas.....	31
Tabla 4. Guía de frecuencias.....	45
Tabla 5. Problemas identificados durante la puesta en marcha y soluciones implementadas. ....	62
Tabla 6. Verificación del estado operativo de los sensores de la estación Davis Vantage Pro2 ....	64
Tabla 7. Muestra de datos registrados por la estación Davis Vantage Pro2 en condiciones de operación estable (marzo de 2026) .....	65

## Resumen

La falta de un registro climático local continuo limita el desarrollo de investigaciones científicas precisas en entornos universitario. En la Corporación Universitaria Remington, se identificó que una estación meteorológica Davis Vantage Pro2 se encontraba almacenada sin uso en las instalaciones, representando un activo institucional desaprovechado. El propósito de este proyecto de grado fue realizar la instalación, parametrización y verificación operativa de dicho equipo en la terraza de la Torre 2, con el fin de habilitar una fuente continua de datos climáticos para la Facultad de Ingeniería. El enfoque metodológico abarcó el diagnóstico físico del instrumental, la estandarización de la orientación de los sensores mediante brújula para corregir la alineación de la veleta y el panel solar, y la validación del conteo de pulsos del pluviómetro. Asimismo, ante la pérdida recurrente de conectividad inalámbrica en el entorno urbano del centro del centro de Medellín, se ejecutó una migración técnica en la configuración de frecuencia de transmisión a la banda de 908 MHz, tanto en la estación como en la consola. Los resultados demuestran que la intervención resolvió con éxito las tres fallas críticas del sistema, se eliminó la obstrucción de mecánica del pluviómetro ocasionada por una guaya de seguridad, se corrigieron los desvíos de orientación y se mitigó por completo la interferencia electromagnética, logrando un flujo continuo y estable de datos. Se concluye que el equipo quedó en óptimas condiciones de operación y confiabilidad conceptual. Este trabajo es un aporte significativo para la institución, al dejar la estación lista para soportar futuros proyectos de investigación y al realizar análisis comparativos con redes de monitoreo regionales como el SIATA y fortalecer la gestión del riesgo climático en la institución universitaria.

**Palabras clave**

Estación Meteorológica, Parametrización, Calibración, Transmisión Inalámbrica,  
Variables meteorológicas.

### **Abstract**

The lack of a continuous local climate record limits the development of precise scientific research in university environments. At Corporación Universitaria Remington, it was identified that a Davis Vantage Pro2 weather station was stored unused on the premises, representing an underutilized institutional asset. The purpose of this degree project was to carry out the installation, parameterization, and operational verification of this equipment on the terrace of Tower 2, in order to enable a continuous source of climate data for the Faculty of Engineering. The methodological approach encompassed the physical diagnosis of the instruments, the standardization of sensor orientation using a compass to correct the alignment of the wind vane and the solar panel, and the validation of the rain gauge pulse count. Likewise, given the recurrent loss of wireless connectivity in the urban environment of downtown Medellín, a technical migration was executed in the transmission frequency configuration to the 908 MHz band, both in the station and in the console. The results demonstrate that the intervention successfully resolved the three critical system failures: the mechanical obstruction of the rain gauge caused by a security cable was eliminated, orientation deviations were corrected, and electromagnetic interference was completely mitigated, achieving a continuous and stable data flow. It is concluded that the equipment remained in optimal conditions of operation and conceptual reliability. This work is a significant contribution to the institution, leaving the station ready to support future research projects, perform comparative analyses with regional monitoring networks such as SIATA, and strengthen climate risk management in the university institution.

## Introducción

El monitoreo de variables meteorológicas constituye una herramienta fundamental para la gestión del riesgo, la planificación ambiental y el estudio del cambio climático en Colombia, instituciones como el IDEAM, CENICAFE, EPM y el SIATA han consolidado redes de monitoreo que permiten anticipar eventos hidrometeorológicos extremos y tomar decisiones informadas en sectores como la agricultura, la salud pública y la ingeniería civil ((IDEAM, 2018; Organización Meteorológica Mundial [OMM], 2018; Ramírez y Saldarriaga, 2016; SIATA, 2023) Sin embargo, la cobertura de estas redes no siempre alcanza entornos urbanos locales como los campus universitarios, donde la disponibilidad de datos climáticos propios puede potenciar investigaciones académicas y proyectos institucionales (Pardo y Castellanos, 2017).

En este contexto, la Corporación Universitaria Remington adquirió una estación meteorológica Davis Vantage Pro2 para usar inicialmente en sus instalaciones y posteriormente en proyectos de investigación con énfasis en aprovechamiento de recursos hídricos. Este proyecto de grado describe el proceso de instalación, calibración y puesta en marcha de dicho equipo en la terraza de la Torre 2, abordando los problemas técnicos encontrados. Entre ellos, interferencias de frecuencia en la señal inalámbrica y errores de orientación de sensores, presentando las soluciones implementadas. Los datos obtenidos podrán emplearse como base para futuras investigaciones en la facultad de Ingeniería, alineadas con los estándares de la OMM (2018) y los protocolos del IDEAM (2018), y en comparación con las estaciones de la red SIATA del Valle de Aburrá (SIATA, 2023). El presente proyecto tiene como objetivo principal la instalación, calibración y puesta en funcionamiento de una estación meteorológica Davis Vantage Pro2 en la terraza de la Torre 2 de la Corporación Universitaria Remington

## Planteamiento del problema

La ausencia de un sistema activo de monitoreo meteorológico limita la disponibilidad de información climática local, la cual es fundamental para el desarrollo de estudios y aplicaciones en el campo de la ingeniería, especialmente en áreas como la hidrología, el diseño de sistemas de drenaje, la gestión del riesgo y el análisis ambiental.

El estudio del clima y del tiempo meteorológico se ha vuelto una prioridad científica y de planificación a nivel global, especialmente en el contexto de la mitigación y adaptación al cambio climático. Ramírez y Saldarriaga (2016) explican que, en países

como Colombia, el monitoreo constante es fundamental no solo para la gestión de recursos energéticos (como la proporción entre energía hidroeléctrica y térmica), sino también para la prevención de crisis de salud pública, por ejemplo, para la predicción de criaderos de mosquitos transmisores de enfermedades. Para cumplir estos objetivos, se requiere la recolección de datos confiables en puntos geográficos que, con frecuencia, son de difícil acceso.

De igual manera, Morocho y Vázquez Patiño (2017) señalan que muchas estaciones meteorológicas carecen de sistemas de transmisión de largo alcance, lo que obliga al personal técnico a trasladarse gradualmente hasta la ubicación del equipo para descargar los datos manualmente. Esta práctica no solo implica un gasto ineficiente de recursos humanos y económicos, sino que aumenta el riesgo de pérdida de información crítica por falta de capacidad en el almacenamiento local.

La estación meteorológica Davis Vantage Pro2 en la terraza de la Torre 2 de la Corporación Universitaria Remington ha resuelto la necesidad de captura de variables meteorológicas. Se debe contar con una plataforma de programación en la que se pueda procesar los datos que captura. Weatherlink es la plataforma digital y ecosistema de Davis diseñada para visualizar y almacenar

datos de estaciones meteorológicas en tiempo real. Esta plataforma permite acceder a la información desde la nube (WeatherLink.com) o mediante una aplicación móvil para monitoreo climático facilitando el acceso a la información.

### **1.1. Justificación**

Las estaciones meteorológicas se usan para medir variables ambientales clave como temperatura, humedad, presión, radiación, calidad del aire, viento con aplicaciones que van desde la agricultura hasta el monitoreo de contaminación y energía renovable. Gran parte de la investigación actual se centra en hacer estos sistemas más baratos, precisos, autónomos y conectados (IDEAM, 2018; OMM, 2018). Sin embargo, persisten desafíos relacionados con la calibración de sensores, interoperabilidad de datos y validación a largo plazo (Kalaany et al., 2025; Dombrowski et al., 2021; Budiawan et al., 2026). Además, el auge de las estaciones ciudadanas y redes colaborativas ha ampliado la cobertura espacial y temporal de los datos ambientales, aunque requieren rigurosos controles de calidad (Medina et al., 2024; Meier et al., 2017; Vos et al., 2016; Agrawal et al., 2026). En conjunto, las estaciones meteorológicas son esenciales para enfrentar retos ambientales actuales y futuros.

La Corporación Universitaria Remington adquirió recientemente una estación meteorológica para complementar la información climática local, la cual es importante para el desarrollo de prácticas o proyectos institucionales especialmente para análisis ambiental y gestión de riesgo.

Por esta razón, el proyecto se centró en la instalación, calibración y puesta en marcha de la estación meteorológica Davis Vantage Pro2 en la terraza de la torre 2 de la sede Medellín. Este es un sitio óptimo porque es el punto más alto del edificio, no presenta obstáculos físicos o estructuras cercanas que afecten la toma de datos, y es un espacio controlado que facilita el mantenimiento para que los datos obtenidos se puedan utilizar en futuras investigaciones (SIATA, 2023). Los

datos obtenidos contribuirán al fortalecimiento de procesos académicos e investigativos dentro de la institución y servirán como base para el desarrollo de estudios aplicados en ingeniería civil, promoviendo el uso de información climática local para la toma de decisiones técnicas fundamentadas.

## **Objetivos**

### **Objetivo General**

Implementar el funcionamiento de la estación meteorológica Davis Vantage Pro2 en la terraza de la Torre 2 de la Corporación Universitaria Remington, mediante la identificación y resolución de las condiciones técnicas para su operación, con el fin de habilitar una fuente continua de datos climáticos locales que apoye futuras investigaciones en recursos hídricos y medio ambiente de la Facultad de Ingeniería.

### **Objetivos específicos**

- a) Identificar las condiciones físicas y técnicas de la estación meteorológica para determinar los ajustes necesarios que garanticen su correcta instalación sobre la infraestructura existente en la terraza de la Torre 2, sin afectar la estructura del edificio.
- b) Parametrizar la configuración de la estación y la consola receptora para estandarizar las unidades de medida de las variables meteorológicas de acuerdo con los criterios del IDEAM y la OMM, y para establecer un canal de transmisión inalámbrica libre de interferencias en el entorno urbano.
- c) Verificar el funcionamiento de cada sensor de la estación mediante protocolos de comprobación directa, con el propósito de analizar la coherencia y confiabilidad de los datos registrados y dejar constancia de que el equipo está en condiciones de proveer información válida para futuras investigaciones.

## Metodología

Para la instalación, se utilizó una unión de la estación meteorológica con un trípode ya existente en el edificio, se realizaron visitas para confirmar el correcto montaje de la estación garantizando una instalación óptima.

Para la calibración, con el monitoreo continuo de la consola y el sitio web se pudieron detectar varios errores que estaban afectando los datos. Por ejemplo, durante un día lluvioso después de la instalación la consola no registró ningún evento de lluvia por lo cual tuvimos que desinstalar la estación para verificar los sensores de lluvia. Por ello, nos dimos cuenta de que una de las guayas de seguridad del sensor de lluvia no había sido retirada por lo que se procedió a retirar y a verificar si el balancín si estaba contando los pulsos.

También, la estación originalmente se instaló con el anemómetro y el pluviómetro orientada en una dirección diferente a la recomendada. Esto generaba que la rosa de viento entregara datos erróneos y que el panel solar no trabajara con la mayor eficiencia de carga. Mediante el uso de una brújula se solucionó la orientación del anemómetro y el panel solar corrigiendo los datos dados por la estación meteorológica.

El proceso más importante de la puesta en marcha de la estación fue la pérdida de datos por interferencias en la frecuencia en la cual operaba la estación meteorológica. Esto causaba cortes constantes de desconexión. Para solucionar esta falla se contó con asesoría de la empresa INSAK para implementar un cambio de frecuencia a 928 MHz solucionando así la pérdida constante de datos y dejando en funcionamiento la estación meteorológica. Con el propósito de interpretar y procesar correctamente las lecturas recolectadas por los sensores, a continuación, se fundamentan los conceptos teóricos.

**2.2.1. Variables Meteorológicas.** Las variables meteorológicas son parámetros físicos que describen las condiciones de la atmósfera en cualquier lugar. Estas variables son dinámicas, medibles y se expresan mediante una unidad de medida. Sus valores deben registrar cambios dependiendo de factores como lo son la altitud, la topografía, hora y época del año. Además, estas variables que se registran dependen una de la otra: el cambio de la temperatura altera la humedad relativa lo que a su vez cambia la presión. Por lo tanto, el monitoreo de estos parámetros es esencial para comprender el clima y la meteorología de un territorio.

**2.2.2. Presión atmosférica.** La presión atmosférica es la fuerza que ejerce el aire sobre la superficie terrestre debido a su peso, dicha fuerza es equivalente al peso de la columna de aire que se extiende desde un punto de la superficie de la Tierra hasta los límites superiores de la atmósfera; la unidad científica aceptada por el SI (Sistema Internacional) es el Pascal (Pa) que equivale a:

$$1\text{Pascal} = 1 \frac{N}{m^2} \quad \text{Ecuación 1}$$

Donde  $N$  es Newton y  $m$  es metros

La consola de la estación meteorológica registraba originalmente la presión atmosférica en pascales (Pa). Sin embargo, debido a que las estaciones cercanas emplean otras unidades de medida, fue necesario unificar los criterios para garantizar la correcta comparación de los datos (OMM, 2018).

En este sentido en el valle de aburra, se tomó como referencia las unidades de medida utilizadas por el SIATA; específicamente, hectopascales (hPa) con el fin de realizar la calibración de la consola y asegurar la coherencia entre los registros obtenidos y los datos de las estaciones de monitoreo cercanas.

$$1 \text{ Pascal} = 0.01 \text{ Hectopascales}$$

**2.2.3. Temperatura.** La temperatura se relaciona con un conjunto de moléculas que se mueve en diferentes direcciones que chocan entre sí transfiriendo energía, entre mayor sea la velocidad en la que estas partículas se muevan mayor es su energía cinética y esto es lo que aumenta la temperatura la temperatura se mide en grado Celsius °C, grados Fahrenheit °F y en medida absoluta que es el Kelvin este no puede llevar nunca el símbolo de grados (OMM, 2018).

### Conversiones

$$K = ^\circ C + 273.15 \quad \text{Ecuación 2}$$

**Kelvin Celsius**

$$^\circ C = K - 273.15 \quad \text{Ecuación 3}$$

**Celsius a Kelvin**

$$^\circ F = (^\circ C * \frac{9}{5}) + 32 \quad \text{Ecuación 4}$$

**Fahrenheit a Celsius**

En Colombia, se utilizan las medidas en grados Celsius ( $^{\circ}\text{C}$ ) asociado al Sistema internacional de unidades y basado en institutos oficiales como IDEAM (2018).

**2.2.4. Calor.** A diferencia de la temperatura que es una variable de estado, el calor es energía que se transfiere de un cuerpo a otro. El calor siempre se transfiere desde el más caliente al más frío. Este se puede medir en calorías (Cal) y en Joules (J), hay diferentes tipos de calor:

**1.2.4.1. Calor sensible.** El calor sensible es la energía que se transfiere entre sistemas y se manifiesta mediante cambios de temperatura, medidos con instrumentos como termómetros. Esta transferencia puede ocurrir sin provocar cambios de estado. Cada material responde de manera distinta al calor, lo que se conoce como calor específico, una propiedad intensiva que indica la energía necesaria para modificar su temperatura y depende de su composición, no de su cantidad (OMM, 2018).

**1.2.4.2. Calor latente.** Es la energía que un cuerpo libera o absorbe durante el cambio de estado sin que este afecte una variación en la temperatura. Los estados de la materia son sólidos, líquido y gaseoso, el calor latente en fase de fusión es la cantidad de energía necesaria para que un sólido haga un cambio de estado a líquido. El calor latente en fase de evaporación es la cantidad de energía necesaria para que un líquido pase a gas. Calor latente en fase de condensación o solidificación es toda la energía que requiere para que un líquido pase a un estado sólido y un gas pase a estado líquido (OMM, 2018).

**2.2.5. Índice calorífico.** Es la sensación del calor con respecto a la humedad. Indica como se siente el cuerpo humano cuando al calor se le añade el factor de la humedad. Muchas veces la humedad hace sentir más calor ya el cuerpo se enfría con respecto a la evaporación del sudor.

Cuando el aire es seco el sudor se evapora rápido por eso se siente el cuerpo se enfría con más rapidez. Cuando el aire es húmedo, ya contiene mucho vapor de agua y el sudor no se evapora, se queda en la piel y así no podría liberar el calor interno por eso se siente que la temperatura es más alta (OMM, 2018).

**2.2.6. Dirección y velocidad del viento.** El viento se define como aire en movimiento que se produce en dirección horizontal, cuando hay ausencia de movimiento se llama calma. La dirección del viento está directamente relacionada con la distribución de las presiones en el medio. Por principio el viento sopla desde la región con presiones altas a la región con presiones bajas. Meteorológicamente, la dirección del viento se define como el punto desde donde viene hacia dónde va (OMM, 2018). Las principales direcciones se muestran en la Tabla 1.

*Tabla 1.* Direcciones del viento

<b>ABREVIATURA</b>	<b>NOMBRE</b>
<b>N</b>	NORTE
<b>NE</b>	NORESTE
<b>E</b>	ESTE
<b>SE</b>	SURESTE
<b>S</b>	SUR
<b>SW</b>	SUROESTE
<b>W</b>	OESTE
<b>NW</b>	NOROESTE

Fuente: Elaboración propia.

**2.2.7. Rosa de Vientos.** Es un grafica circular que resume estadísticamente la dirección del viento en un tiempo específico (día, semana, mes) mostrando cual es la dirección predominante. Este grafico se divide en sectores que apunta hacia puntos cardinales (N, NE, E, SE, S, SW, W, NW) asociados a la dirección del viento. La frecuencia depende del porcentaje de tiempo que el viento sopló desde esta dirección y relaciona el color para mostrar la intensidad del viento. En el caso de nuestra estación meteorológica Davis Pro-2 está definida por rangos de velocidad desde 0.0 m/s hasta más de 8.9 m/s. No solo importa de dónde viene el viento, sino con qué magnitud (Davis Instruments, 2023).

**2.2.8. Punto de Rocío.** Es la temperatura analítica a la cual una masa de aire debe enfriarse a presión contante para que el vapor de agua se sature y comience a condensarse en forma líquida. En la estación meteorología Devís Vantage Pro-2. El punto de rocío no se mide con un sensor físico, se mide por medio de una variable derivada que tiene la estación meteorológica. Basado en las lecturas entregadas por el sensor de temperatura y humedad la consola da aproximaciones de la ecuación de Magnus-Tentens para calcular de forma matemática y en tiempo real la temperatura exacta a la cual el agua comenzara a condensarse.:

$$Td = \frac{c \cdot \gamma(T, HR)}{b - \gamma(T, HR)} \quad \text{Ecuación 5}$$

Cálculo de factor intermedio  $\gamma(T, HR)$

$$\gamma(T, HR) = \ln\left(\frac{HR}{100}\right) + \frac{b \cdot T}{c + T} \quad \text{Ecuación 6}$$

Donde:

- Td: Punto de rocío (°C)
- T: Temperatura ambiente (°C)
- HR: Humedad relativa (%)
- c: 17.27, b: 237.7 (Constantes empíricas)

**2.2.9. Lluvia.** Es la forma de precipitación hidrometeorológica que se define como la caída de partículas de agua en forma de gotas las cuales tienen la velocidad suficiente para vencer las corrientes de aire y alcanzar la superficie terrestre.

El registro de esta variable se realiza por medio de un pluviómetro integrado de la Davis Vantage Pro2. Este registro se realiza a través de un sistema electromecánico basado en un principio de descarga: cada pulso electrónico equivale a un volumen de agua. La precipitación total acumulada se calcula mediante la sumatoria de pulsos registrados.

$$P_{acumulada} = n * 0.2 \text{ mm}$$

- n es el número total de balanceo del balancín
- 0.2 mm es la capacidad de la cuchara

La estación calcula de forma matemática la intensidad de la lluvia, midiendo con precisión de milisegundos el tiempo transcurrido entre los últimos dos pulsos entregados.

Se calcula con la siguiente Ecuación 8.

$$R = \frac{3600 \cdot Pu}{\Delta t} \quad \text{Ecuación 7}$$

Donde

- R: Es la intensidad de la lluvia (mm/h).
- Pu: Es la resolución física de la cuchara (0.2 mm).
- $\Delta t$ : Intervalo de tiempo transcurrido entre el ultimo clic del balancín y el

anterior en segundos.

- 3600: Conversión de tiempo de 1 hora a segundos.

**2.2.10. Humedad.** Es la masa de vapor contenida en un volumen fijo de aire. En la estación meteorológica se mide a través de una sonda ubicada dentro del escudo de radiación solar.

La presión de vapor de saturación representa la máxima cantidad de vapor de agua que una parcela de aire puede retener a una temperatura dada antes de que ocurra un cambio de fase hacia el estado líquido. Esta condición de equilibrio dinámico se define por la ecuación de Clausius-Clapeyron la cual describe la capacidad de almacenamiento de agua en la atmosfera se incrementa de forma exponencial con respecto al aumento de temperatura **Figura1**

$$e_s = 611e^{\frac{17.27 \cdot T}{2.37 + T}} \quad \text{Ecuación 8.}$$

Donde

- T: Temperatura (°C)
- $e_s$ : Presión de vapor de saturación (Pa)

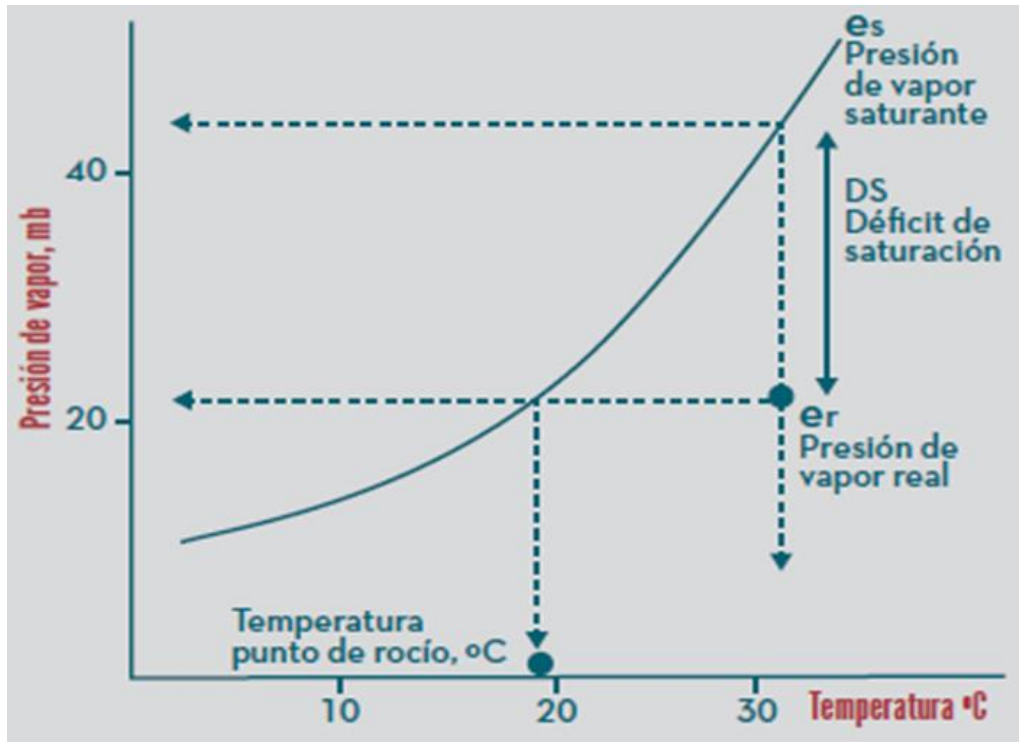


Figura 1. Relación entre presión del vapor y la temperatura Fuente: Jaramillo-Robledo (2018)

**2.2.11. Humedad absoluta.** Es la relación directa entre la masa del vapor de agua y el volumen total de la muestra de aire que lo contiene como la densidad del vapor de agua se deriva de la ley de gases ideales:

$$P_v = \frac{e}{R_v * T} \quad \text{Ecuación 9}$$

- $P_v$ : Humedad absoluta
- $e$ : Presión parcial del vapor de agua
- $R_v$ : Constante individual del gas para el vapor de agua
- $T$ : Temperatura absoluta del aire

**2.2.12. Humedad específica.** Es la relación entre la masa del vapor de agua y la masa total del aire húmedo, incluye el aire seco y el propio vapor. Al sustituir las densidades por las presiones parciales mediante la ley de dalton queda aproximadamente

$$q_v = \frac{m_v}{m_a} = \frac{\rho_v}{\rho_d} = 0.622 * \frac{e}{p-e} \quad \text{Ecuación 10}$$

Donde

- $q_v$ : Humedad específica.
- $p$ : Presión atmosférica total del aire húmedo.
- 0.622: Es una constante adimensional que resulta de dividir la masa

molecular del agua  $M_v=18.016$  g/mol entre la masa molecular del aire seco  $M_d= 28.966$  g/mol.

**2.2.13. Radio de mezcla.** En comparación de la humedad específica, el radio de mezcla relaciona la masa del vapor de agua solamente con la masa del aire seco que está contenida en una parcela:

$$\omega = \frac{m_v}{m_d} = \frac{p_v}{p_d} = 0.622 * \frac{e}{p-e} \quad \text{Ecuación 11}$$

Donde:

- $\omega$ : Radio de mezcla
- $p - e$ : Representa la presión parcial ejercida por el aire seco (presión total menos la presión de vapor)

**2.2.14. Humedad relativa.** Es la métrica de humedad más común en monitoreo. Es la humedad que se deriva con el sensor de la estación meteorológica Devís Vantage Pro2. Esta humedad no mide masa si no la proximidad del aire al estado de saturación. Matemáticamente, es la relación entre la presión de vapor actual ( $e$ ) y la máxima presión de vapor que el aire podría sostener a esa misma temperatura( $e_s$ ).

$$HR = \left(\frac{e}{e_s}\right) * 100 \text{ Ecuación 12}$$

- HR: Humedad relativa expresada (%)
- $e$ : Presión de vapor de agua en la atmosfera
- $e_s$ : Presión de vapor de saturación calculada para la temperatura actual

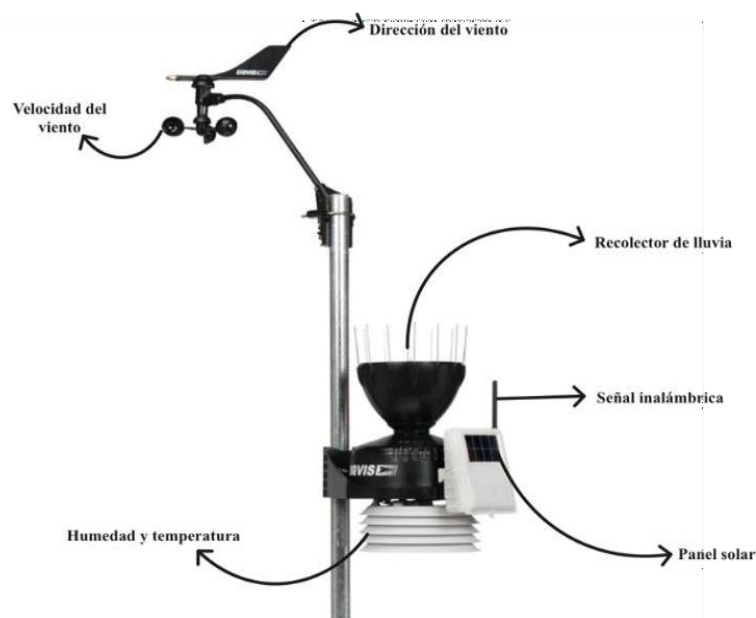
mediante.  $e_s = 611e^{\frac{17.27*T}{2.37+T}}$  la Ecuación 8.

Mientras que la humedad absoluta, la especifica y el radio de mezcla miden masas reales de agua suspendida, la humedad relativa es un indicador termodinámico. El sensor Devís Vantage pro2 registra la HR y la temperatura.

**2.2.15. Sensores asociados a la Estación meteorológica Davis Vantage pro2.** La estación es un sistema para obtener información de variables meteorológicas que utiliza

diferentes sensores de medición **Figura 2**, principalmente estos sensores son:

- a) Anemómetro con veleta
- b) Recolector de lluvia
- c) Sensor de temperatura y humedad
- d) Panel solar



*Figura 2.* Vista general de la estación Davis Vantage Pro-2 y sensores asociados (Fuente: Elaboración propia)

La **Figura 3** presenta detalles de la interfaz de sensores asociados a la estación meteorológica.

A continuación, se detallan los componentes de la interfaz cuya numeración corresponde a la figura:

- a) Conector del panel solar.
- b) Adaptador de corriente (AC).
- c) Compartimiento de batería (Inalámbrico).
- d) Led de prueba.

- e) Conexión por cable.
- f) Interruptor DIP de prueba (Inalámbrico)
- g) Conector del sensor de temperatura y humedad
- h) Conector del sensor de viento
- i) Conector del sensor de lluvia
- j) Conector del sensor de radiación solar (como se ve en la imagen no tenemos este sensor)
- k) Conector del sensor UV (como se ve en la imagen no tenemos este sensor)

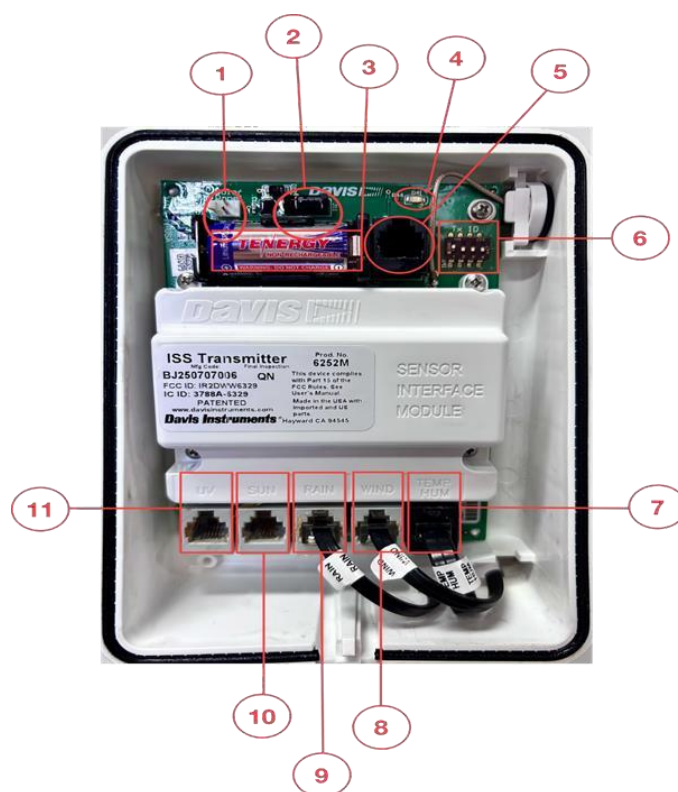


Figura 3. Interfaz de Sensores (Fuente: Elaboración propia con datos de DAVIS (2023))

**2.2.16. ISS (Conjunto Integrado de Sensores).** La **Figura 4** presenta el conjunto integrado de sensores (ISS) asociado a la estación, este sistema cuenta con un panel solar de 0.5 watts con una potencia de trasmisión de 8mW, consumo corriente de 0.14 mA con picos de 30 mA. El ISS funciona como el cerebro de la estación meteorológica transmitiendo todos los datos de cada uno de los sensores a la consola Weatherlink. Las baterías que se utilizan para este ISS son de litio referencia CR123A de 3 voltios; además, el ISS incluye protección PTC para evitar sobre corriente y sobrecalentamiento. Con una vida útil de 7 a 9 meses la batería se utiliza en horas de la noche donde ya no hay radiación solar. Durante el día, el conjunto de sensores se alimenta desde el panel solar. Para saber si hay que hacer un cambio de batería se interpretan los datos que envía a la consola, cuando esta se descarga envía un aviso y se incrementa la interferencia de los datos. El tipo de comunicación es por radio frecuencia de 902-928 MHz con una distancia máxima de 300m de línea directa (Davis Instruments, 2023).



*Figura 4.* ISS (conjunto integrado de sensores) (Fuente: Elaboración propia con datos de DAVIS (2023))

**2.2.17. Pluviómetro.** La **Figura 5** presenta el pluviómetro DAVIS que mide las precipitaciones mediante un sistema de cubo basculante, su cono aerodinámico aumenta la precisión de los registros con vientos fuertes; este sistema contiene un mecanismo de cuchara basculante en el cual el agua entra, se aloja y el lado que se llena del balancín cae por temas de gravedad. En ese momento se registran los datos. Cada cuchara tiene una capacidad de 0.2 mm, el pluviómetro contiene unas puntas para que ningún animal interfiera con las tomas de datos (Davis Instruments, 2023).



*Figura 5.* Pluviómetro (Fuente: Elaboración propia con datos de DAVIS (2023))

**2.2.18. Anemómetro.** Es el sensor encargado de medir la intensidad y dirección del viento. Está conformado por 3 copas con forma cóncava sobre las cuales actúan las fuerzas del viento.

Las copas giran dependiendo de la velocidad del viento y tiene un contador que registra el

número de vueltas en el anemómetro. También viene una veleta que señala la dirección del viento en los siguientes rangos:

- a) Velocidad: 0 km/h a 290 km/h.
- b) Dirección: 0 ° hasta 360 ° medido desde el norte.

La **Figura 6** muestra como el anemómetro está conformado por 2 sensores para medir velocidad de viento y dirección del viento (Orellana et al., 2020).

**2.2.19. Velocidad de viento.** a) El material de las copas es policarbonato. Este material resiste los impactos y desgastes ambientales a los que está expuesto el este sensor.

b) Su funcionamiento es por ciclos, lo que quiere decir que cada vez que da una vuelta completa hace un conteo de cuantos pulsos pasan en el tiempo y da unos datos convertidos en m/s, km/h, mph. Posteriormente se define la conversión que más se ajusta. En nuestro caso sería m/s.

c) Tipo de sensor: magnético de estado sólido cada vez que las copas completan una revolución, el imán interno activa el sensor, generando un pulso eléctrico.

d) El anemómetro tiene un rango desde 0.5m/s hasta 89 m/s, vientos por debajo de 0.5 m/s no pueden mover las copas por lo que no podría realizar los pulsos necesarios para registrar el conteo (Davis Instruments, 2023).

**2.2.20. Dirección del viento.** a) Tipo de sensor: potenciómetro de 20K $\Omega$ . A diferencia de las copas que miden la velocidad del viento, este utiliza un componente analógico y a medida que el viento mueve la veleta este potenciómetro gira.

b) Material UV-resistant ABS (acrilonitrilo butadieno estireno) con tratamiento UV, es un polímero diseñado para soportar la radiación solar intensa.

c) Salida resistiva: El sistema convierte resistencia en un valor azimutal, la posición debe de ser apuntando al norte (Davis Instruments, 2023). En **Tabla 2** se muestra los ángulos de dirección en la que se mueve la veleta.

*Tabla 2.* Ángulos de direcciones del viento

Ángulos	Dirección
0° y 360°	Norte
90°	Este
180°	Sur
270°	Oeste

Fuente: Elaboración propia



*Figura 6.* Anemómetro (Fuente: Elaboración propia con datos de DAVIS (2023))

**2.2.21. Especificaciones Técnicas.** La **Tabla 3** presenta un compendio de todas las características físicas y los detalles de los sensores que componen la estación.

*Tabla 3.* Especificaciones técnicas.

<b>Sensor</b>	<b>Rango</b>	<b>Resolución</b>	<b>Precisión</b>
<b>Temperatura</b>	-40 a +65°C	0.1°C	±0.3 °C
<b>Lluvia</b>	0 a 6553mm	0.2 mm	±4%
<b>Dirección de viento</b>	0° a 360°	1°	3 °
<b>Velocidad del viento</b>	1 a 80 m/s	0.1 m/s	±5%
<b>Presión barométrica</b>	410 a 820 mm Hg	0.1 mm Hg	0.8 mm Hg
<b>Humedad</b>	1% a 100%	1%	± 2%

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de DAVIS (2023)

### **3.1. Instalación.**

Para la instalación de la estación meteorológica Davis Vantage Pro2 en la corporación universitaria Remington se planificó el montaje buscando aprovechar los recursos que tenía el edificio. En lugar de instalar el trípode que viene con la estación, optamos por acoplarlo a un trípode metálico que ya estaba instalado en el sitio, asegurándolo con abrazaderas en todo el mástil para garantizar que la estructura quedara completamente firme. Este permitió la resistencia a los fuertes vientos de la zona sin generar vibraciones que pudieran alterar las lecturas de los sensores.

### **3.2. Calibración**

El proceso de calibración y puesta en marcha de la estación meteorológica Davis Vantage Pro2 se dio como una fase crítica de control y aseguramiento de datos. Debido a que el equipo estuvo almacenado sin operar, fue fundamental realizar el montaje físico y la validación de los sensores en el entorno de la terraza de la torre 2, esta se dividió en tres partes para verificar las fallas operativas:

### **3.3. Verificación y pruebas mecánicas del pluviómetro.**

Este proceso consistió en la inspección física de los componentes de medición la cual permitió identificar obstrucciones físicas, como lo fue la eliminación de la guaya de seguridad que impedía el registro de las variables en la consola y posteriormente una prueba para comprobar el correcto registro del pluviómetro.

### **3.4. Orientación y calibración de la veleta y el panel solar.**

Consistió en la alineación geométrica y georreferenciación de los sensores de viento y del sistema de alimentación del panel solar. Durante este proceso, se identificó una desviación en el montaje. El anemómetro y el panel solar se encontraban orientados en una dirección diferente a la que se necesitaba generando lecturas erróneas en la rosa de viento y ocasionando una baja eficiencia en la carga de las baterías. Este desajuste se solucionó con el uso una brújula para corregir la posición de los componentes hacia las direcciones recomendadas.

### **3.5. Cambio de frecuencia del enlace inalámbrico.**

Este proceso consistió en el análisis de conectividad y la reconfiguración del espectro radioeléctrico para el enlace inalámbrico entre el ISS y la consola. Durante esta fase de monitoreo se identificó la pérdida de los datos ocasionada por las frecuencias electromagnéticas y la saturación de señales en el centro de Medellín. Esta falla se solucionó mediante el cambio de identificador de transmisión (ID) de la frecuencia saturada de 908 MHz a una banda libre de menor tráfico de frecuencia en 928 MHz. Con la implementación de esta corrección, se restableció la estabilidad del enlace inalámbrico, garantizando la continuidad de los datos.

### **3.6. Procesamiento**

Se describe la arquitectura de flujo de datos y la topología de red implementada para la transferencia de las variables meteorológicas. Este proceso incluye desde la captura física de los datos en la ISS hasta su almacenamiento, procesamiento y la visualización web, así, se garantiza la conexión inalámbrica de los datos asegurando que los registros climáticos locales queden registrados de manera continua y segura para su consulta en tiempo real.

## Resultados y Discusión

### 4.1. Instalación

La Corporación Universitaria Remington cuenta con una estación meteorológica que se encontraba almacenada en la Torre 2 de piso 10 en el aula 1002, sin estar en operación. La estación se instaló en la terraza la Torre 2 de la sede Medellín. Esta ubicación corresponde al punto más alto del edificio y presenta condiciones óptimas para la correcta medición de las variables meteorológicas, ya que no se identifican interferencias significativas causadas por obstáculos físicos, estructuras cercanas o fuentes de alteración de los datos.

La implementación de la estación en la terraza permitió la adquisición continua y confiable de variables meteorológicas como temperatura, humedad relativa, precipitación, velocidad y dirección del viento, así como su posterior procesamiento y análisis mediante herramientas computacionales.

Adicionalmente, la ubicación seleccionada garantiza condiciones de seguridad para el equipo y permite un acceso controlado para la realización de actividades de inspección, calibración y mantenimiento, lo cual es fundamental para asegurar la continuidad y confiabilidad del sistema de medición.

El día 28 de enero del 2026 se hizo una reunión en el sitio con el jefe de programa de Ingeniería Civil y director de infraestructura en la Universidad. En dicha reunión, se definió el lugar de instalación en uno de postes metálicos de la terraza de torre 2, Consecuentemente, el día 3 de febrero se hizo la solicitud por escrito en la mesa de servicio para comenzar con la instalación de la estación meteorológica Davis

La **Figura 7** y **Figura 8** (tomadas el día 03 de febrero del 2026) registran el proceso de la

instalación de la estación meteorológica en el sitio acordado en la reunión del día 28 de enero. La principal dificultad de cómo se iba a realizar la instalación para que la estación quedara firme ya que se tenía que adecuar uno de los postes que hay en la terraza para la instalación ya que no se podía directamente con el trípode que venía la estación porque no se podía modificar la porque ya se había impermeabilizado toda la terraza para evitar daños en el edificio y al hacerle alguna modificación se podía perder este proceso, por lo que decidió menor utilizar uno de los trípodes que se encontraba instalados como se muestra en la imagen y solamente fijarlos con abrazaderas verificando que la estación estuviera firme y bien nivelado ya que no se podía soldar directamente por si en un futuro se hace algún traslado del equipo a otro lugar.



*Figura 7.* Adecuación para la instalación (Fuente: Propia)

El equipo fue obtenido a través de la empresa INSAK. Esta empresa ofreció una capacitación para orientar de una forma correcta el proceso de instalación y las instrucciones de cómo manejar

la consola. Por medio de esta empresa también podemos hacer cotizaciones para nuevas adecuaciones de la estación meteorológica.



*Figura 8.* instalación (Fuente: Propia)

## 4.2. Calibración

### 4.3 Problemas con el pluviómetro.

La **Figura 9** muestra el sensor de precipitación. Inicialmente, se permitió que el sistema comenzara a registrar datos y que estos se visualizaran en la consola. Como parte del proceso de verificación, se realizó una comparación preliminar con datos provenientes de estaciones cercanas. Sin embargo, se identificó una inconsistencia, ya que, a pesar de haberse presentado un evento de lluvia ese día, la estación no registró información alguna.

Tras la revisión, se determinó que la causa del problema fue la presencia del seguro de protección instalado en el sensor, lo cual impedía la medición de la precipitación.

Debido a que la estación se encontraba montada sobre un trípode y su acceso implicaba realizar

trabajos en altura actividad no autorizada para el equipo responsable, se procedió a elevar una solicitud al área encargada.

Posteriormente, el personal autorizado llevó a cabo el corte de la guaya de seguridad. Una vez realizado este procedimiento, se aguardó la ocurrencia de un nuevo evento de lluvia, tras lo cual el sensor comenzó a registrar adecuadamente los datos de precipitación. Adicionalmente, se realizó una verificación del funcionamiento del sensor de precipitación mediante el siguiente procedimiento.



*Figura 9.* Sensor de precipitación (Fuente: Weatherlink (2026))

En la **Figura 10** se retira el colector de lluvia y se verifica el estado del balancín que no cuente con ningún tipo de obstrucción o insectos.



*Figura 10.* Conectores de los sensores (Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de DAVIS (2023))

Se revisa en la ISS donde se encuentra los conectores de cada de uno de los sensores que se encuentre bien conectado al sistema **Figura 11**.



*Figura 11.* ISS TRASMISOR Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de DAVIS (2023))

Se debe tener a mano el dispositivo de comunicación, ya sea la consola Vantage Pro2 o weatherlink. Luego, se debe accionar manualmente 5 veces el sensor de tal manera que se pueda verificar en la consola un conteo de 1.0 mm cada accionamiento a este sensor hace un conteo de 0.2 mm.

Se verificaron los pasos anteriores y como se muestra en la **Figura 12** de la consola el sensor

de lluvia quedó ya organizado para la correcta toma de datos



*Figura 12.* Consola Del sensor de lluvia Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de DAVIS (2023))

#### 4.4. Orientación de la veleta

Durante la fase de instalación de la estación meteorológica, se omitió considerar que la veleta debía orientarse hacia el norte verdadero con el fin de garantizar la obtención de datos correctos en la rosa de los vientos. Para que la estación proporcione información válida sobre la dirección del viento, el anemómetro incorpora una veleta que registra ángulos en un rango de  $0^{\circ}$  a  $360^{\circ}$ , conforme a la estandarización del software: el Este corresponde a  $90^{\circ}$ , el Sur a  $180^{\circ}$  y el Oeste a  $270^{\circ}$ . En consecuencia, una orientación incorrecta de la veleta provoca que las mediciones angulares no correspondan a la dirección real del viento, generando datos erróneos.

De manera similar, se identificó una configuración inadecuada en el pluviómetro el cual debía orientarse hacia el sur. Esta disposición responde a la trayectoria solar, que favorece la incidencia directa de la radiación sobre el panel solar cuando este se encuentra orientado en dicha dirección. Esta correcta orientación permite optimizar la captación de energía para la carga de las baterías del equipo, además de minimizar la generación de sombras por parte de otros sensores instalados en la estructura.

En la **Figura 13** se muestra la primera instalación donde no se tomó en cuenta la dirección.

Tanto el pluviómetro como el anemómetro están orientados hacia el Oeste por ello los datos que nos estaba dando la estación requerían corrección.



*Figura 13.* Orientación del pluviómetro como el anemómetro hacia el Oeste Fuente: Elaboración propia

En la Figura 14 se muestra la estación meteorológica instalada correctamente comprobando con una brújula la dirección exacta del pluviómetro y el anemómetro.



*Figura 14.* Estación meteorológica instalada Fuente: Elaboración propia

En la **Figura 15** y **Figura 16** se muestra la dirección que se registraron en la página web de weatherlink verificando como varia la dirección del viento con respecto al ángulo en el que

está instalado la veleta.

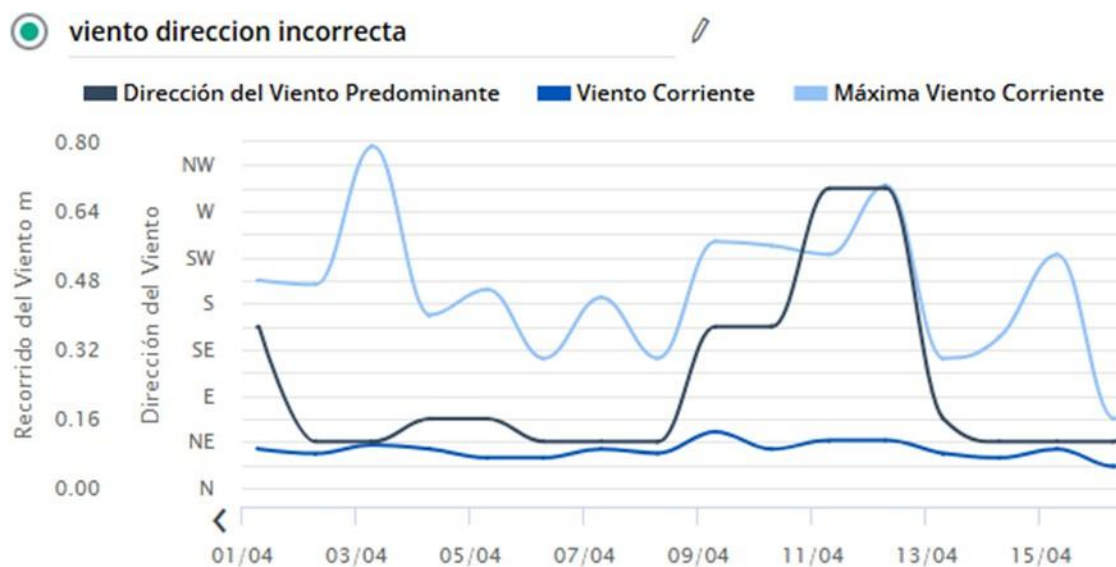


Figura 15. Viento dirección incorrecta Fuente: Elaboración propia

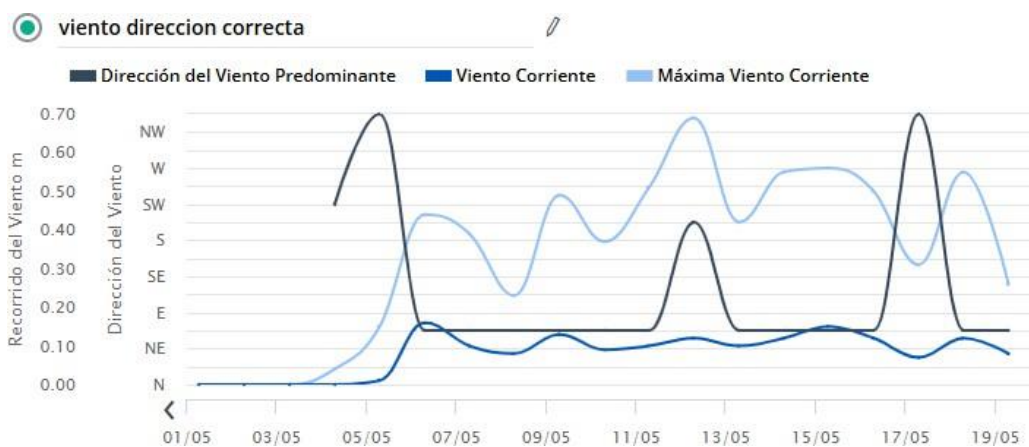


Figura 16. Viento dirección correcta Fuente: Elaboración propia

#### 4.5. Cambio de frecuencia para la conexión Consola-Estación

Una vez subsanadas las problemáticas asociadas a la estación (incluyendo la presencia del seguro en el pluviómetro y la orientación incorrecta de la veleta y del panel solar), se dejó el sistema en operación continua con el propósito de evaluar la calidad de los datos registrados y detectar posibles fallas adicionales.

Durante este proceso de monitoreo, se evidenció una nueva anomalía relacionada con la pérdida intermitente de conexión entre la consola y la estación meteorológica, lo que ocasionaba interrupciones en la recepción de datos. En una etapa inicial, estas desconexiones eran de corta duración y la consola lograba restablecer la comunicación de manera automática. No obstante, con el transcurso de los días, la duración de las interrupciones se incrementó progresivamente, dificultando la reconexión y afectando la estabilidad del sistema.

Asimismo, se observó que dichas fallas tendían a presentarse en intervalos horarios recurrentes, principalmente entre las 11:00 a. m. y las 12:00 p. m. En algunos días, la conexión no lograba restablecerse en absoluto, lo cual impedía la adquisición continua y confiable de los datos meteorológicos, tal como se evidencia en la **Figura 17**.

Como se muestra en la **Figura 17**, cuando no existía conexión entre la estación meteorológica y la consola, la pantalla dejaba de registrar ciertos datos asociados directamente a la estación. Sin embargo, algunas variables continuaban visualizándose, como la temperatura y la humedad interiores. Esto se debe a que dichos sensores no forman parte de la estación meteorológica externa, sino que están integrados directamente en la consola, lo que explica la diferencia en la nomenclatura presentada en la interfaz.

De manera similar, las mediciones correspondientes a la presión absoluta y al barómetro seguían registrándose, dado que estos parámetros se encuentran configurados con base en la ubicación de la estación, pero su medición y procesamiento se realizan internamente en la consola. Por esta razón, aun en ausencia de comunicación con la estación meteorológica, estos valores continuaban disponibles.



Figura 17. Pantalla consola Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de DAVIS (2023))

Al identificar esta situación, inicialmente se consideró que las interrupciones podrían deberse a variaciones normales en la conexión Wi-Fi o que no tendrían un impacto significativo en el funcionamiento del sistema. No obstante, con el transcurso de los días, se evidenció que los periodos de desconexión se prolongaban, lo que llevó a realizar una revisión más detallada. En consecuencia, se procedió a verificar el estado de los sensores y a cambiar la ubicación de la consola en distintos puntos, sin obtener resultados favorables. Posteriormente, se decidió trasladar la consola hasta el lugar donde se encontraba instalada la estación meteorológica, con el fin de evaluar si la distancia entre ambos dispositivos era la causa de la pérdida de conexión. Sin embargo, esta acción tampoco permitió restablecer la comunicación; por el contrario, se presentó una desconexión total del sistema, tal como se muestra en la **Figura 18**.

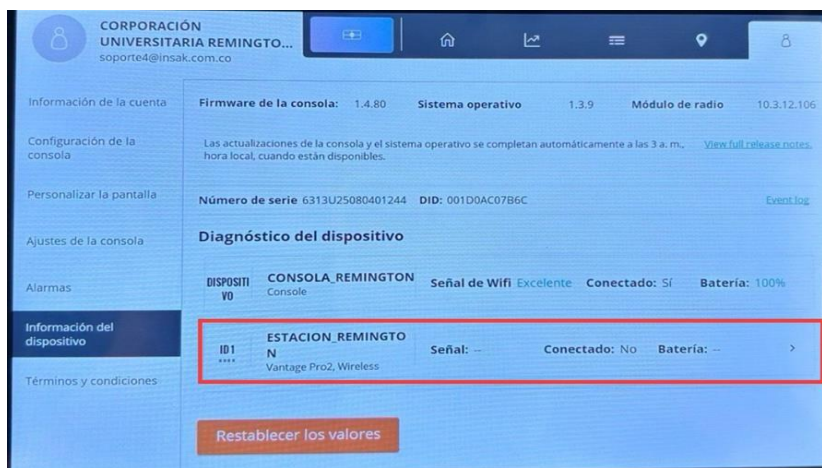


Figura 18. Modo de verificación Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de DAVIS (2023))

Verificamos si era tema de batería pero se descartó al comprobar que las pilas estaban cargadas, por lo que investigando y hablando con el proveedor nos dimos cuenta que era un tema de frecuencias, a la universidad estar ubicada en el centro de Medellín hay una gran cantidad de antenas redes y equipos electrónicos que generan interferencias magnéticas, el proveedor nos informó que la configuración de la estación por defecto estaba en 908 MHz **Tabla 4 Guía de frecuencias** que es la misma que se utiliza el personal de seguridad y esta es la frecuencia libre que no requiere vigilancia por lo que al ser libre cualquier persona se puede conectar a esta y al mediodía hay mucha actividad en la zona por eso la señal de la estación meteorológica no se podía conectar a la consola por tanta interferencia en la frecuencia en la **Tabla 4** se muestra una guía de frecuencias.

Tabla 4. Guía de frecuencias

<b>Rango de frecuencia</b>	<b>Principales usos</b>	<b>Estado de uso</b>
<b>30 MHz – 300 MHz</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Radiodifusión FM (88–108 MHz).</li> <li>• Comunicaciones aeronáuticas y control de tráfico aéreo.</li> <li>• Sistemas de radiocomunicación para atención de emergencias.</li> </ul>	<b>Espectro controlado y regulado por el Estado</b> , sujeto a asignación y autorización para su operación.
<b>902 MHz – 915 MHz</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Redes de telecomunicaciones de corto alcance.</li> <li>• Dispositivos industriales, científicos y médicos (ISM).</li> </ul>	<b>Uso libre</b> , siempre que se cumplan las condiciones técnicas establecidas por la normativa vigente.
<b>915 MHz – 928 MHz</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistemas de telemetría industrial.</li> <li>• Redes de monitoreo y transmisión de datos inalámbricos.</li> <li>• Aplicaciones de Internet de las Cosas (IoT).</li> </ul>	<b>Uso libre</b> . Corresponde a una banda de frecuencia ampliamente utilizada para aplicaciones industriales y de comunicación de baja potencia.

Fuente: Elaboración propia.

Para solucionar esto fue con la ayuda del proveedor que nos brindó la solución de cambiar de frecuencia para mejorar la conexión de la estación a la consola para esto tuvimos que desinstalar la estación para poder cambiar el ID, lo hicimos cambiando los interruptores en la tarjeta de la estación (ISS) siguiendo las instrucciones del soporte de INSAK.

Primero se hizo una prueba, retirando la tapa frontal de la ISS para acceder a los interruptores

de configuración, la prueba fue subiendo el último switch el numero 4 para activar el testigo LED de la tarjeta, sé verifico que el LED parpadeara correctamente para verifica que la tarjeta tenía energía y está transmitiendo, se volvió a bajar el switch para no agotar la batería del equipo como se muestra en la **Figura 19**.



*Figura 19.* Primera prueba Fuente: Elaboración propia

La estación viene por defecto en el canal 1 mostrada en la **Figura 20** para cambiar la frecuencia la configuramos en el canal 5, después de esto los switch deben de quedar abajo y el primero arriba, una vez configurado este nuevo canal se vuelve a colocar la tapa asegurando que todo quede bien conectado.



Figura 20. Cambio de frecuencia Fuente: Elaboración propia

Ya después de hacer este proceso en la estación meteorológica, nos dirigimos a la consola para configurar el nuevo canal.



Figura 21. Nuevo canal meteorológico Fuente: Elaboración propia

En la **Figura 21** se hace el ingreso a la pantalla principal de la consola en donde se muestra que no hay conexión y tocamos el icono de la casa, se va a mostrar el menú de configuraciones y le damos en la opción donde está la silueta de usuario en esta se muestra

configuración de la consola y nos vamos a la opción que dice Estaciones y sensores.

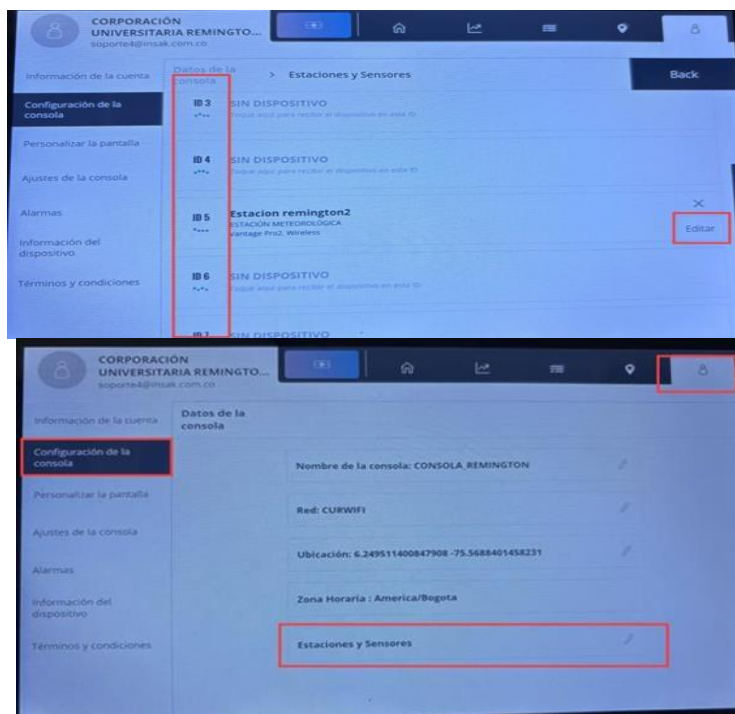


Figura 22. Manejo interior de la consola Fuente: Elaboración propia.

En la **Figura 22** donde se abre toda la lista de frecuencias disponibles que van del ID 1 hasta el ID 8, buscamos el ID 5 y le damos en la opción de editar. La **Figura 23** se abre una nueva ventana donde se configura agregando el nombre para el nuevo ID y también está la opción de activar los sensores reales que tiene la estación dejando marcada las casillas de Temperatura/humedad, lluvia y viento que son los sensores con los que contamos dejamos desactivadas las demás opciones que son sensores adicionales que se pueden adicionar a nuestra estación meteorológica, acá también la opción de que esta es la estación principal.

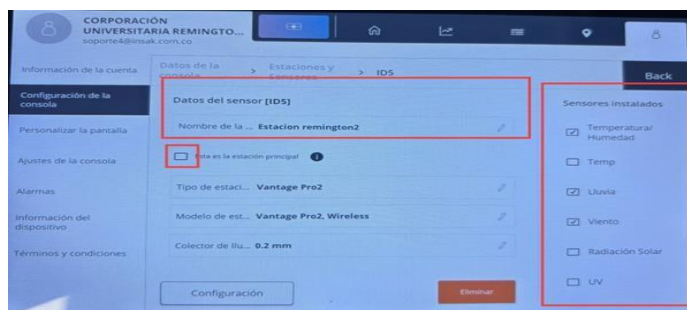


Figura 23. Opciones con sensores adicionales Fuente: Elaboración propia.

Al implementar esto no se vio ningún tipo de cambio entonces lo que se hizo fue reiniciar como muestra la **Figura 24** para que en la consola empezara aparecer la nueva frecuencia.



Figura 24. Reinicio de la consola Fuente: Elaboración propia

Ya reiniciando esto se debe ver en información del dispositivo el ID 5 ya conectada como esta en la **Figura 25**.

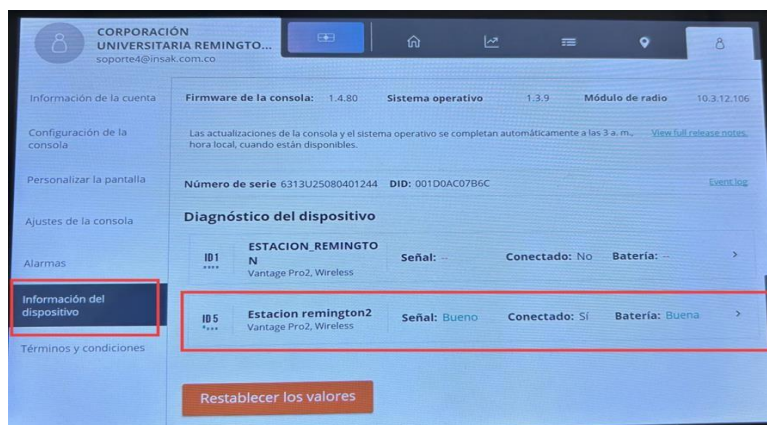


Figura 25. ID 5 conectada Fuente: Elaboración propia

Después de este paso se debe configurar todas las variables para que estén en la nueva frecuencia.



Figura 26. Configuración de las variables de la nueva frecuencia (Fuente: Elaboración propia)

Al ingresar al menú de personalizar se muestra una lista de opciones cómo en la **Figura 26** le tenemos que dar a la opción que quieres que aparezca en el menú principal en esta opción se le debe de dar editar.

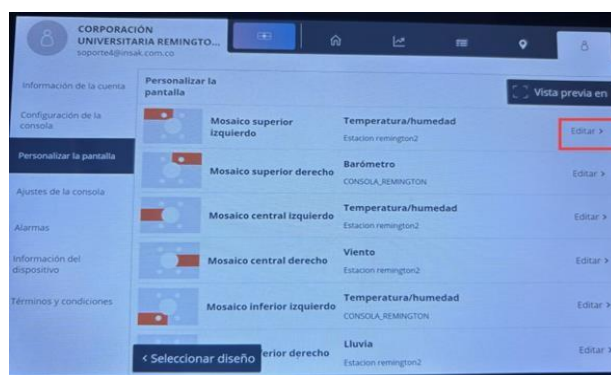


Figura 27. Personalización de opciones Fuente: Elaboración propia

La consola nos pide elegir cuál de los ID se va a utilizar ya que la consola quedó con 2 frecuencias diferentes, este mismo proceso se debe hacer en todas las variables para que la estación meteorológica muestre los datos con esta nueva frecuencia como se muestra en la **Figura 28**.



Figura 28. Variables en la estación meteorológica Fuente: Elaboración propia

Ya haciendo este proceso queda ya configurado todo el panel principal con la nueva frecuencia de ID 5 en donde hasta el momento no se ha vuelto a desconectar la estación con la consola por lo que esta fue la solución que hubo para que se pueda tener los datos sin ningún problema.

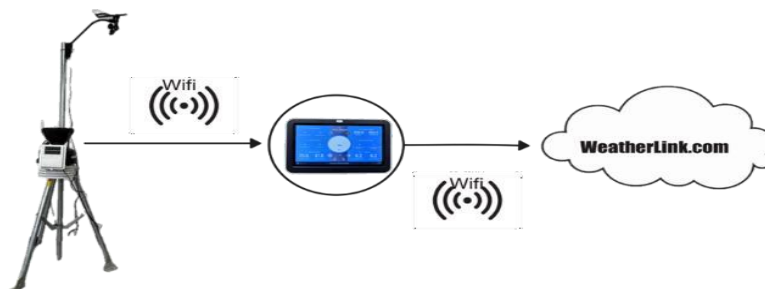


Figura 29. Nueva configuración terminada Fuente: Elaboración propia

La **Figura 29** se da una representación de cómo se ve en weatherlink el ID 1 que esta nombrada como ESTACION REMINGTON esta es la frecuencia de 908 MHz y esta ID5 que esta nombrada como Estacion Remington 2 que está en frecuencia 928 MHz.

## 4.6. Procesamiento

**4.6.1. Esquema de conectividad.** La **Figura 30** muestra un resume visual de como los datos pasan desde la estación meteorológica a la consola y finalmente a la plataforma web de weatherlink.com. A la izquierda se ve la estación meteorológica Vantage Pro2 inalámbrica de esta es donde sale toda la información (temperatura, lluvia, humedad y vientos), la transmisión utiliza una señal inalámbrica que funciona por radio frecuencias según las indicaciones tiene un alcance de hasta 300 metros, estas señales son recibidas por la consola weatherlink de pantalla táctil esta se conectan directamente a internet por un red Wi-fi para poder subir los datos a la nube, de la consola se pasan los datos a WeatherLink.com que es la plataforma en la web en esta se permite ver la información desde cualquier lugar mediante la aplicación o el navegador (Davis Instruments, 2024).



*Figura 30.* Esquema de conectividad Fuente: Weatherlink (2024)

**4.6.2. Plataforma Weatherlink.** Esta plataforma permite darle seguimiento en tiempo real de los datos meteorológicos de la estación instalada en la terraza de la universidad Uniremington torre 2 a través de una cuenta de usuario suministrada por el proveedor insak a continuación se va a dar un manual donde se va a explicar los pasos para utilizar esta plataforma (WeatherLink, 2023).

- a) Ingresar a la plataforma por medio del enlace: <https://www.weatherlink.com/> con

el usuario y contraseña suministrada por el proveedor como se muestra en la Figura 31.



Figura 31. Plataforma Weatherlink Fuente: Weatherlink (2024)

#### b) Manejo de interfaz

Las **Figura 32** y **Figura 33** presenta el panel principal de la plataforma WeatherLink en esta se observan las gráficas estadísticas de lluvia, temperatura, humedad y velocidad del viento.

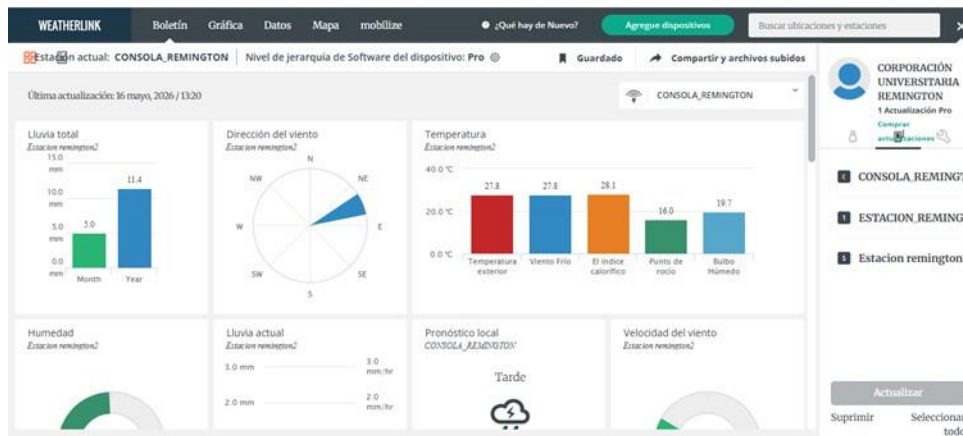


Figura 32. Manejo de interfaz Fuente: Weatherlink (2024)

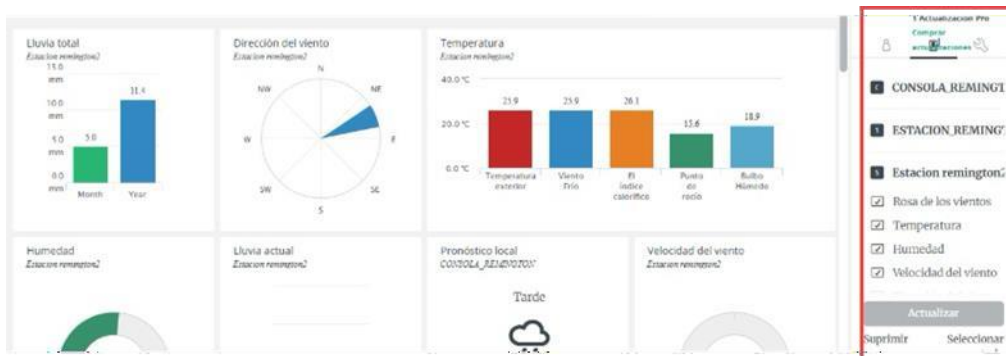


Figura 33. Información general en la interfaz Fuente: Weatherlink (2024)

En la **Figura 34** se muestra la información general de las gráficas que se están mostrando, en esta parte se puede modificar para mostrar el gráfico que quieras ver

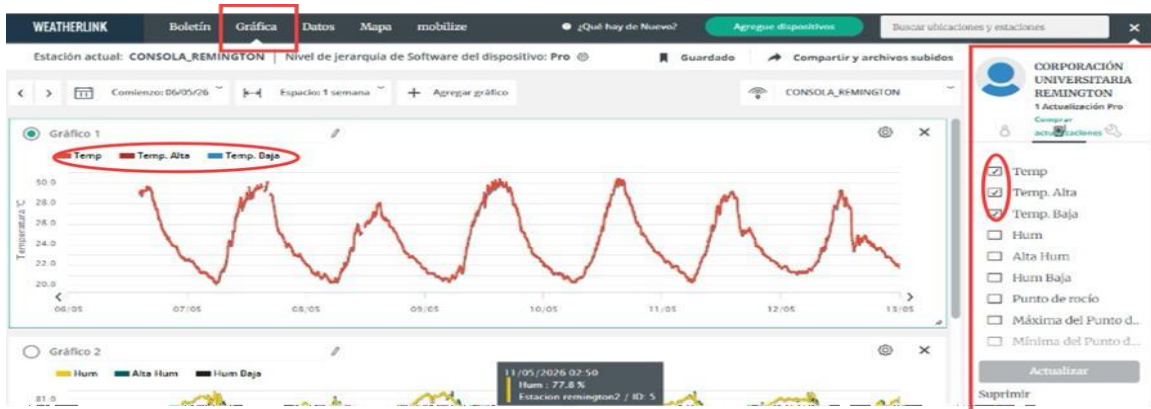


Figura 34. Opciones de datos Fuente: Weatherlink (2024)

En la **Figura 35** en la sección de datos de la plataforma donde se despliega una tabla detallada de los diferentes tipos de variables meteorológicas que registra la estación, en la margen izquierda se observa el filtro de fecha en la cual se puede cambiar por si se quiere saber los datos de un día exacto también en la tabla se muestra que la toma de datos es cada 15 minutos la cual nos permite ver el cambio de estas variables meteorológica (WeatherLink, 2023).

Fecha & Hora ↑		CONSOLA_REMINGTON							
Ocultar unidades		Temperatura Interior / Hum							
		Temperatura Interior	Máxima Temperatura Interior	Mínima de Temp Interior	Dentro de Hum	Máxima de Hum Interior	Mínima de Hum Interior	Dentro del punto de rocío	Inside Wet Bulb
		°C	°C	°C	%	%	%	°C	°C
03/02/2026 - 15:00		23.3	23.3	23.3	66.0	66.5	66.0	17.1	—
03/02/2026 - 15:15		23.3	23.3	22.9	66.2	66.9	66.2	16.6	18.7
03/02/2026 - 15:30		23.6	23.9	23.3	63.4	66.4	63.1	16.2	18.5
03/02/2026 - 15:45		24.5	25.2	23.6	59.5	67.2	58.9	16.1	18.8
03/02/2026 - 16:00		24.5	24.6	24.4	58.9	59.6	58.9	15.9	18.7
03/02/2026 - 16:15		24.7	24.7	24.5	58.0	59.0	57.8	15.9	18.7
03/02/2026 - 16:30		24.5	24.7	24.5	57.8	58.1	57.6	15.7	18.5
03/02/2026 - 16:45		23.8	24.5	23.8	55.7	57.9	55.6	14.4	17.6
03/02/2026 - 17:00		23.8	23.9	23.6	57.7	57.7	54.8	15.0	17.9
03/02/2026 - 17:15		24.7	24.7	23.8	61.8	62.0	57.6	16.9	19.3
03/02/2026 - 17:30		24.6	24.7	24.6	61.7	62.0	59.9	16.8	19.2

Figura 35. Resumen mensual Fuente: Weatherlink (2024)

En la **Figura 36** se muestra el resumen mensual de la plataforma, que a diferencia de los datos en tiempo real este genera un reporte por días donde se exporta los datos históricos en esta se muestra el mes, el nombre de la estación, las coordenadas de longitud y latitud, la ubicación de la estación, la elevación sobre el nivel del mar y la zona horaria cada fila corresponde a un día del mes donde se ven las variables de temperatura, precipitación, presión y vientos esta también se puede descargar en un pdf (WeatherLink, 2023).

APRIL 2026		Medellín, Antioquia COL																		
DATOS CLIMATOLÓGICOS LOCALES		CONSOLA REMINGTON																		
DAVIS INSTRUMENTS, WEATHERLINK NETWORK		Lat.: 6.2495   Long.: -75.5688   Elev (suelo): 1476 m   Zona Horaria : America/Bogota																		
Fecha	TEMPERATURA °C						GD BASE 18.3°		PRECIPITACIÓN (MM)	PRESIÓN (HPA)		VIENTO VELOCIDAD = M/S DIR. = GRADOS								Fecha
	MÁXIMO	MÍNIMA	PROMEDIO	PROMEDIO PTO. DE ROCÍO	PROMEDIO BULBO HUMEDO	CALENTAMIENTO	ENFRIAMIENTO	AGUA EQUIV.	PROMEDIO ESTACIÓN	PROMEDIO NIVEL DEL MAR	RESULTANTE VELOCIDAD	RES. DIR.	PROMEDIO VELOCIDAD	MÁX DE VIENTO						
														INSTANTÁNEO		2 - MIN.		ARCHIVO		
														VELOCIDAD	DIR.	VELOCIDAD	DIR.	VELOCIDAD	DIR.	
01	28.3	18.8	21.5	16.0	17.8	0.000	2.372	3.2	849.3	1014.7	0.3	251	1.1	11.1	264	8.8	278	5.8	292	01
02	28.7	18.6	22.0	16.3	18.1	0.000	3.709	0.0	849.7	1015.1	0.3	18	1.0	10.0	15	7.1	9	5.7	22	02
03	29.7	18.1	21.9	16.0	17.9	0.001	3.547	4.6	849.8	1015.3	0.1	123	1.2	16.1	180	11.5	209	9.5	202	03
04	31.5	19.2	22.8	16.7	18.6	0.000	4.426	3.2	849.1	1014.5	0.3	134	1.1	9.4	180	5.7	208	4.8	202	04
05	26.4	20.0	21.9	17.4	18.8	0.000	3.574	0.2	849.4	1014.9	0.1	58	0.9	8.2	281	5.9	286	5.5	292	05

Figura 36. Exportación de datos (Fuente: Weatherlink (2024))

Exportación de datos de la fecha que quieras, en esta no descarga un archivo directo para evitar sobrecargas ya que el volumen de los datos es grande el usuario debe ingresar una dirección de correo para que le llegue un vínculo en el cual pueda descargar un Excel con toda la información arrojada por la estación meteorológica se descarga por medio del vínculo de Download Export



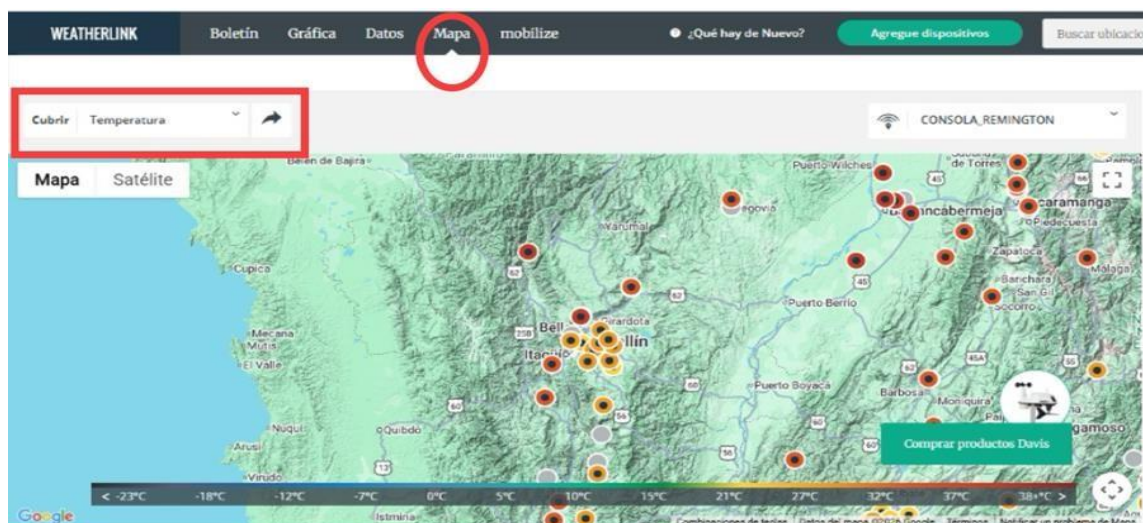


Figura 39. Mapa de red de estaciones. (Fuente: Weatherlink (2024))

#### 4.7. Cuidados de la estación

- a) Visitas periódicas a la estación para mirar en qué estado se encuentra.
- b) Limpieza periódica con paños brevemente humedecido con detergente.
- c) Tener en cuenta la vida útil de las baterías para su respectivo cambio.
- d) Mantener la consola en un espacio fresco sin alteraciones de ambiente.
- e) Realizar mantenimientos periódicos por personal capacitado como mínimo cada año y así garantizar que la lectura de datos tomados son los verdaderos.
- f) Tener en cuenta las condiciones de instalación.
- g) Mantener los parámetros de configuración.
- h) Realizar descargas periódicas de datos para poderse identificar posibles problemas.

#### 4.8. Anemómetro

- a) Comprobar la orientación de la veleta anualmente seccionándose que la orientación sea en el norte

b) Verificar los desgastes de las cazoleta y veleta en caso de que se encuentre en mal estado estos deben ser remplazados para garantizar una correcta medición de las variables meteorológicas.

c) Limpiar las cazoletas y veletas con un trapo con agua y detergente ya que en estas piezas se acumulan el polvo y esto altera la sensibilidad de el sensor

#### **4.9. Pluviómetro**

a) Desmontar las piezas para limpiar el colector de lluvia con agua y jabón

b) Retirar el colector de lluvia y con un cepillo limpiar las cavidades del balancín ya que en esta se acumula barro.

c) Verificar si están bien puestos los pinchos para pájaros los excrementos de los pájaros pueden obstruir el colector de lluvia, para utilizar los pinchos para pájaros, inserte un pincho en cada encaje alrededor del borde del cono y en el centro.

#### **4.10. Sensor de temperatura y humedad**

a) Limpiar los platos del escudo para evitar formación de hongos.

b) Si se va a hacer una limpieza profunda se debe mirar en el manual de instrucciones como es el desmonte del escudo contra la radiación, teniendo muy cuidado con el sensor de temperatura y humedad.

c) Asegúrese de volver a montar siempre las placas en el mismo orden en que se desmontaron.

Se utilizo una unión de la estación meteorológica con un trípode ya existente en el edificio, se realizaron visitas para confirmar el correcto montaje de la estación garantizando una correcta instalación.

Con el monitoreo continuo de la consola y el sitio web se pudieron detectar varios errores que

estaban afectando los datos, durante un día lluvioso después de la instalación la consola no registro ningún evento de lluvia por lo cual tuvimos que desinstalar para verificar los sensores de lluvia en la cual nos dimos cuenta de que una de las guayas de seguridad no había sido retirada por lo que se procedió a retirar y a verificar si el balancín si estaba contando los pulsos lo cual se verifico que está correcto

La estación se instaló con el anemómetro y el pluviómetro orientada en una dirección diferente a la recomendada lo que nos estaba generando que la rosa de viento entregara datos errores y que el panel solar no trabajara con la mayor eficiencia de carga mediante el uso de una brújula se corrigió la orientación del anemómetro y el panel solar corrigiendo los datos dados por la estación meteorológica.

El proceso más importante de la puesta en marcha de la estación fue la perdida de datos por interferencias en la frecuencia en la cual operaba la estación meteorológica la cual causaba cortes constantes de desconexión para solucionar esto se contó con asesoría de la empresa INSAK donde se hizo el cambio de frecuencia que opera en 928 MHz la cual nos dio la solución a la perdida constante de datos dejando así en funcionamiento esta estación meteorológica.

#### **4.11. Identificación de condiciones y proceso de instalación**

El primer paso consistió en identificar las condiciones físicas disponibles en la terraza de la Torre 2 y evaluar la compatibilidad entre el equipo y la infraestructura existente, se encontró que la terraza contaba con un trípode metálico ya instalado, cuyas dimensiones permitían acoplar la estación Davis Vantage Pro2 mediante abrazaderas sin necesidad de perforar la losa ni alterar la impermeabilización del edificio; esta solución, además de ser económica, respetó las restricciones estructurales del inmueble y garantizó la estabilidad y nivelación requeridas por los sensores (Davis Instruments, 2023).

Durante las visitas de inspección posteriores a la instalación se identificaron tres problemas que afectaban la calidad de los datos, el primero fue la presencia de una guaya de seguridad en el pluviómetro que impedía el movimiento del balancín y, por tanto, el registro de la precipitación, el segundo fue la orientación incorrecta de la veleta del anemómetro (apuntando al Oeste en lugar del Norte verdadero) y del panel solar (dirigido hacia el Norte, con poca exposición a la trayectoria solar); el tercero fue la pérdida periódica de la señal inalámbrica entre la estación y la consola, que ocurría de manera progresiva hasta generar desconexiones totales en horario de mediodía, la tabla siguiente resume estos hallazgos y las acciones correctivas ejecutadas.

Tabla 5. Problemas identificados durante la puesta en marcha y soluciones implementadas.

<b>Problema identificado</b>	<b>Causa técnica</b>	<b>Solución implementada</b>
Falta de registro de lluvia	Guaya de seguridad del pluviómetro sin retirar	Corte de la guaya por personal autorizado; verificación del balancín (5 pulsos = 1,0 mm)
Orientación incorrecta de sensores	Veleta apuntando al Oeste; panel solar sin exposición directa	Corrección con brújula: veleta al Norte verdadero, pluviómetro mirando al Sur
Pérdida periódica de señal inalámbrica	Interferencia de frecuencia 908 MHz en zona céntrica de Medellín	Cambio al canal 5 (928 MHz) en tarjeta ISS y configuración de la consola

Elaboración propia con base en los registros de campo y el soporte técnico de INASK.

Estos hallazgos son coherentes con lo señalado por Morocho y Vázquez (2017), quienes advierten que la instalación de estaciones meteorológicas en entornos urbanos densos enfrenta interferencias electromagnéticas que no existen en ambientes rurales o despoblados, del mismo modo, Peña (2016) destaca que la orientación inadecuada de los sensores es uno de los errores más frecuentes en la puesta en marcha de equipos automáticos, y que su corrección oportuna es determinante para la validez de los datos históricos acumulados.

#### **4.12. Parametrización y estandarización de la configuración.**

Una vez solucionados los problemas físicos de instalación, se procedió a parametrizar la consola y la plataforma WeatherLink, la presión atmosférica fue convertida de pascales (Pa) a hectopascales (hPa), unidad empleada por el SIATA en sus estaciones del Valle de Aburrá, lo que facilitará la comparación de datos en estudios futuros (SIATA, 2023). La temperatura quedó configurada en grados Celsius (°C) conforme al Sistema Internacional de Unidades y a los estándares (IDEAM, 2018).

El cambio de mayor impacto técnico fue la reconfiguración del canal de transmisión inalámbrica, siguiendo las instrucciones de DAVIS (2026), se accedió a la tarjeta electrónica de la

ISS y se modificaron los interruptores de configuración para pasar del canal 1 (908 MHz, frecuencia libre de uso común en el entorno urbano) al canal 5 (928 MHz, frecuencia de menor saturación en el área), el mismo cambio se realizó en la consola, donde se creó el ID 5 con los sensores activos (temperatura/humedad, lluvia y viento), y se reasignaron todas las variables de la pantalla principal a la nueva frecuencia. Desde entonces, la estación no ha vuelto a presentar desconexiones, lo que confirma que la interferencia de frecuencia era el origen del problema.

### 4.13. Verificación del funcionamiento de los sensores

La verificación de cada sensor se realizó mediante comprobaciones directas en campo, siguiendo los protocolos descritos por Davis Instruments (2023) e INASK (2026), la Tabla 6 resume los resultados obtenidos para cada componente del sistema.

*Tabla 6.* Verificación del estado operativo de los sensores de la estación Davis Vantage Pro2

<b>Sensor</b>	<b>Parámetro verificado</b>	<b>Resultado</b>	<b>Estado</b>
Pluviómetro	Conteo de pulsos del balancín	0,2 mm por accionamiento (5 = 1,0 mm)	✓ Correcto
Anemómetro / Veleta	Orientación Norte verdadero	Corregido con brújula	✓ Correcto
Panel solar	Orientación al Sur	Corregido; carga estable	✓ Correcto
Enlace inalámbrico	Continuidad en la transmisión de datos	Sin desconexiones tras cambio a 928 MHz	✓ Correcto
Sensores de T° y HR (consola)	Lectura interior permanente	Datos continuos; no dependen de la ISS	✓ Correcto

Elaboración propia con base en los protocolos de verificación de Davis Instruments (2023) e INASK (2026).

La verificación del pluviómetro se realizó accionando manualmente el balancín cinco veces consecutivas y confirmando que la consola registrara exactamente 1,0 mm acumulado (0,2 mm por accionamiento), tal como especifica el fabricante (Davis Instruments, 2023), este procedimiento es fundamental porque un balancín con residuos de suciedad o desajuste mecánico puede generar lecturas por debajo del valor real, subestimando eventos de lluvia de baja intensidad (Orellana et al., 2020).

La corrección de la orientación de la veleta y el panel solar se validó comparando los datos de dirección del viento registrados antes y después del ajuste en la plataforma WeatherLink, antes de la corrección, la rosa de viento mostraba dominancia consistente desde el Oeste,

dirección que no coincidía con los registros de las estaciones SIATA cercanas; tras la corrección con brújula, los datos de dirección del viento quedaron alineados con los patrones esperados para el Valle de Aburrá, donde predominan los vientos del Norte y el Noreste en las horas de la tarde (SIATA, 2023).

#### 4.14. Muestra de datos registrados en condiciones de operación estable

Una vez resueltos todos los inconvenientes y verificada la operación correcta de cada sensor, la estación comenzó a registrar de manera continua y confiable las variables meteorológicas. Tabla 7 presenta una muestra representativa de cinco días consecutivos de registro, con el fin de ilustrar el tipo de información que el equipo está en capacidad de generar para futuras investigaciones.

*Tabla 7.* Muestra de datos registrados por la estación Davis Vantage Pro2 en condiciones de operación estable (marzo de 2026)

<b>Fecha</b>	<b>T° (°C)</b>	<b>HR (%)</b>	<b>Pto. rocío (°C)</b>	<b>Precip. (mm)</b>	<b>Viento (km/h)</b>
Mar 2026 – Día 1	22,4	78	18,2	0,0	3,2
Mar 2026 – Día 2	23,1	72	17,6	0,0	4,5
Mar 2026 – Día 3	19,8	91	18,4	12,4	1,8
Mar 2026 – Día 4	21,5	85	18,9	3,6	2,1
Mar 2026 – Día 5	24,0	68	17,5	0,0	6,3

Fuente: Elaboración propia.

Los datos de la Tabla 7 muestran un comportamiento coherente con el régimen hidrometeorológico del Valle de Aburrá: en los días sin lluvia, la humedad relativa se mantiene entre 68 % y 78 %, mientras que en los días con precipitación supera el 85 %, el punto de rocío varía en correspondencia con la humedad relativa, confirmando que el cálculo automático de la consola sigue los valores esperados según la ecuación de Magnus-Tetens (OMM, 2018), esta consistencia interna entre variables es un indicador de que el equipo está operando correctamente y que los datos son aptos para ser utilizados en análisis comparativos con estaciones de la red

SIATA (Ramírez y Saldarriaga, 2016).

Estos registros constituyen una línea base para estudios futuros en áreas como la hidrología urbana, la gestión del drenaje pluvial del campus y la caracterización micro climática del entorno universitario, todos ellos temas directamente relacionados con la práctica de la ingeniería civil en contextos urbanos de alta densidad como el centro de Medellín.

#### **4.15. Discusión**

Los resultados obtenidos durante la instalación y puesta en marcha de la estación meteorológica evidencian que el desempeño de estos sistemas depende no solo de la calidad del equipo, sino también de las condiciones físicas y operativas de su implementación, en este sentido, Davis Instruments (2023) sostiene que una instalación adecuada requiere garantizar estabilidad estructural, correcta nivelación y ausencia de obstáculos que alteren las mediciones. Los hallazgos de esta investigación coinciden con dicha postura, puesto que la utilización del trípode existente en la terraza permitió cumplir con los requisitos técnicos sin afectar la impermeabilización de la infraestructura, asegurando simultáneamente la estabilidad del sistema.

Por otra parte, los problemas detectados durante las primeras etapas de funcionamiento confirman lo planteado por Peña (2016), quien señala que los errores más frecuentes en estaciones meteorológicas automáticas se relacionan con la orientación incorrecta de los sensores y con deficiencias en los procedimientos iniciales de verificación; en el caso estudiado, la orientación errónea de la veleta y del panel solar generó inconsistencias en los registros de dirección del viento y disminuyó la eficiencia energética del sistema; la corrección mediante brújula permitió obtener mediciones coherentes con los patrones meteorológicos regionales, validando la importancia de este procedimiento dentro de la fase de instalación.

De manera complementaria, Morocho y Vázquez (2017) advierten que los entornos

urbanos presentan condiciones particulares asociadas a la presencia de infraestructuras de telecomunicaciones que pueden afectar el funcionamiento de sistemas inalámbricos, los resultados obtenidos respaldan esta afirmación, ya que la estación presentó pérdidas recurrentes de comunicación cuando operaba en la frecuencia de 908 MHz, la ubicación de la universidad en una zona con alta densidad de antenas y dispositivos electrónicos favoreció la aparición de interferencias electromagnéticas que comprometían la continuidad de los registros; el cambio hacia la frecuencia de 928 MHz eliminó las desconexiones observadas, demostrando que la selección adecuada del canal de transmisión constituye un factor crítico para garantizar la confiabilidad de los datos.

Respecto al proceso de parametrización, los resultados muestran concordancia con los lineamientos técnicos establecidos por el IDEAM (2018) y el SIATA (2023), los cuales recomiendan la utilización de unidades normalizadas para facilitar la interoperabilidad y comparación de la información meteorológica. La configuración de la temperatura en grados Celsius y de la presión atmosférica en hectopascales permitió estandarizar los registros y hacerlos compatibles con otras redes de monitoreo regional, fortaleciendo así las posibilidades de análisis comparativo y validación futura.

En relación con la verificación de sensores, Davis Instruments (2023) establece que cada componente debe ser sometido a pruebas funcionales específicas antes de considerar operativa una estación meteorológica, los resultados obtenidos corroboran este planteamiento. La comprobación manual del pluviómetro mediante el accionamiento controlado del balancín confirmó la sensibilidad nominal de 0,2 mm por pulso, mientras que la evaluación del enlace inalámbrico permitió verificar la estabilidad de la comunicación después de la modificación de frecuencia, estos resultados coinciden con lo señalado por Orellana et al. (2020), quienes destacan

que la validación periódica de los sensores reduce significativamente los errores de medición y mejora la calidad de las series históricas.

Igualmente, la comparación de los registros de dirección del viento antes y después de la corrección de orientación mostró un comportamiento más coherente con los patrones meteorológicos reportados por el SIATA (2023) para el Valle de Aburrá, este hallazgo evidencia que pequeñas desviaciones en la instalación pueden generar errores sistemáticos importantes y refuerza la necesidad de aplicar protocolos rigurosos de calibración y verificación antes de iniciar la captura de datos para fines investigativos.

Finalmente, la muestra de datos obtenida durante los primeros días de operación estable demuestra la consistencia interna del sistema de medición, según la Organización Meteorológica Mundial (OMM, 2018), la coherencia entre temperatura, humedad relativa, punto de rocío y precipitación constituye uno de los principales indicadores de calidad de una estación automática, los registros observados presentan precisamente este comportamiento esperado, ya que los incrementos en la humedad relativa coinciden con eventos de precipitación y con variaciones congruentes en el punto de rocío. Esta relación también es consistente con los análisis desarrollados por Ramírez y Saldarriaga (2016) para estaciones meteorológicas del Valle de Aburra.

## Conclusiones

Se lograron identificar y resolver las condiciones físicas y técnicas que impedían el funcionamiento de la estación meteorológica Davis Vantage Pro2 en la terraza de la Torre 2 de la Corporación Universitaria Remington, el acople del equipo al trípode existente mediante abrazaderas resultó ser una solución eficiente que evitó intervenciones en la estructura del edificio, respetando la impermeabilización de la losa y garantizando la nivelación necesaria para la correcta operación de los sensores.

La parametrización de las unidades de medida frente a la conversión de la presión a hectopascales (hPa) y uso del grado Celsius (°C) como unidad de temperatura estandarizó los registros de la estación con los criterios del IDEAM y la OMM, condición indispensable para que los datos puedan compararse con los de otras redes de monitoreo regional, en particular con las estaciones del SIATA en el Valle de Aburrá.

La pérdida periódica de datos por interferencias en la señal inalámbrica fue el problema más relevante del proceso de puesta en marcha, su solución, mediante el cambio del canal de transmisión de 908 MHz a 928 MHz, eliminó las desconexiones y restableció la continuidad en el registro de las variables meteorológicas; este hallazgo ilustra un desafío típico de la instrumentación hidrometeorológica en entornos urbanos de alta densidad, donde la saturación del espectro radioeléctrico puede afectar significativamente la calidad de los datos (Morocho y Vázquez, 2017).

La verificación sensor por sensor permitió confirmar que el pluviómetro, el anemómetro, la veleta y el sensor de temperatura y humedad relativa operan dentro de los parámetros especificados por el fabricante; la corrección de la orientación de la veleta al Norte verdadero y del panel solar hacia el Sur, realizada con brújula, fue determinante para obtener datos válidos de

dirección del viento y para asegurar una carga adecuada de las baterías del equipo.

Con la estación en condiciones de operación estable y confiable, la Corporación Universitaria Remington cuenta ahora con una fuente de datos meteorológicos locales de acceso continuo, que podrá ser aprovechada en investigaciones sobre drenaje pluvial, gestión del riesgo climático, caracterización micro climática de la universidad y formación práctica en ingeniería civil, el proceso documentado en este trabajo puede, además, servir como referencia metodológica para la instalación y puesta en marcha de equipos similares en otros campus universitarios del país.

## Referencias.

Agrawal, R., Núñez-Peiró, M., & Lizana, J. (2026). The evolution of citizen weather stations in urban climate research: A bibliometric analysis. *Urban Climate*.

<https://doi.org/10.1016/j.uclim.2026.102808>

Área Metropolitana del Valle de Aburrá. (2019). Sistema de Alerta Temprana de Medellín y Valle de Aburrá: objetivos y estructura.

<https://www.metropol.gov.co/ambiental/siata/paginas/que-es.aspx>

Budiawan, I., Ananda, N., Wicaksana, H., Burohman, A., Mukhlis, F., Ekawati, E., & Kurniadi, D. (2026). A Study on Environmental Sensors for Low-Cost Weather Stations. *Engineering Innovations*, 17, 57 - 74.

<https://doi.org/10.4028/p-x0od4y>

Davis Instruments. (2023). Vantage Pro2 — Especificaciones técnicas. Davis Instruments Corp.

<https://www.davisinstruments.com/pages/vantage-pro2>

DAVIS. (2010). MANUAL DAVIS VANTAGE PRO 2.

Dombrowski, O., Hendricks-Franssen, H., Brogi, C., & Bogena, H. (2021). Performance of the ATMOS41 All-in-One Weather Station for Weather Monitoring. *Sensors (Basel, Switzerland)*, 21. <https://doi.org/10.3390/s21030741>

González Arias, C., Tobar Molano, J., Mosquera, V. H., & González, L. J. (2011). Gutama

Morocho, M. P., & Vázquez Patiño, J. J. (2017). Prototipo de un dispositivo de adquisición, almacenamiento y transmisión de datos meteorológicos usando los

transductores de la estación DAVIS 6162 Wireless Vantage Pro2 Plu

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). (2018). Guía metodológica de la operación estadística variables meteorológicas. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. [https://www.ideam.gov.co/sites/default/files/mapa-de-procesos/m-gci-m-g002\\_guia\\_metodologica\\_de\\_la\\_operacion\\_estadistica\\_variables\\_meteorologicas.pdf](https://www.ideam.gov.co/sites/default/files/mapa-de-procesos/m-gci-m-g002_guia_metodologica_de_la_operacion_estadistica_variables_meteorologicas.pdf)

Kalaany, C., Kimaita, H., Abdelmoneim, A., Khadra, R., Derardja, B., & Dragonetti, G. (2025). The Potential of Low-Cost IoT-Enabled Agrometeorological Stations: A Systematic Review. *Sensors* (Basel, Switzerland), 25. <https://doi.org/10.3390/s25196020>

Orellana, K. P., Salinas, F. A., Novillo, G. L., Rodas, A. V., & Ávila, I. M. (2020). Registrador de datos pluviométricos basado en el microcontrolador ATMEL y el transeptor LoRa. *Latin-American Journal of Computing*, 7(2), 108-123.

Organización Meteorológica Mundial (OMM). (2018). Guía de instrumentos y métodos de observación meteorológicos (OMM-N° 8). Secretaría de la OMM. [https://web.directemar.cl/met/jturno/documentos/wmo\\_8-2014\\_es.pdf](https://web.directemar.cl/met/jturno/documentos/wmo_8-2014_es.pdf)

Pardo-García, A., & Castellanos-González, L. (2017). Monitoreo de variables meteorológicas a través de un sistema inalámbrico de adquisición de datos. *Revista Colombiana de Tecnologías de Avanzada*, 1(29), 333–340. <https://doi.org/10.24054/16927257.v29.n29.2017.2569>

Peña Castellanos, L. (2016). Instalación y calibración de estaciones meteorológicas automáticas

en entornos universitarios: experiencias y recomendaciones. *Ingeniu*, 8(1).

[https://revistas.uptc.edu.co/index.php/ingenieria\\_sogamos](https://revistas.uptc.edu.co/index.php/ingenieria_sogamos)

Pluviógrafo electrónico con transmisión de datos inalámbrica. *Revista Colombiana de Física*, 43(1). [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2027-83062018000100333](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2027-83062018000100333)

Ramírez Luján, C., & Saldarriaga Ramírez, S. (2016). Soluciones de conectividad y procesamiento de datos para la estación meteorológica Davis Vantage pro 2.

Rivera, A., Ponce, P., Mata, O., Molina, A., & Meier, A. (2023). Diseño y desarrollo de estaciones meteorológicas locales para un monitoreo ambiental rentable y el intercambio de datos en tiempo real. *Sensors (Basilea, Suiza)*, 23. <https://doi.org/10.3390/s23229060>

Sistema de Alerta Temprana de Medellín y el Valle de Aburrá (SIATA). (2023). ¿Qué es SIATA? Área Metropolitana del Valle de Aburrá. [https://siata.gov.co/sitio\\_web/index.php/nosotros](https://siata.gov.co/sitio_web/index.php/nosotros)

Ureña Elizondo, J. M. (2011). Utilización de estaciones meteorológicas automáticas como nueva alternativa para el registro y transmisión de datos. *Tópicos Meteorológicos y Oceanográficos*, 12(1), 48–59. <https://www.researchgate.net/publication/325919482>

Vos, L., Leijnse, H., Overeem, A., & Uijlenhoet, R. (2016). The potential of urban rainfall monitoring with crowdsourced automatic weather stations in Amsterdam. *Hydrology and Earth System Sciences*, 21, 765-777. <https://doi.org/10.5194/hess-21-765-2017>

WeatherLink. (2023). WeatherLink — Plataforma de datos meteorológicos en tiempo real. Davis

Instruments Corp. <https://www.weatherlink.com>