



Universidad de Panamá

Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y Tecnología

Escuela de Física

*Adecuación, instalación y prueba de una estación meteorológica de bajo costo, utilizando
el Sparkfun Weather Shield con Arduino UNO*

Asesor: Noriel Correa y Marciano Santamaria

Autor: **Mary Jael Jiménez Ocalagan**

Trabajo de graduación presentado a la Facultad de Ciencias
Naturales, Exactas y Tecnología como requisito para optar por
el título de Licenciado en Física

Primer Semestre

Panamá

2023

Dedicatoria

A Dios, por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

A mi padre Jorge Jiménez, por siempre motivarme a seguir adelante y siempre estar en mi vida. Por nunca rendirme a pesar de las situaciones difíciles

A mi madre Milka Ocalagan, por luchar y echar hacia delante a pesar de las muchas dificultades. Gracias mama

A mis hermanas, Susana y Hannah, por siempre animarme y estar presente para mí.

Al resto de mi familia, por siempre creer en mí y siempre motivarme a ser la mejor persona que yo puedo ser.

A mí misma, a pesar de las dificultades y los malos momentos lo logramos. Recuerda que eres capaz de hacer todo lo que te propongas.

Agradecimiento

Quiero agradecerle a Dios por permitirme llegar a esta meta de vida. Por darme la fuerza la paciencia y la salud para lograr esta Hazaña.

Quiero expresar mi profundo agradecimiento al Profesor Noriel Correa y al Profesor Marciano Santamaria por su guía, sugerencias, paciencia y toda la ayuda que me brindaron durante esta experiencia.

Quiero agradecer a los profesores que me impartieron clases a lo largo de mi carrera, por haberme motivado en seguir adelante y estudiar, y por todas las enseñanzas que me brindaron.

A todas aquellas personas que me apoyaron de manera directa o indirecta a la culminación de este trabajo, gracias.

Quiero agradecerle a mi compañero Luis Valdes por motivarme a esforzarme y culminar la carrera.

Tabla de Contenido

Resumen1

Capítulo 12

Introducción2

1.1 Consideraciones Generales2

1.2 Justificación4

1.2.1 Importancia de una estación meteorológica.4

1.3. Estructura de Tesis5

1.4. Objetivos generales y Objetivo específico5

1.4.1. Objetivos generales:5

1.4.2. Objetivos específicos:5

Capítulo 26

Marco Teórico6

2.1. ¿Qué podemos entender cómo clima?6

2.2 El Tiempo atmosférico7

2.3. La meteorología8

2.4. ¿Qué es una estación meteorológica?8

2.5. Variables ambientales8

2.6. Instrumentos de medición9

2.7. Arduino10

2.8 Estación Davis Vantage Pro11

2.9 Validación de datos12

2.10 El Coeficiente de correlación de Pearson14

2.10.1 Correlación intraclase14

2.11 Software de estadística15

Capítulo 316

Metodología experimental16

3.1. Instrumentación 17

3.1.1 Placa Arduino UNO17

3.1.2 Reloj RTC17

3.1.3 Spark fun Weather Shield18

3.1.4 Sensor de humedad HTU21D19

3.1.5 Sensor de presión barométrica MPL3115A220

| | |
|---|------------|
| 3.1.6. Weather meter kit | 21 |
| 3.1.7. Pantalla de Stevenson o Protector de radiación solar | 22 |
| 3.2. Fases de investigación y prueba. | 22 |
| 3.3. Fase de configuración, montaje y recolección de datos | 23 |
| 3.4. Fase de tratamiento estadístico de datos. | 26 |
| Capítulo 4 | 27 |
| Resultados | 27 |
| 4.1. Figuras de gráficas de la temperatura obtenida por las estaciones. | 27 |
| 4.2. Figuras de gráficas de humedad relativa obtenidas por las estaciones. | 35 |
| 4.3. Figuras de gráficas de presión atmosférica obtenidas por las estaciones. | 42 |
| 4.4. Figuras de gráficas de rapidez del viento obtenidas por las estaciones. | 50 |
| 4.5. Figuras de gráficas de precipitación pluvial obtenidas por las estaciones. | 58 |
| 4.6. Figuras de gráficas de precipitación diaria obtenidas por las estaciones. | 64 |
| Capítulo 5 | 69 |
| Análisis | 69 |
| 5.1 Análisis de las gráficas de temperatura | 69 |
| 5.2 Análisis de las gráficas de humedad relativa | 75 |
| 5.3 Análisis de las gráficas de presión atmosférica | 81 |
| 5.4 Análisis de las gráficas de rapidez del viento | 87 |
| 5.5 Análisis de las gráficas de precipitación pluvial | 93 |
| 5.6 Análisis de las gráficas de precipitación diaria | 97 |
| Tabla de correlación intraclase de cada parámetro. | 102 |
| Capítulo 6 | 103 |
| Conclusión y recomendaciones | 103 |
| 6.1 Conclusión | 103 |
| 6.2 Recomendaciones | 104 |
| Referencias | 105 |
| Anexos | 107 |

Tabla de figuras:

- Ilustración 1. Mapa de climas de Panamá (Atlas nacional de la Republica de Panamá, 1988).7
- Ilustración 2. Placa Arduino UNO. (Arduino Store, n.d.)17
- Ilustración 3.reloj RTC DS1307 (Real Time Clock DS1307 RTC I2C Module AT24C32 with Battery, n.d.)18
- Illustration 4.Spark fun Weather Shield. (Sparkfun, 2017)19
- Ilustración 5.sensor de humedad y temperatura Si7021. (Sparkfun, 2017)20
- Ilustración 6.Sensor de presión barométrica MPL3115A2, (Sparkfun, 2017)21
- Ilustración 7.El Pluviómetro . (Sparkfun, 2017)21
- Ilustración 8.Anemómetro (Sparkfun, 2017)22
- Ilustración 9.Pantalla de Stevenson (Korzh, 2022)22
- Ilustración 10.Esquema de sistema completo en placa de prueba. Fuente: cámara personal23
- Ilustración 11.Circuito en Fritzing. Fuente: cámara personal24
- Ilustración 12.Caminos de cobre para la placa final. Fuente: cámara personal24
- Ilustración 13.Placa final con Weather shield. Fuente: cámara personal25
- Ilustración 14.Pantalla de Stevenson con sistema elaborado listo para el montaje. Fuente: cámara personal25
- Ilustración 15.Sistema elaborado montado cerca de la estación Davis Vantage Pro en la colina, Universidad de Panamá. Fuente: cámara personal26
- Ilustración 16.Gráfica del comportamiento de la temperatura atmosférica del 17 de febrero del 2022 . En rojo podemos observar el comportamiento de la temperatura obtenido por la estación Davis Vantage Pro. Del color negro observamos el comportamiento de la temperatura por la weather shield.28
- Ilustración 17.Gráfica del comportamiento de la temperatura atmosférica del 18 de febrero del 2022 . En rojo podemos observar el comportamiento de la temperatura obtenido por la estación Davis Vantage Pro. Del color negro observamos el comportamiento de la temperatura obtenida por la weather shield.28
- Ilustración 18.Gráfica del comportamiento de la temperatura atmosférica del 19 de febrero del 2022. En rojo podemos observar el comportamiento de la temperatura obtenido por la estación Davis Vantage Pro. Del color negro observamos el comportamiento de la temperatura obtenida por la weather shield.28
- Ilustración 19.Gráfica del comportamiento de la temperatura atmosférica del 20 de febrero del 2022. En rojo podemos observar el comportamiento de la temperatura obtenido por la estación Davis Vantage Pro. Del color negro observamos el comportamiento de la temperatura obtenida por la weather shield.29
- Ilustración 20.Gráfica del comportamiento de la temperatura atmosférica del 21 de febrero del 2022. En rojo podemos observar el comportamiento de la temperatura obtenido por la estación Davis Vantage Pro. Del color negro observamos el comportamiento de la temperatura obtenida por la weather shield.29
- Ilustración 21.Gráfica del comportamiento de la temperatura atmosférica del 22 de febrero del 2022. En rojo podemos observar el comportamiento de la temperatura obtenido por la estación

Davis Vantage Pro. Del color negro observamos el comportamiento de la temperatura obtenida por la weather shield.30

Ilustración 22.Gráfica del comportamiento de la temperatura atmosférica del 23 de febrero del 2022. En rojo podemos observar el comportamiento de la temperatura obtenido por la estación Davis Vantage Pro. Del color negro observamos el comportamiento de la temperatura obtenida por la weather shield.30

Ilustración 23.Gráfica del comportamiento de la temperatura atmosférica del 24 de febrero del 2022. En rojo podemos observar el comportamiento de la temperatura obtenido por la estación Davis Vantage Pro. Del color negro observamos el comportamiento de la temperatura obtenida por la weather shield.31

Ilustración 24. Gráfica del comportamiento de la temperatura atmosférica del 25 de febrero del 2022. En rojo podemos observar el comportamiento de la temperatura obtenido por la estación Davis Vantage Pro. Del color negro observamos el comportamiento de la temperatura obtenida por la weather shield.31

Ilustración 25.Gráfica del comportamiento de la temperatura atmosférica del 26 de febrero del 2022. En rojo podemos observar el comportamiento de la temperatura obtenido por la estación Davis Vantage Pro. Del color negro observamos el comportamiento de la temperatura obtenido por la weather shield.32

Ilustración 26. Gráfica del comportamiento de la temperatura atmosférica del 27 de febrero del 2022. En rojo podemos observar el comportamiento de la temperatura obtenido por la estación Davis Vantage Pro. Del color negro observamos el comportamiento de la temperatura obtenido por la weather shield.32

Ilustración 27.Gráfica del comportamiento de la temperatura atmosférica del 28 de febrero del 2022. En rojo podemos observar el comportamiento de la temperatura obtenido por la estación Davis Vantage Pro. Del color negro observamos el comportamiento de la temperatura obtenido por la weather shield.33

Ilustración 28.Gráfica del comportamiento de la temperatura atmosférica del 1 de marzo del 2022.En rojo podemos observar el comportamiento de la temperatura obtenido por la estación Davis Vantage Pro. Del color negro observamos el comportamiento de la temperatura obtenido por la weather shield.33

Ilustración 29.Gráfica del comportamiento de la temperatura atmosférica del 2 de marzo del 2022. En rojo podemos observar el comportamiento de la temperatura obtenido por la estación Davis Vantage Pro. Del color negro observamos el comportamiento de la temperatura obtenido por la weather shield.34

Ilustración 30.Gráfica del comportamiento de la temperatura atmosférica del 3 de marzo del 2022. En rojo podemos observar el comportamiento de la temperatura obtenido por la estación Davis Vantage Pro. Del color negro observamos el comportamiento de la temperatura obtenido por la weather shield.34

Ilustración 31.Gráfica del comportamiento de la humedad relativa del 17 de febrero del 2022. En rojo podemos observar el comportamiento de la temperatura obtenido por la estación Davis Vantage Pro. Del color negro observamos el comportamiento de la temperatura obtenido por la weather shield.35

Ilustración 32.Gráfica del comportamiento de la humedad relativa del 18 de febrero del 2022. En rojo podemos observar el comportamiento de la temperatura obtenido por la estación Davis

Pro. Del color negro observamos el comportamiento de la temperatura obtenida por la weather shield.41

Ilustración 44. Gráfica del comportamiento de la humedad relativa del 2 de marzo del 2022. En rojo podemos observar el comportamiento de la temperatura obtenido por la estación Davis Vantage Pro. Del color negro observamos el comportamiento de la temperatura obtenida por la weather shield.41

Ilustración 45. Gráfica del comportamiento de la humedad relativa del 3 de marzo del 2022. En rojo podemos observar el comportamiento de la temperatura obtenido por la estación Davis Vantage Pro. Del color negro observamos el comportamiento de la temperatura obtenida por la weather shield.42

Ilustración 46. Gráfica del comportamiento de la presión atmosférica del 17 de febrero del 2022. En rojo podemos observar el comportamiento de la temperatura obtenido por la estación Davis Vantage Pro. Del color negro observamos el comportamiento de la temperatura obtenido por la weather shield.43

Ilustración 47. Gráfica del comportamiento de la presión atmosférica del 18 de febrero del 2022. En rojo podemos observar el comportamiento de la temperatura obtenido por la estación Davis Vantage Pro. Del color negro observamos el comportamiento de la temperatura obtenido por la weather shield.43

Ilustración 48. Gráfica del comportamiento de la presión atmosférica del 19 de febrero del 2022. En rojo podemos observar el comportamiento de la temperatura obtenido por la estación Davis Vantage Pro. Del color negro observamos el comportamiento de la temperatura obtenido por la weather shield.44

Ilustración 49. Gráfica del comportamiento de la presión atmosférica del 20 de febrero del 2022. En rojo podemos observar el comportamiento de la temperatura obtenido por la estación Davis Vantage Pro. Del color negro observamos el comportamiento de la temperatura obtenido por la weather shield.44

Ilustración 50. Gráfica del comportamiento de la presión atmosférica del 21 de febrero del 2022. En rojo podemos observar el comportamiento de la temperatura obtenido por la estación Davis Vantage Pro. Del color negro observamos el comportamiento de la temperatura obtenido por la weather shield.45

Ilustración 51. Gráfica del comportamiento de la presión atmosférica del 22 de febrero del 2022. En rojo podemos observar el comportamiento de la temperatura obtenido por la estación Davis Vantage Pro. Del color negro observamos el comportamiento de la temperatura obtenido por la weather shield.45

Ilustración 52. Gráfica del comportamiento de la presión atmosférica del 23 de febrero del 2022. En rojo podemos observar el comportamiento de la temperatura obtenido por la estación Davis Vantage Pro. Del color negro observamos el comportamiento de la temperatura obtenido por la weather shield.46

Ilustración 53. Gráfica del comportamiento de la presión atmosférica del 24 de febrero del 2022. En rojo podemos observar el comportamiento de la temperatura obtenido por la estación Davis Vantage Pro. Del color negro observamos el comportamiento de la temperatura obtenido por la weather shield.46

Ilustración 54. Gráfica del comportamiento de la presión atmosférica del 25 de febrero del 2022. En rojo podemos observar el comportamiento de la temperatura obtenido por la estación Davis

Vantage Pro. Del color negro observamos el comportamiento de la temperatura obtenido por la weather shield.47

Ilustración 55. Gráfica del comportamiento de la presión atmosférica del 26 de febrero del 2022. En rojo podemos observar el comportamiento de la temperatura obtenido por la estación Davis Vantage Pro. Del color negro observamos el comportamiento de la temperatura obtenido por la weather shield.47

Ilustración 56. Gráfica del comportamiento de la presión atmosférica del 27 de febrero del 2022. En rojo podemos observar el comportamiento de la temperatura obtenido por la estación Davis Vantage Pro. Del color negro observamos el comportamiento de la temperatura obtenido por la weather shield.48

Ilustración 57. Gráfica del comportamiento de la presión atmosférica del 28 de febrero del 2022. En rojo podemos observar el comportamiento de la temperatura obtenido por la estación Davis Vantage Pro. Del color negro observamos el comportamiento de la temperatura obtenido por la weather shield.48

Ilustración 58. Gráfica del comportamiento de la presión atmosférica del 1 de marzo del 2022. En rojo podemos observar el comportamiento de la temperatura obtenido por la estación Davis Vantage Pro. Del color negro observamos el comportamiento de la temperatura obtenido por la weather shield.49

Ilustración 59. Gráfica del comportamiento de la presión atmosférica del 2 de marzo del 2022. En rojo podemos observar el comportamiento de la temperatura obtenido por la estación Davis Vantage Pro. Del color negro observamos el comportamiento de la temperatura obtenido por la weather shield.49

Ilustración 60. Gráfica del comportamiento de la presión atmosférica del 3 de marzo del 2022. En rojo podemos observar el comportamiento de la temperatura obtenido por la estación Davis Vantage Pro. Del color negro observamos el comportamiento de la temperatura obtenido por la weather shield.50

Ilustración 61. Gráfica del comportamiento de la rapidez del viento del 17 de febrero del 2022. En rojo podemos observar el comportamiento de la temperatura obtenido por la estación Davis Vantage Pro. Del color negro observamos el comportamiento de la temperatura obtenido por la weather shield.51

Ilustración 62. Gráfica del comportamiento de la rapidez del viento del 18 de febrero del 2022. En rojo podemos observar el comportamiento de la temperatura obtenido por la estación Davis Vantage Pro. Del color negro observamos el comportamiento de la temperatura obtenido por la weather shield.51

Ilustración 63. Gráfica del comportamiento de la rapidez del viento del 19 de febrero del 2022. En rojo podemos observar el comportamiento de la temperatura obtenido por la estación Davis Vantage Pro. Del color negro observamos el comportamiento de la temperatura obtenido por la weather shield.52

Ilustración 64. Gráfica del comportamiento de la rapidez del viento del 20 de febrero del 2022. En rojo podemos observar el comportamiento de la temperatura obtenido por la estación Davis Vantage Pro. Del color negro observamos el comportamiento de la temperatura obtenido por la weather shield.52

Ilustración 65. Gráfica del comportamiento de la rapidez del viento del 21 de febrero del 2022. En rojo podemos observar el comportamiento de la temperatura obtenido por la estación Davis

Vantage Pro. Del color negro observamos el comportamiento de la temperatura obtenido por la weather shield.53

Ilustración 66.Gráfica del comportamiento de la rapidez del viento del 22 de febrero del 2022. En rojo podemos observar el comportamiento de la temperatura obtenido por la estación Davis Vantage Pro. Del color negro observamos el comportamiento de la temperatura obtenido por la weather shield.53

Ilustración 67.Gráfica del comportamiento de la rapidez del viento del 23 de febrero del 2022. En rojo podemos observar el comportamiento de la temperatura obtenido por la estación Davis Vantage Pro. Del color negro observamos el comportamiento de la temperatura obtenido por la weather shield.54

Ilustración 68.Gráfica del comportamiento de la rapidez del viento del 24 de febrero del 2022. En rojo podemos observar el comportamiento de la temperatura obtenido por la estación Davis Vantage Pro. Del color negro observamos el comportamiento de la temperatura obtenido por la weather shield.54

Ilustración 69.Gráfica del comportamiento de la rapidez del viento del 25 de febrero del 2022. En rojo podemos observar el comportamiento de la temperatura obtenido por la estación Davis Vantage Pro. Del color negro observamos el comportamiento de la temperatura obtenido por la weather shield.55

Ilustración 70.Gráfica del comportamiento de la rapidez del viento del 26 de febrero del 2022. En rojo podemos observar el comportamiento de la temperatura obtenido por la estación Davis Vantage Pro. Del color negro observamos el comportamiento de la temperatura obtenido por la weather shield.55

Ilustración 71.Gráfica del comportamiento de la rapidez del viento del 27 de febrero del 2022. En rojo podemos observar el comportamiento de la temperatura obtenido por la estación Davis Vantage Pro. Del color negro observamos el comportamiento de la temperatura obtenido por la weather shield.56

Ilustración 72.Gráfica del comportamiento de la rapidez del viento del 28 de febrero del 2022. En rojo podemos observar el comportamiento de la temperatura obtenido por la estación Davis Vantage Pro. Del color negro observamos el comportamiento de la temperatura obtenido por la weather shield.56

Ilustración 73.Gráfica del comportamiento de la rapidez del viento del 1 de marzo del 2022. En rojo podemos observar el comportamiento de la temperatura obtenido por la estación Davis Vantage Pro. Del color negro observamos el comportamiento de la temperatura obtenido por la weather shield.57

Ilustración 74.Gráfica del comportamiento de la rapidez del viento del 2 de marzo del 2022. En rojo podemos observar el comportamiento de la temperatura obtenido por la estación Davis Vantage Pro. Del color negro observamos el comportamiento de la temperatura obtenido por la weather shield.57

Ilustración 75.Gráfica del comportamiento de la rapidez del viento del 3 de marzo del 2022. En rojo podemos observar el comportamiento de la temperatura obtenido por la estación Davis Vantage Pro. Del color negro observamos el comportamiento de la temperatura obtenido por la weather shield.58

Ilustración 76.Gráfica del comportamiento de la precipitación pluvial del 17 de Mayo del 2022. En rojo podemos observar el comportamiento de la temperatura obtenido por la estación Davis

Vantage Pro. Del color negro observamos el comportamiento de la temperatura obtenido por la weather shield.65

Ilustración 88. Gráfica del comportamiento de la precipitación diaria del 19 de mayo del 2022. En rojo podemos observar el comportamiento de la temperatura obtenido por la estación Davis Vantage Pro. Del color negro observamos el comportamiento de la temperatura obtenido por la weather shield.65

Ilustración 89. Gráfica del comportamiento de la precipitación diaria del 20 de mayo del 2022. En rojo podemos observar el comportamiento de la temperatura obtenido por la estación Davis Vantage Pro. Del color negro observamos el comportamiento de la temperatura obtenido por la weather shield.65

Ilustración 90. Gráfica del comportamiento de la precipitación diaria del 21 de mayo del 2022. En rojo podemos observar el comportamiento de la temperatura obtenido por la estación Davis Vantage Pro. Del color negro observamos el comportamiento de la temperatura obtenido por la weather shield.66

Ilustración 91. Gráfica del comportamiento de la precipitación diaria del 22 de mayo del 2022. En rojo podemos observar el comportamiento de la temperatura obtenido por la estación Davis Vantage Pro. Del color negro observamos el comportamiento de la temperatura obtenido por la weather shield.66

Ilustración 92. Gráfica del comportamiento de la precipitación diaria del 23 de mayo del 2022. En rojo podemos observar el comportamiento de la temperatura obtenido por la estación Davis Vantage Pro. Del color negro observamos el comportamiento de la temperatura obtenido por la weather shield.67

Ilustración 93. Gráfica del comportamiento de la precipitación diaria del 24 de mayo del 2022. En rojo podemos observar el comportamiento de la temperatura obtenido por la estación Davis Vantage Pro. Del color negro observamos el comportamiento de la temperatura obtenido por la weather shield.67

Ilustración 94. Gráfica del comportamiento de la precipitación diaria del 25 de mayo del 2022. En rojo podemos observar el comportamiento de la temperatura obtenido por la estación Davis Vantage Pro. Del color negro observamos el comportamiento de la temperatura obtenido por la weather shield.68

Ilustración 95. Gráfica del comportamiento de la precipitación diaria del de mayo del 2022. En rojo podemos observar el comportamiento de la temperatura obtenido por la estación Davis Vantage Pro. Del color negro observamos el comportamiento de la temperatura obtenido por la weather shield.68

Ilustración 96. Tratamiento estadístico de temperatura del 17 de febrero del 2022.69

Ilustración 97. Tratamiento estadístico de temperatura del 18 de febrero del 2022.70

Ilustración 98. Tratamiento estadístico de temperatura del 19 de febrero del 2022.70

Ilustración 99. Tratamiento estadístico de temperatura del 20 de febrero del 2022.70

Ilustración 100. Tratamiento estadístico de temperatura del 21 de febrero del 2022.71

Ilustración 101. Tratamiento estadístico de temperatura del 22 de febrero del 2022.71

Ilustración 102. Tratamiento estadístico de temperatura del 23 de febrero del 2022.71

Ilustración 103. Tratamiento estadístico de temperatura del 24 de febrero del 2022.72

Ilustración 104. Tratamiento estadístico de temperatura del 25 de febrero del 2022.72

Ilustración 105. Tratamiento estadístico de temperatura del 26 de febrero del 2022.72

Ilustración 106. Tratamiento estadístico de temperatura del 27 de febrero del 2022.73

Ilustración 151. Tratamiento estadístico de la rapidez del viento del 27 de febrero del 2022.91
Ilustración 152. Tratamiento estadístico de la rapidez del viento del 28 de febrero del 2022.91
Ilustración 153. Tratamiento estadístico de la rapidez del viento del 1 de marzo del 2022.92
Ilustración 154. Tratamiento estadístico de la rapidez del viento del 2 de marzo del 2022.92
Ilustración 155. Tratamiento estadístico de la rapidez del viento del 3 de marzo del 2022.92
Ilustración 156. Tratamiento estadístico de la precipitación pluvial del 17 de mayo del 2022.94
Ilustración 157. Tratamiento estadístico de la precipitación pluvial del 18 de mayo del 2022.94
Ilustración 158. Tratamiento estadístico de la precipitación pluvial del 19 de mayo del 2022.94
Ilustración 159. Tratamiento estadístico de la precipitación pluvial del 19 de mayo del 2022.95
Ilustración 160. Tratamiento estadístico de la precipitación pluvial del 21 de mayo del 2022.95
Ilustración 161. Tratamiento estadístico de la precipitación pluvial del 22 de mayo del 2022.95
Ilustración 162. Tratamiento estadístico de la precipitación pluvial del 23 de mayo del 2022.96
Ilustración 163. Tratamiento estadístico de la precipitación pluvial del 24 de mayo del 2022.96
Ilustración 164. Tratamiento estadístico de la precipitación pluvial del 25 de Mayo del 2022.96
Ilustración 165. Tratamiento estadístico de la precipitación pluvial del 26 de mayo del 2022.97
Ilustración 166. Tratamiento estadístico de la precipitación diaria del 17 de mayo del 2022.98
Ilustración 167. Tratamiento estadístico de la precipitación diaria del 18 de mayo del 2022.98
Ilustración 168. Tratamiento estadístico de la precipitación diaria del 19 de mayo del 2022.99
Ilustración 169. Tratamiento estadístico de la precipitación diaria del 20 de mayo del 2022.99
Ilustración 170. Tratamiento estadístico de la precipitación diaria del 21 de mayo del 2022.99
Ilustración 171. Tratamiento estadístico de la precipitación diaria del 22 de mayo del 2022.100
Ilustración 172. Tratamiento estadístico de la precipitación diaria del 23 de mayo del 2022.100
Ilustración 173. Tratamiento estadístico de la precipitación diaria del 24 de mayo del 2022.100
Ilustración 174. Tratamiento estadístico de la precipitación diaria del 25 de mayo del 2022.101
Ilustración 175. Tratamiento estadístico de la precipitación diaria del 26 de mayo del 2022.101

Resumen

Nuestro clima cada día es más impredecible, y en los últimos años hemos padecido de cambios climáticos que han afectado nuestro diario vivir, tanto para los productores, agricultores, arquitectos, aficionados y personas en general.

Las estaciones meteorológicas nos permiten realizar estudios a través de la recolección de datos ambientales que nos ayudarán a predecir los eventos meteorológicos. Estas se utilizan para medir, de manera regular, los diferentes parámetros ambientales de un área. Una estación meteorológica de igual forma nos permite dar seguimiento al comportamiento ambiental a través de un tiempo específico, dándonos así acceso a información del comportamiento de la atmósfera en tiempos pasados. Este monitoreo nos otorga la posibilidad de desarrollar modelos predictivos de sucesos climáticos en un futuro próximo.

Sin embargo, estas estaciones son de alto costo, por tal motivo nuestro trabajo tiene como finalidad adecuar, probar y validar la confiabilidad de una estación meteorológica de bajo costo y fácil desarrollo como la Sparkfun Weather Shield con Arduino. La utilización de Arduino como base trae en sí beneficios como por ejemplo de programación sencilla y directa, tiene un software ampliable y de código abierto.

En este proyecto ensamblaremos una estación meteorológica de bajo costo y fácil desarrollo utilizando la Placa Arduino, complementado con el Sparkfun Weather shield, sensores y módulos compatibles.

La recolección de datos se logró por un periodo de 15 días consecutivos, a excepción de los datos de lluvia que fueron 10 días por motivos del clima. Cada día se recolectaron datos por un periodo de 24 horas consecutivas. Luego de esto se procedió a graficar cada parámetro y darle un tratamiento de correlación intraclase utilizando el software estadístico IBM SPSS Statistics.

Capítulo 1

Introducción

1.1 Consideraciones Generales

La atmósfera es una mezcla de gases que rodean nuestro planeta. La atmósfera está continuamente cambiando, no de forma drástica, pero sí lo suficiente como para producir cambios en el clima de una zona. Estos cambios afectan a los seres humanos de forma directa e indirecta. El clima de nuestro ecosistema es muy importante en el desarrollo de la vida diaria, sin embargo, también puede afectar la vida de las personas que trabajan en la construcción y elaboración de proyectos, ya sea que estén expuestas al Sol o la lluvia. “El clima desempeña un papel significativo en muchos procesos fisiológicos, desde la concepción y el crecimiento de los seres vivos hasta la salud y la enfermedad.” (Cardenas, 2018)

El clima es el efecto a largo plazo de la radiación solar sobre la superficie y la atmósfera de nuestro planeta. La palabra clima viene del griego klima, que hace referencia a la inclinación del Sol y aunque el tiempo cambia erráticamente, es posible encontrar un comportamiento regular de esas variaciones, definiendo el clima. El modo más fácil de interpretarlo es en términos de la información estadística de muchos años del tiempo, medias anuales o estacionales de temperatura y precipitaciones, en un lugar o región dada, que incluye variaciones extremas y la probabilidad que tales anomalías se produzcan.

“Podemos definir clima, con más precisión, como el estado del sistema, caracterizado por valores medios, extremos, medidas de dispersión y otras cantidades que caracterizan la estructura y el comportamiento de la atmósfera, la hidrósfera y la cromosfera sobre un período de tiempo” (P. Peixoto & Oort, 1992).

Por otro lado, tenemos que “tiempo” son las condiciones atmosféricas en un momento dado para un determinado lugar. Es el estado en que se encuentra la atmósfera en ese momento en cortos períodos, generalmente horas o pocos días.

Sin embargo, muchas personas confunden tiempo climático o atmosférico con clima. El tiempo atmosférico se refiere al estado de la atmósfera en períodos cortos y el clima se refiere al comportamiento habitual o predominante durante períodos largos de tiempo.

“La climatología es la ciencia que estudia la serie de estados atmosféricos que se suceden habitualmente en un determinado lugar. Está basada en el estudio de los datos meteorológicos” (Rodrigues, 2012).

Los parámetros medidos por la climatología son la temperatura, humedad, precipitación, rapidez y velocidad del viento, entre otros parámetros. La Meteorología es la ciencia aplicada que estudia la atmósfera y los fenómenos que en ella se producen con el objetivo de predecir su evolución a corto y medio plazo (predicción del tiempo). También tiene como fin la creación de estadísticas con los eventos y magnitudes medidos asociados a un lugar y tiempo.

Las estaciones meteorológicas tienen un alto costo, tanto en producción como en mantenimiento, por tal razón nuestro proyecto consiste en adecuar una placa preelaborada que nos permita tener una estación meteorológica de bajo costo, que se pueda usar en cualquier lugar utilizando Arduino.

Para complementar este proyecto utilizaremos el Sparkfun Weather Shield, donde se encuentran todos los sensores que nos permitirán obtener una medición de bajo costo y fácil desarrollo.

El Weather Shield es un escudo de Sparkfun y es fácil de usar, que permite medir la presión barométrica, la humedad relativa, la luminosidad y la temperatura; a la vez podemos integrar otros sensores opcionales con los que podremos medir la velocidad y dirección del viento, y la precipitación.

1.2 Justificación

1.2.1 Importancia de una estación meteorológica.

El objetivo fundamental de una estación meteorológica es el de medir y registrar los valores de parámetros atmosféricos actuales o en corto tiempo.

Estas se utilizan para medir de manera regular los diferentes parámetros ambientales de un área determinada. Una estación meteorológica de igual forma nos permite dar seguimiento al comportamiento ambiental de un tiempo específico. Este monitoreo nos otorga la posibilidad de desarrollar modelos predictivos de sucesos climáticos en un futuro próximo. De igual forma muchos científicos utilizan datos obtenidos por estaciones meteorológicas para lograr relacionar un fenómeno estudiado con las condiciones ambientales monitoreadas. Estos registros nos permiten comprobar si el fenómeno estudiado es afectado por parámetros como la temperatura del aire, la humedad relativa, la presión atmosférica, la radiación y la lluvia, entre otros.

Uno de los mayores ejemplos que podemos mencionar sobre la importancia de las estaciones meteorológicas es el cambio climático y sus efectos. Sin embargo, una estación meteorológica comercial tiene un costo aproximado de \$1,500.00, Sin agregar el precio del mantenimiento. De tal forma que una estación de bajo costo utilizando el software y hardware libre de Arduino sería una solución.

La utilización de Arduino como base trae en sí sus beneficios de programación sencilla y directa, de igual forma este tiene un software ampliable y de código abierto. Arduino es fácil de usar dado que está basado en el entorno de programación de Processing, la cual da libertad de modificar los programas permitiendo desarrollar diversos tipos de proyectos.

1.3. Estructura de Tesis

- El primer capítulo cuenta con las consideraciones generales, justificación, objetivo general y objetivos específicos.
- En el segundo capítulo veremos con más detalles los conceptos del clima, la meteorología y los implementos que se deben tener en una estación meteorológica.
- En el tercer capítulo explicaremos el método experimental y los detalles de los instrumentos utilizados para el desarrollo de esta tesis. De igual forma veremos en qué consiste la utilización del sistema de Sparkfun Weather shield y los elementos externos a esta y la programación en Arduino, sujeta al funcionamiento esperado del sistema.
- En el cuarto capítulo hablaremos sobre los resultados recolectados en la fase de configuración, montaje y recolección de datos y sus respectivos análisis utilizando el software estadístico IBM SPSS Statistics, validando así la posibilidad de tener una estación meteorológica de bajo costo y fácil ejecución

1.4. Objetivos generales y Objetivo específico

1.4.1. Objetivos generales:

Adeuar, probar y validar la confiabilidad calculando el coeficiente de correlación de Pearson de una estación meteorológica de bajo costo y fácil desarrollo como la Sparkfun Weather Shield con Arduino.

1.4.2. Objetivos específicos:

- Incorporar el Weather Shield y los elementos externos correspondientes a la placa Arduino UNO.
- Registrar las mediciones obtenidas por el sistema Weather Shield
- Validar los datos obtenidos calculando el coeficiente de correlación de Pearson, mediante software estadístico IBM SPSS Statistics .

Capítulo 2

Marco Teórico

2.1. ¿Qué podemos entender cómo clima?

El clima se puede entender como las condiciones que se dan debido a interacciones y condiciones que caracterizan a un área específica tales como la presión atmosférica, la humedad relativa, la temperatura, la precipitación, y el viento.

El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés, The Intergovernmental Panel on Climate Change) define el clima como el estado más frecuente de la atmósfera de un lugar de la superficie terrestre; es decir, una descripción estadística de las condiciones meteorológicas más frecuentes de una región en cierto periodo de tiempo.

“El clima de un lugar es el tiempo que hace normalmente en ese lugar a lo largo de los meses y los años. La Organización Meteorológica Mundial (O.M.M.) en la Conferencia de Varsovia (1935) definió como clima las condiciones meteorológicas medias para el mes y el año, calculadas sobre un período de 30 años.” (Rodrigues, 2012)

Se han intentado esquemas de clasificación que incluya todas las posibles variantes del clima produciendo así mismos esquemas unívocos claramente definidos. El sistema de clasificación más utilizado es el del Dr. Wladimir Köppen. Esta es inicialmente publicada en 1918 y es modificada hasta su publicación definitiva en 1936. La clasificación de Köppen está basada en la temperatura y precipitación media mensual y anual. Se usa la vegetación nativa para denominar los tipos de climas. Köppen divide el clima en tres diferentes tipos de clima. Estos tres tipos de climas son: el clima cálido, el clima templado, y por último el clima frío. Estos tres climas están distribuidos sobre cinco secciones. Köppen divide el globo en cinco grandes zonas climáticas. Estos tipos de climas tienen a su vez distintos sub-climas. Los sub-climas del clima cálido son el ecuatorial, el tropical, y el subtropical árido. Los sub-climas del clima templado son el mediterráneo, el oceánico, y el continental. Por último, los sub-climas del clima frío son el polar y de montaña alta.

Nuestro país Panamá se encuentra dentro de la zona geográfica que tiene clima cálido y sub-climas ecuatorial y tropical, también conocido como intertropical.

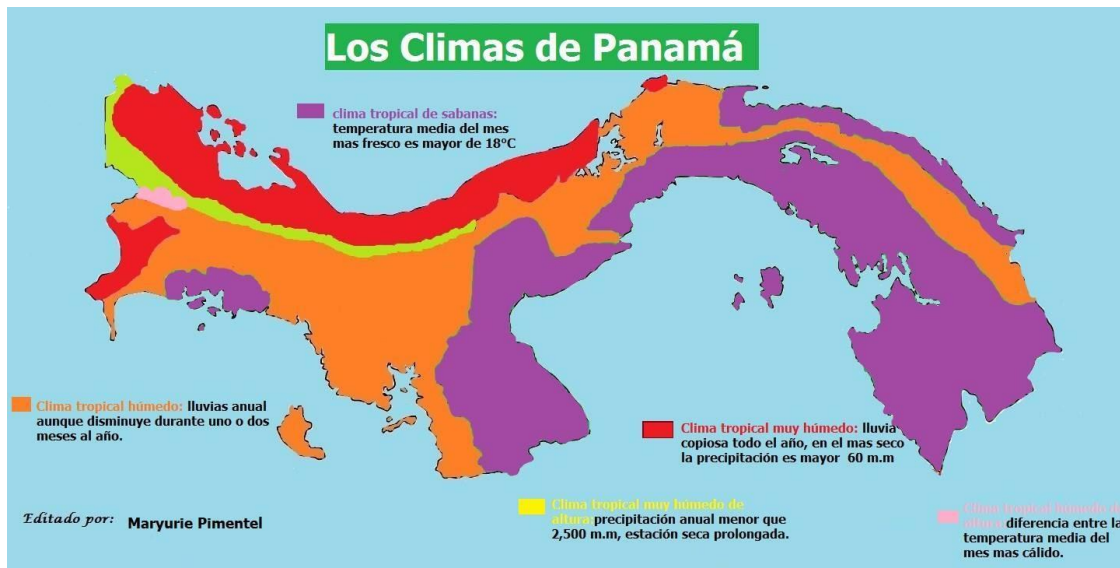


Ilustración 1. Mapa de climas de Panamá (Atlas nacional de la Republica de Panamá, 1988).

Climas tropicales son los climas de las regiones afectadas durante todo el año por la lluvia. Se trata de una estrecha franja alrededor del Ecuador que aparece dominada por masas de aire y por las llamadas masas de aire marítimo ecuatorial. Las precipitaciones son abundantes todo el año.

2.2 El Tiempo atmosférico

Se puede definir como el estado de la atmósfera en un momento determinado correspondiente al lugar de observación. Como el estado de la atmósfera es dinámico (por ejemplo, aumento o disminución de la temperatura), el tiempo puede ser volátil.

2.3. La meteorología

La Meteorología es la ciencia aplicada que estudia la atmósfera y los fenómenos que en ella se producen con el objetivo de predecir su evolución a corto y medio plazo (predicción del tiempo).

2.4. ¿Qué es una estación meteorológica?

Una estación meteorológica es donde se realizan mediciones y observaciones de los parámetros atmosféricos. Una estación meteorológica utiliza equipos especializados con sensores para el monitoreo de los parámetros atmosféricos. Higinio Abel define una estación meteorológica como “una instalación de dispositivos que captan los distintos cambios del medio ambiente; está destinada a medir, registrar y enviar con regularidad los datos” (Villalta, 2013). Las estaciones meteorológicas son de gran importancia en el ámbito científico, debido a que estas se logra monitorear las condiciones climáticas de un área específica.

2.5. Variables ambientales

Con una estación meteorológica como la Sparkfun Weather Shield podemos medir las siguientes variables:

- “Temperatura del aire: La temperatura atmosférica es el indicador de la cantidad de energía calorífica acumulada en el aire. Aunque existen otras escalas para otros usos, la temperatura del aire se suele medir en grados centígrados (° C) y, para ello, se usa un instrumento llamado "termómetro"” (Villalta, 2013).
- “Precipitación pluvial: La precipitación es la caída directa de gotas de agua o de cristales de hielo sobre la superficie terrestre. La medida se realiza por medio de un pluviómetro y generalmente se usan unidades en milímetros (mm)” (Garcia, Grageda, Corral, & Gonzalez, 2008).
- “Humedad relativa: Se define como la cantidad o porcentaje de vapor de agua que contiene el aire o que podría contener. Dependiendo en parte de la temperatura, el aire caliente contiene más humedad que el frío. Este parámetro no tiene unidades y se mide en porcentaje” (Villalta, 2013).
- “Velocidad del viento: Se puede definir como la rapidez del movimiento del aire, y el instrumento que se usa para medir este parámetro se llama anemómetro y se

expresa en unidades de metros por segundo (m/s) o kilómetros por hora (km/h)” (Villalta, 2013).

- “Dirección del viento: Por lo general, la dirección del viento se define como la orientación del vector del viento en la horizontal. Para propósitos meteorológicos, la dirección del viento se define como la dirección desde la cual sopla el viento, y se mide en grados en la dirección de las agujas del reloj a partir del norte verdadero” (Villalta, 2013).
- Presión atmosférica: Es la fuerza que ejerce la atmósfera sobre una unidad de la superficie. La presión atmosférica en un punto se considera como el peso de una columna de aire de sección recta unitaria que se extiende desde ese punto hasta el límite superior de la atmósfera.

Existen varios tipos de estaciones meteorológicas, esto se debe a varios factores, tales como el equipo utilizado, los parámetros estudiados, la interacción con otras estaciones, entre otros factores.

2.6. Instrumentos de medición

Cabe mencionar que existen varios tipos de estaciones meteorológicas tales como sinópticas, climatológicas principales, climatológicas ordinarias, entre otras, sin embargo, en este proyecto utilizaremos la estación meteorológica de tipo ordinaria dado que se tomarán los datos de forma simultánea. Los instrumentos más utilizados en una estación meteorológica ordinaria son los siguientes:

- Sensor de temperatura: Instrumento que mide la temperatura.
- El Barómetro: instrumento que mide la presión atmosférica en un punto.
- El Pluviómetro: Mide la cantidad de agua caída sobre el suelo por milímetro en forma de lluvia, nieve o granizo.
- El Anemómetro: Mide la rapidez del viento.
- La Veleta: Instrumento que indica la dirección del viento.

2.7. Arduino

“Se llama hardware libre, al hardware de código abierto, electrónica o máquinas libres a aquellos dispositivos de hardware cuyas especificaciones y diagramas esquemáticos son de acceso público, ya sea bajo algún tipo de pago, o de forma gratuita. La filosofía del software libre es aplicable a la del hardware libre, y por eso forma parte de la cultura libre. El hardware libre (también llamado “open-source” o “de fuente abierta”) comparte muchos de los principios y metodologías del software libre. En particular, el hardware libre permite que la gente pueda estudiarlo para entender su funcionamiento, modificarlo, utilizarlo, mejorarlo y compartir dichos cambios” (Polo Bravo, Torres Muro, Rios Marquezado, Coaquera, & Contreras, 2017).

El hardware libre que se utilizará es el Sparkfun Weather Shield. Esta placa preelaborada está disponible a todo público en el sitio web de Sparkfun. Su costo en el sitio web Sparkfun es de solo \$39.95 y es compatible con el hardware Arduino UNO.

Las estaciones meteorológicas automatizadas son estaciones que registran los datos de forma continua, estas permiten realizar mediciones en intervalos de tiempo cortos.

El Sparkfun Weather Shield es una placa compatible con el Arduino UNO. La placa Arduino UNO es una placa que simplifica el proceso de trabajo con microcontroladores, y son relativamente económicas comparadas con otros microcontroladores y muy sencilla de utilizar. Esta placa cuenta con

“entradas y salidas analógicas y digitales, en un entorno de desarrollo que está basado en el lenguaje de programación processing. El dispositivo conecta el mundo físico con el mundo virtual o el mundo analógico con el digital controlando, sensores alarmas, sistemas de luces, motores, sistemas de comunicaciones, y actuadores físicos” (Tapia Ayala & Manzano , 2013).

Otro beneficio por el cual es factible utilizar esta placa es que funciona con diversos sistemas operativos. Tapia y Manzano confirman esto “El software de Arduino funciona en los sistemas operativos Windows, Macintosh OSX, y Linux. La mayoría de los entornos para microcontroladores están limitados a Windows” (Tapia Ayala & Manzano , 2013).

Permitiendo así ser factible para los diversos gustos de sistemas operativos. No solo eso, sino también esta placa facilita la utilización de la electrónica en diversos proyectos multidisciplinarios, y sirve para muchos ámbitos educativos.

2.8 Estación Davis Vantage Pro

La estación 'Vantage Pro' es una de las estaciones meteorológicas de Davis Instruments. Ofrece altas prestaciones y durabilidad tanto a profesionales como a auténticos aficionados a la meteorología, además de la posibilidad de adaptarla totalmente a sus necesidades específicas. Es una estación meteorológica comercial y su costo es aproximadamente \$500.00 .

Esta estación ofrece la medición de las siguientes variables:

- Temperatura interior y exterior
- Humedad interior y exterior
- Temperatura de sensación
- Presión barométrica y previsión
- Punto de rocío
- Lluvia actual y acumulada (diaria, mensual y anual)
- Intensidad de lluvia
- Velocidad y dirección del viento
- Pronóstico del tiempo
- Fase lunar
- Hora de puesta y salida del sol

2.9 Validación de datos

La validación de una estación meteorológica se puede dar mediante el análisis de distintas características que esta debe de cumplir. “La confiabilidad se conjuga con otro concepto que es la validez, dando origen a diversos escenarios, desde mediciones válidas y confiables” (Carlos Mantero, 2018).

“La confiabilidad, reproducibilidad o consistencia de las mediciones es un principio fundamental de la precisión de un estudio. En cualquier proceso de investigación, ante la gran cantidad de fuentes de potenciales errores, es necesario que los investigadores intenten reducir aquellos relacionados con la medición de las variables para proporcionar una mayor confianza en los resultados y las conclusiones de su estudio”. (Carlos Mantero, 2018)

La Organización mundial de Meteorología, WMO (World Meteorological Organization) por sus siglas en inglés nos dice “Se considera que los datos meteorológicos son de calidad (o confiables) cuando responden a unas determinadas necesidades tanto explícitas como implícitas” (WMO, 1996). Las necesidades de una estación meteorológica pueden variar. Para cada necesidad se requiere un grado de exactitud para lograr utilizar la información colectada con la estación.

“La gestión de la calidad tiene como objetivo asegurar que los datos cumplan las condiciones necesarias (en cuanto a margen de incertidumbre, resolución, continuidad, homogeneidad, representatividad, puntualidad, formato, etc.) para la aplicación deseada, con un coste mínimo viable. Unos datos de calidad no tienen que ser necesariamente excelentes, pero es esencial que su calidad sea conocida y demostrable”(Gualda, 2008).

Dicho de otra forma, “un instrumento es confiable, preciso y reproducible, cuando las mediciones realizadas con él generan los mismos resultados en diferentes momentos, escenarios y poblaciones si se aplica en las mismas condiciones”, (Carlos Mantero, 2018).

Sparkfun promete confiabilidad de datos meteorológicos obtenidos con su weather shield. Aclaramos, este tipo de sistemas es factible en casos de recolección de datos para proyectos comunes y en cierto caso para el diario vivir. Dicho esto, nos enfocaremos en la confiabilidad, homogeneidad, continuidad, y dispersión de los datos obtenidos con esta estación.

El paso de verificación de confiabilidad se puede hacer a la par o luego de la recolección, así como nos dice Gualda. “El conjunto de procedimientos para verificar la calidad de los registros generados puede aplicarse en tiempo real o una vez que los datos ya han sido almacenados, inicialmente en la estación o posteriormente en el centro de procesamiento de datos” (Gualda, 2008).

Para evaluar la confiabilidad se pueden utilizar diferentes métodos. Estas incluyen la variabilidad del sujeto y el error de medición.

- El porcentaje de acuerdo, grado de concordancia o porcentaje de concordancia
- El índice κ (kappa) de Cohen, para dos observadores
- El método de Bland y Altman, para evaluar el grado de acuerdo entre dos instrumentos que tienen la misma escala de medición
- El índice k de Fleiss cuando existen tres o más observadores
- El coeficiente de correlación o r de Pearson
- El coeficiente de correlación intraclase, para instrumentos que evalúan variables continuas
- El coeficiente de correlación o ρ (rho) de Spearman, para dos variables aleatorias continuas
- El α (alfa) de Krippendorff's, para múltiples observadores y múltiples observaciones posibles.

En nuestro caso utilizaremos el coeficiente de correlación de Pearson.

2.10 El Coeficiente de correlación de Pearson

Es una estadística inferencial que refleja la intensidad de la asociación lineal entre dos variables cuantitativas. Debe hacerse hincapié en el término “asociación lineal”, porque pueden existir variables fuertemente relacionadas. Su fórmula es:

$$R = \frac{\sum_{i=1}^N X_i Y_i - \frac{(\sum_{i=1}^N X_i \sum_{i=1}^N Y_i)}{N}}{\sqrt{\sum_{i=1}^N X_i^2 - \frac{(\sum_{i=1}^N X_i)^2}{N}} \sqrt{\sum_{i=1}^N Y_i^2 - \frac{(\sum_{i=1}^N Y_i)^2}{N}}} \quad (1)$$

Donde X_i y Y_i son las medidas. N es el número de valores que existen.

“Se trata de una estadística inferencial que evalúa el comportamiento de variables continuas en grupos de estudio, es decir, describe cómo las unidades en el mismo grupo se parecen fuertemente entre sí. Aunque se considera un tipo de correlación, a diferencia de la mayoría de las otras medidas de correlación” (Manterola, et al., 2018).

2.10.1 Correlación intraclase

Debido a que los parámetros atmosféricos cambian de forma aleatoria y son tomados por dos instrumentos distintos designados, podemos tomar la interpretación de la r de Pearson que es conocida como la correlación intraclase (ICC).

“La noción que subyace a la formulación de ICC fue introducida por Fisher en 1921, quien propuso una definición especial del coeficiente de correlación de Pearson para distribuciones de igual media y variancia. El ICC que se utiliza actualmente para evaluar la concordancia entre diferentes métodos o evaluadores se basa en el modelo de análisis de la variancia con medidas repetidas” (Fleiss, 1999).

“El concepto básico introducido por Fisher basa en un modelo de análisis de la variancia con medidas repetidas; razón por la que se puede definir como la proporción de variabilidad total debida a la variabilidad de los sujetos en estudio también se

puede aplicar para evaluar la reproducibilidad de las mediciones cuantitativas realizadas por diferentes observadores que miden la misma cantidad e incluso en mediciones emparejadas” (Manterola, et al., 2018).

En este caso el análisis de la variación de las medidas sería (Two way) significando dos factores, esto nos permitirá calcular el acuerdo absoluto con el ICC determinado con la fórmula:

La fórmula de la correlación intraclase promedio es la siguiente:

$$ICC_{c,k} = \frac{MS_{suj} - MS_{res}}{MS_{suj}}$$

Siendo MS_{suj} las medias cuadráticas entre sujetos y MS_{res} las medias cuadráticas residuales.

“Los valores obtenidos con el ICC oscilan entre 0 (ausencia de concordancia) y 1 (concordancia absoluta) ... la interpretación de estos valores es hasta cierto punto arbitraria, si bien existe un cierto consenso al aceptar las categorías propuestas por Fleiss en 1986:

Baja si $ICC < 0.40$; Regular buena si ICC esta entre 0.41 y 0.75; Muy buena si $ICC > 0.75$ ” (Cardenas, 2018).

El valor que esta variable permitirá la interpretación de que tan confiable es el Weather shield.

Esta variable se determina utilizando software específico de estadística SPSS (Statistical Package for the Social Sciences).

“El procedimiento RELIABILITY de SPSS statisics calcula los diferentes coeficientes de correlación intraclase, Con sus errores estándar, intervalos de confianza y prueba de significación” (Cardenas, 2018).

2.11 Software de estadística

El software SPSS en la actualidad pertenece a la empresa IBM. SPSS es un conjunto de programas computacionales para el análisis estadístico. Este Software fue creado por los

científicos Normal H. Nie, C. Hadai Hull y Dale H. Bent. Siendo su objetivo principal crear un software que convierta datos estadísticos en información útil a la hora de tomar decisiones.

Capítulo 3

Metodología experimental

En esta sección ilustraremos la estructura experimental para la construcción de nuestra estación meteorológica de bajo costo utilizando el Weather Shield. Ampliaremos el conocimiento de los sensores utilizados en el Weather shield y los procedimientos para la elaboración de la estación meteorológica. De igual forma se ilustrará el diseño de la estructura que debe tener el sistema.

Para el diseño, construcción e implementación de la estación meteorológica de bajo costo y fácil desarrollo utilizando el Sparkfun Weather shield, la metodología se divide en tres etapas.

3.1. Instrumentación

3.1.1 Placa Arduino UNO

Esta placa es una placa de hardware abierto por lo que su diseño es de libre distribución. Arduino Uno es una placa microcontroladora basada en el ATmega328P. Tiene 14 pines de entrada/salida digital, 6 entradas analógicas, una conexión USB, una toma de corriente, un cabezal ICSP y un botón de reinicio. Contiene todo lo necesario para soportar el microcontrolador; simplemente conéctalo a un ordenador con un cable USB o aliméntalo con un adaptador de CA a CC o una batería para empezar.



Ilustración 2. Placa Arduino UNO. (Arduino Store, n.d.)

3.1.2 Reloj RTC

“El DS1307 Serial Real-Time Clock es un reloj/calendario decimal codificado en binario (BCD) de bajo consumo, completo más 56 bytes de SRAM NV. La dirección y los datos se transfieren en serie a través de un bus bidireccional de 2 hilos. El reloj/calendario proporciona información sobre segundos, minutos, horas, día, fecha, mes y año. La fecha de fin de mes se ajusta automáticamente para los meses con menos de 31 días, incluidas las correcciones para el año bisiesto. El reloj funciona en formato de 24 o 12 horas con indicador AM/PM. El

DS1307 dispone de un circuito sensor de alimentación integrado que detecta los fallos de alimentación y cambia automáticamente a la alimentación por batería” (Central, 2016).

El modelo que utilizamos en nuestra experiencia es el DS1307. En la figura 3.8 se puede apreciar un reloj RTC DS1307 en la siguiente figura.

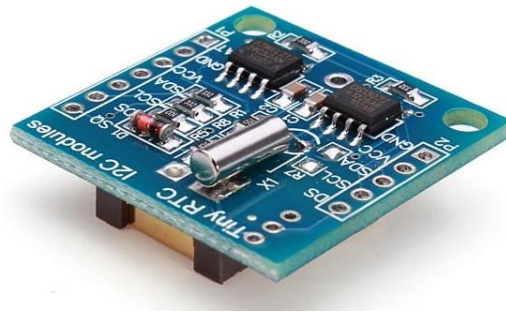


Ilustración 3. reloj RTC DS1307 (Real Time Clock DS1307 RTC I2C Module AT24C32 with Battery, n.d.)

“En el modelo DS1307 las variaciones de temperatura que afectan a la medición del tiempo de los cristales resonadores se traducen en errores en un desfase acumulado. Esto hace que el DS1307 sufra de un desfase temporal, que puede llegar a ser 1 o 2 minutos al día. La comunicación se realiza a través del bus I2C, por lo que es sencillo obtener los datos medidos. La tensión de alimentación es 4.5V a 5.5V para el DS1307, y 2.3V a 5.5V para el DS3231. Los RTC son dispositivos muy baratos.” (Llamas, 2016)

3.1.3 Spark fun Weather Shield

“El escudo meteorológico utilizado en este proyecto utiliza los sensores de humedad HTU21D, presión barométrica MPL3115A2 y temperatura Si7021 se basan en las librerías Arduino HTU21D. Nuestro escudo viene con dos espacios de conectores RJ11 (para la conexión opcional de sensores de lluvia y viento) y un conector GPS de 6 pines (para la conexión opcional de un módulo GPS GP635T). Por último, el escudo meteorológico puede funcionar desde 3,3V hasta 16V y tiene reguladores de voltaje y traductores de señal incorporados.” (Sparkfun, 2017)

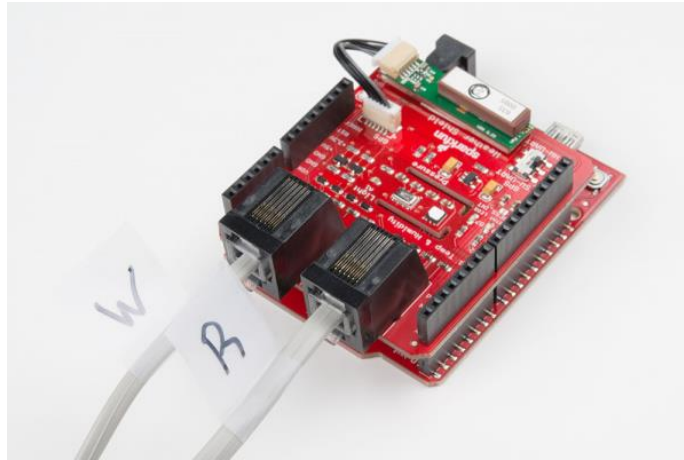


Illustration 4. Spark fun Weather Shield. (Sparkfun, 2017)

3.1.4 Sensor de humedad HTU21D

El sensor de humedad y temperatura Si7021 hace utilización de dieléctricos poliméricos para la detección de la humedad permite la construcción de circuitos integrados de estos sensores de bajo consumo con baja deriva e histéresis, y una excelente estabilidad a largo plazo. Este sensor de humedad y temperatura se calibra en fábrica y los datos de calibración se almacenan en la memoria no volátil del chip. Esto garantiza que los sensores sean totalmente intercambiables, sin necesidad de calibrarlos o cambiar el software. Este sensor es compatible con el I2C.

“Para la conexión sólo hay cuatro pines que necesitan ser conectados para empezar a utilizar este sensor en un proyecto. Uno para VCC, otro para GND, y dos líneas de datos para la comunicación I2C. Esta placa de circuito impreso tiene incorporadas resistencias de 4,7 k Ω para las comunicaciones I2C. Si vas a conectar varios dispositivos I2C en el mismo bus, es posible que quieras desactivar estas resistencias.” (Silicon Laboratories, 2022)



Ilustración 5. sensor de humedad y temperatura Si7021. (Sparkfun, 2017)

3.1.5 Sensor de presión barométrica MPL3115A2

“El MPL3115A2 emplea un sensor de presión con una interfaz I2C para proporcionar datos precisos de Presión/Altitud y Temperatura. Las salidas del sensor son digitalizadas por un ADC de alta resolución de 24 bits. El procesamiento interno elimina las tareas de compensación del sistema MCU anfitrión. Dispone de múltiples modos de adquisición de datos programables por el usuario, de ahorro de energía, de interrupción y autónomos, incluyendo la temporización programada del ciclo de adquisición y los modos de sólo sondeo. La corriente de alimentación activa típica es de 40 A por segundo de medición para una resolución de salida estable de 30 cm. La salida de presión puede resolverse con salida en fracciones de Pascal, y la altitud puede resolverse en fracciones de metro. El MPL3115A2 se ofrece en un encapsulado LGA de 5 mm por 3 mm por 1,1 mm y está especificado para funcionar desde -40C hasta 85C. El encapsulado es de montaje en superficie con tapa de acero inoxidable y cumple con la normativa RoHS.” (Freescale Semiconductor,inc., 2012)



Ilustración 6. Sensor de presión barométrica MPL3115A2, (Sparkfun, 2017)

3.1.6. Weather meter kit

“Este kit trae dos componentes principales para la medición de la rapidez del viento y la precipitación. Ninguno de los sensores de este kit contiene electrónica activa, sino que utilizan interruptores magnéticos de láminas e imanes sellados, por lo que necesitarás una fuente de tensión para realizar cualquier medición.” (Everlight, 2013)

El pluviómetro es un cubo auto vaciable que activa un cierre de botón momentáneo de lluvia que se recoge.



Ilustración 7. El Pluviómetro . (Sparkfun, 2017)

El anemómetro (medidor de la velocidad del viento) codifica la rapidez del viento.



Ilustración 8. Anemómetro (Sparkfun, 2017)

Todos los sensores incluidos se suministran con cables con terminación RJ11.

3.1.7. Pantalla de Stevenson o Protector de radiación solar

Una pantalla de Stevenson o Protector de radiación solar es una estructura utilizada para proteger los instrumentos meteorológicos contra la precipitación y la radiación directa de calor de fuentes externas, al tiempo que permite que el aire circule libremente alrededor de ellos.

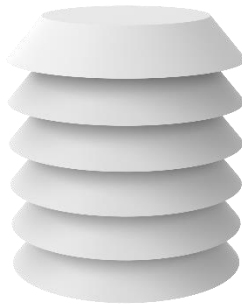


Ilustración 9. Pantalla de Stevenson (Korzh, 2022)

3.2. Fases de investigación y prueba.

En esta etapa procedimos a investigar sobre el funcionamiento del Sparkfun Weather Shield, la tecnología I2C bus y como esta ayuda al funcionamiento del Weather Shield. La conexión del Weather shield se logra conectando de manera sencilla al Arduino UNO. Este simplemente se coloca sobre el Arduino UNO verificando que los pines se alinean entre ambas placas.

De igual forma se investigó sobre los componentes externos que se agregarían al sistema. Siendo este componente el reloj RTC se incorpora al sistema del Arduino UNO y la placa Weather Shield siguiendo las guías de su conexión. La función del reloj RTC es llevar un control del tiempo y fecha en la cual cada dato es tomado. En la figura 3.1 vemos la imagen de una placa de prueba del sistema del Arduino UNO, el Weather shield y el reloj

RTC.

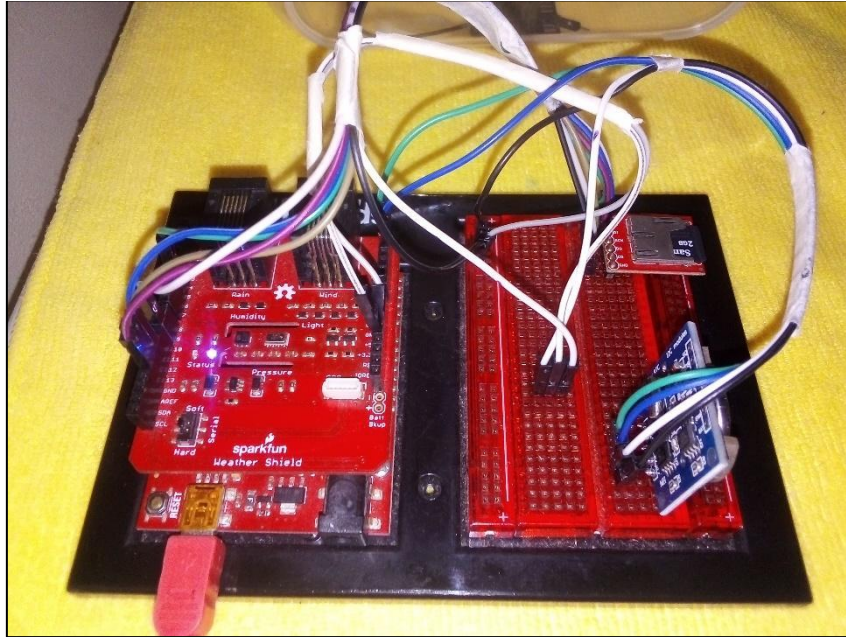


Ilustración 10. Esquema de sistema completo en placa de prueba. Fuente: cámara personal

3.3. Fase de configuración, montaje y recolección de datos

Un ejemplo de código y el esquema de conexiones para el funcionamiento del Weather Shield se encuentra en el sitio web de Sparkfun (Sparkfun, 2017). Este se le incorporó líneas de programación necesarias para el funcionamiento del reloj RTC.

Luego de verificar el funcionamiento del sistema en una placa de prueba, se procede a elaborar un circuito (que luego se imprimirá en una placa de cobre) en el software llamado Fritzing. Es un programa fácil de utilizar el cual le permite crear circuitos y esquemas para placas de cobre. En la siguiente imagen vemos el esquema final la cual se utilizará en una placa de cobre.

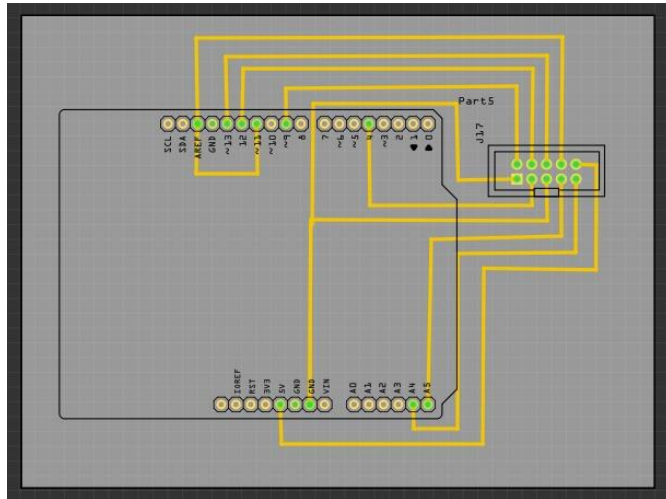


Ilustración 11. Circuito en Fritzing. Fuente: cámara personal

Luego de esto procedemos a elaborar la placa física mediante el método térmico del planchado. Podemos observar los resultados en la Fig. 3.3.2.

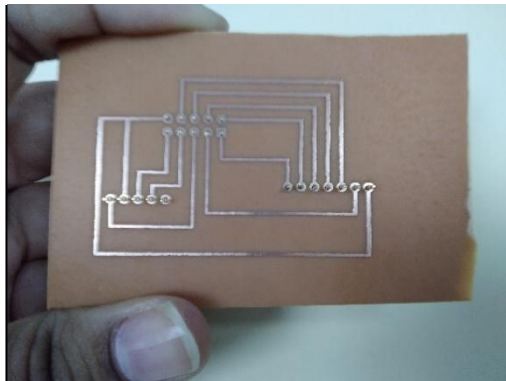


Ilustración 12. Caminos de cobre para la placa final. Fuente: cámara personal

Luego de esto utilizamos un taladro con broca de 0,8 mm para los agujeros necesarios en la placa de cobre. Finalmente se pueden soldar las bases de pines necesarios para el circuito y luego colocar la placa Weather shield sobre ellos.

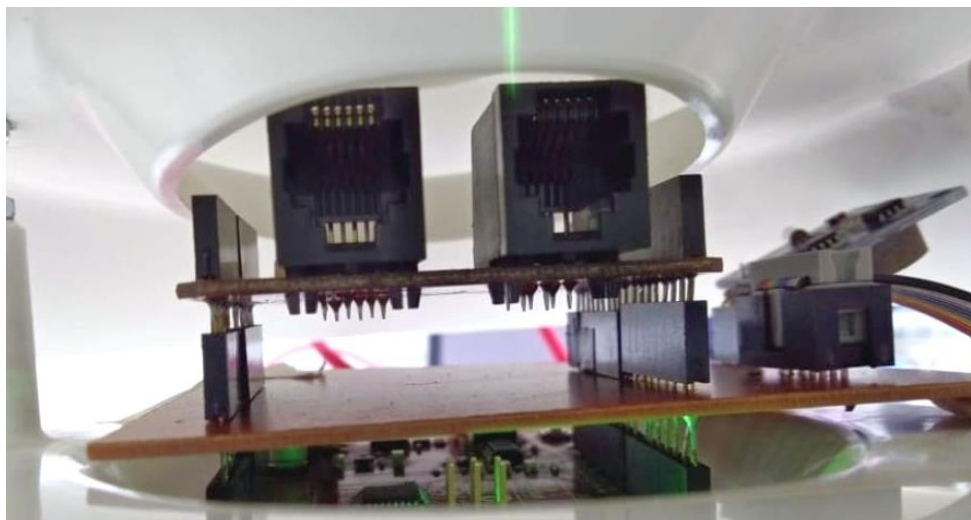
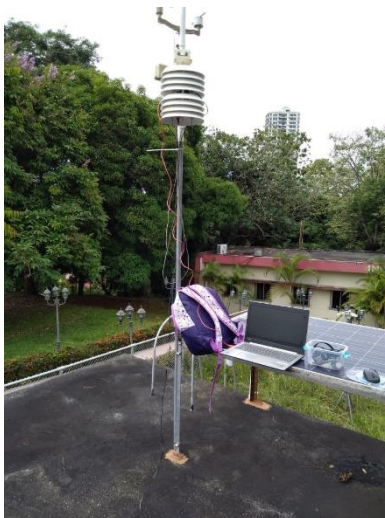


Ilustración 13. Placa final con Weather shield. Fuente: cámara personal

Ya teniendo la placa elaborada esta se colocó dentro de una pantalla de Stevenson, la cual es un refugio para los sensores de humedad, temperatura, y presión contra la radiación solar. Colocamos el sistema final cerca de la estación Davis Vantage Pro que utilizaremos al momento de hacer una comparación de los resultados medidos por ambas estaciones meteorológicas. Al colocar la estación en la colina se deja recolectando datos cada minuto por aproximadamente 15 días.



Ilustración 14. Pantalla de Stevenson con sistema elaborado listo para el montaje. Fuente: cámara personal



*Ilustración 15. Sistema elaborado montado cerca de la estación Davis Vantage Pro en la colina, Universidad de Panamá.
Fuente: cámara personal*

3.4. Fase de tratamiento estadístico de datos.

La tercera y última etapa consiste en un análisis de los datos recolectados en la segunda etapa. Utilizando el software estadístico SPSS se logró calcular el índice de correlación. Así validando la posibilidad de tener una estación meteorológica de bajo costo y fácil ejecución la cual mida de forma esperada.

Capítulo 4

Resultados

Recordando que lo deseado es validar los datos obtenidos con el sistema de bajo costo mediante la utilización de un software. El sistema fue programado para recolectar datos las 24 horas del día por un periodo de 15 días.

En los anexos se encuentran las tablas donde se muestran datos obtenidos los distintos días de medición durante el mes de febrero y marzo del año 2022. Los datos de la estación Arduino Uno fueron recolectado a diario y analizados posteriormente. Los datos de la estación Davis fueron almacenados y recolectados cada día, y de igual forma leídos y analizados posteriormente.

4.1. Figuras de gráficas de la temperatura obtenida por las estaciones.

En las siguientes gráficas 4.1.1 hasta 4.1.15 se mostrará el comportamiento de la temperatura respecto al tiempo de ambas estaciones. En rojo podemos observar el comportamiento de la temperatura obtenido por la estación Davis Vantage Pro. Del color negro observamos el comportamiento de la temperatura obtenida por la Weather Shield.

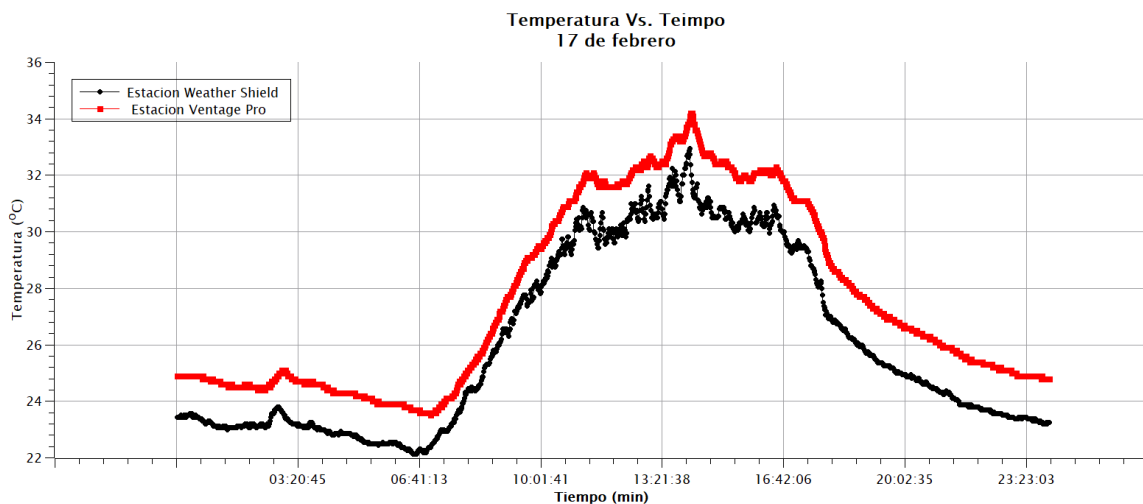


Ilustración 16. Gráfica del comportamiento de la temperatura atmosférica del 17 de febrero del 2022. En rojo podemos observar el comportamiento de la temperatura obtenido por la estación Davis Vantage Pro. Del color negro observamos el comportamiento de la temperatura por la weather shield.

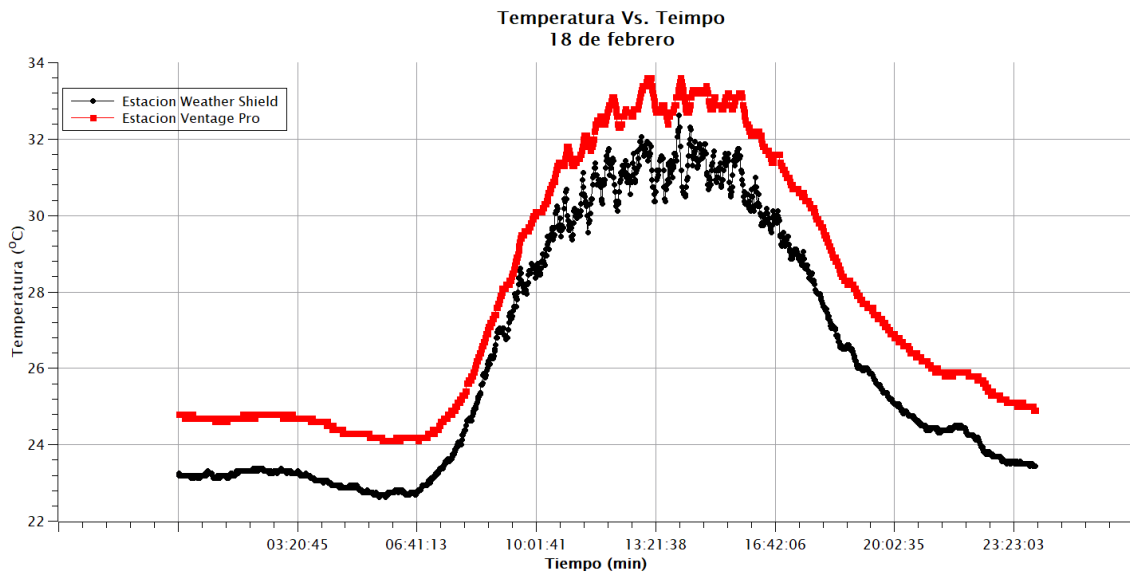


Ilustración 17. Gráfica del comportamiento de la temperatura atmosférica del 18 de febrero del 2022. En rojo podemos observar el comportamiento de la temperatura obtenido por la estación Davis Vantage Pro. Del color negro observamos el comportamiento de la temperatura obtenida por la weather shield.

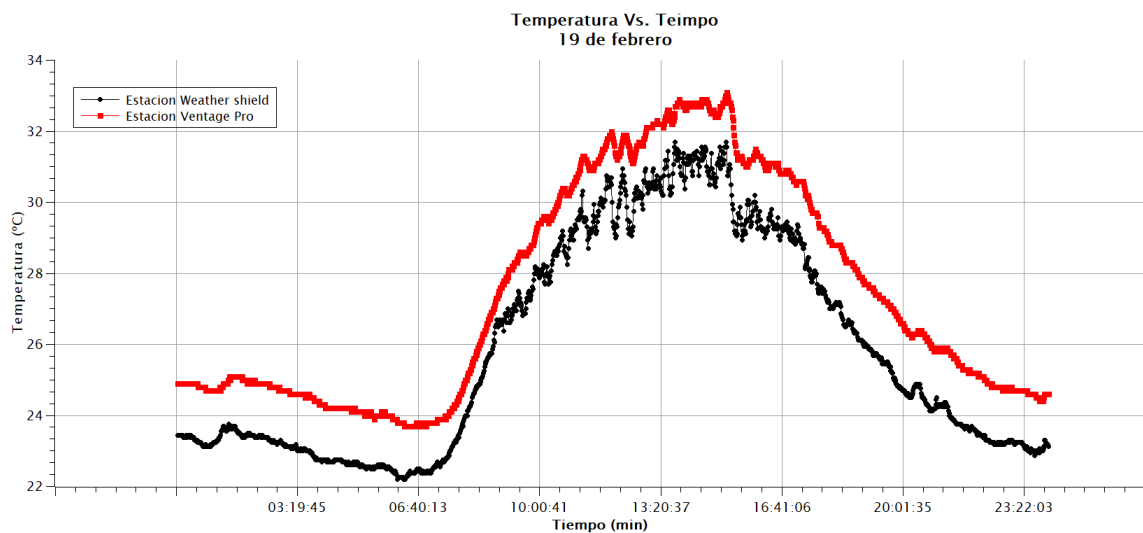


Ilustración 18. Gráfica del comportamiento de la temperatura atmosférica del 19 de febrero del 2022. En rojo podemos observar el comportamiento de la temperatura obtenido por la estación Davis Vantage Pro. Del color negro observamos el comportamiento de la temperatura obtenida por la weather shield.

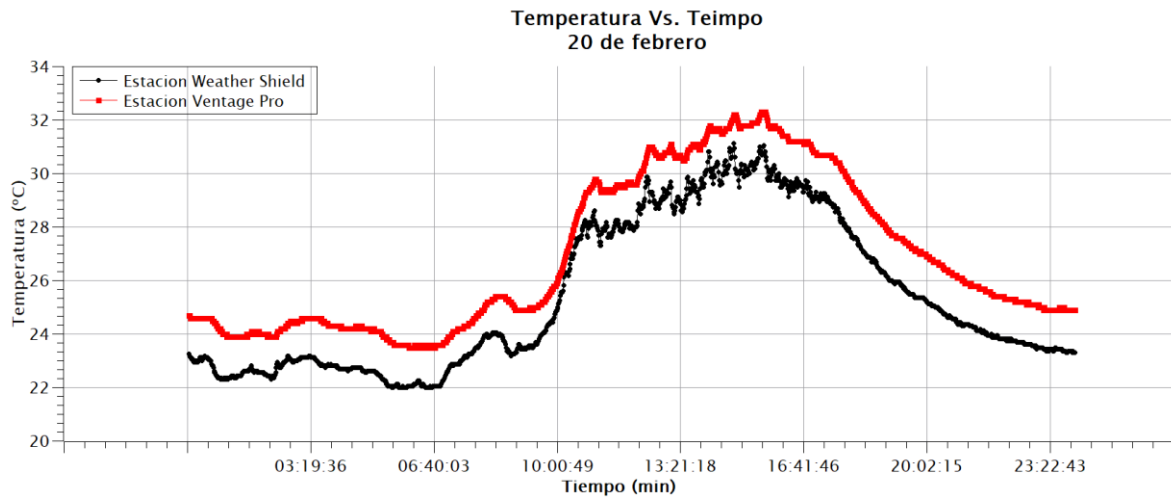


Ilustración 19. Gráfica del comportamiento de la temperatura atmosférica del 20 de febrero del 2022. En rojo podemos observar el comportamiento de la temperatura obtenido por la estación Davis Vantage Pro. Del color negro observamos el comportamiento de la temperatura obtenida por la weather shield.

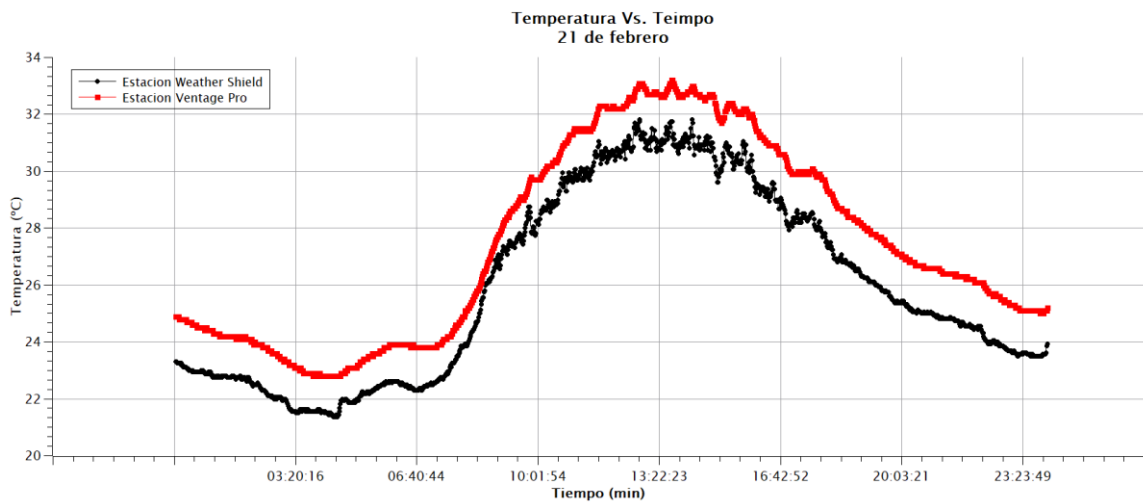


Ilustración 20. Gráfica del comportamiento de la temperatura atmosférica del 21 de febrero del 2022. En rojo podemos observar el comportamiento de la temperatura obtenido por la estación Davis Vantage Pro. Del color negro observamos el comportamiento de la temperatura obtenida por la weather shield.

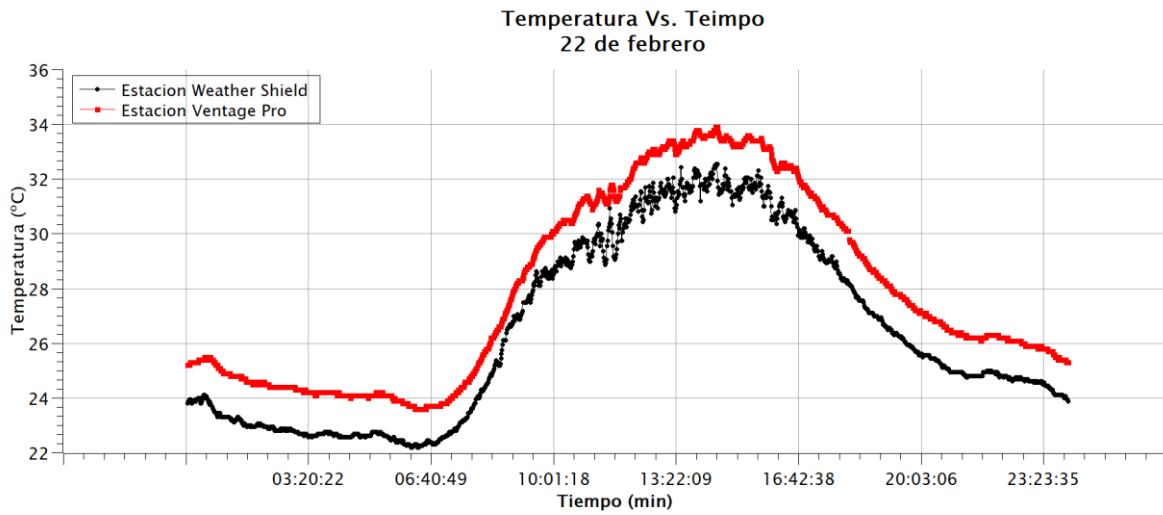


Ilustración 21. Gráfica del comportamiento de la temperatura atmosférica del 22 de febrero del 2022. En rojo podemos observar el comportamiento de la temperatura obtenido por la estación Davis Vantage Pro. Del color negro observamos el comportamiento de la temperatura obtenida por la weather shield.

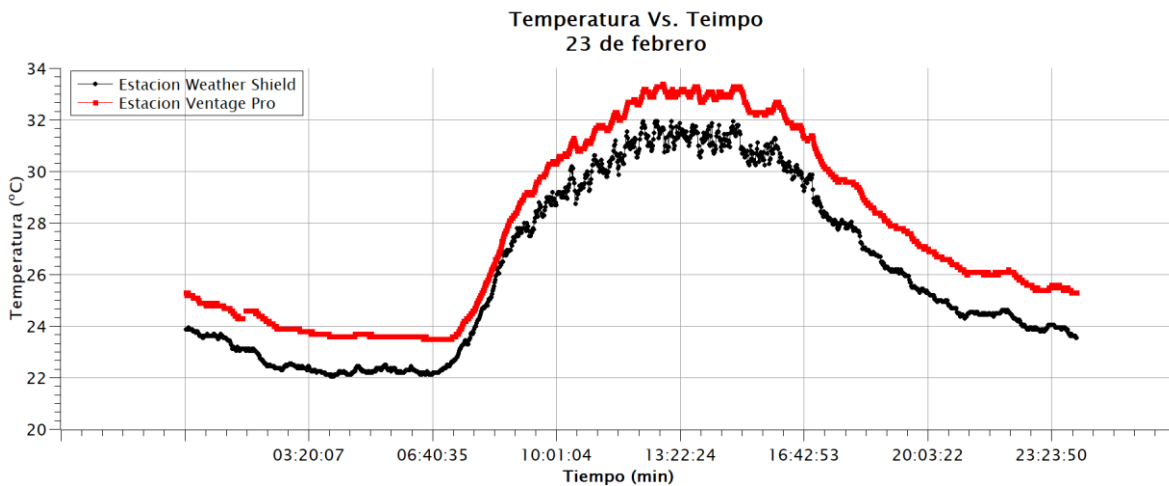


Ilustración 22. Gráfica del comportamiento de la temperatura atmosférica del 23 de febrero del 2022. En rojo podemos observar el comportamiento de la temperatura obtenido por la estación Davis Vantage Pro. Del color negro observamos el comportamiento de la temperatura obtenida por la weather shield.

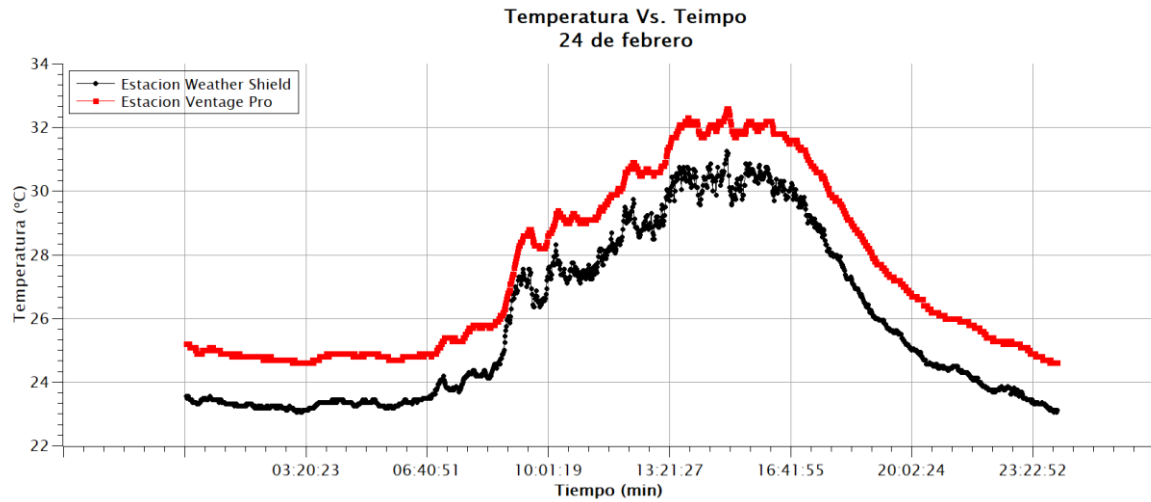


Ilustración 23. Gráfica del comportamiento de la temperatura atmosférica del 24 de febrero del 2022. En rojo podemos observar el comportamiento de la temperatura obtenido por la estación Davis Vantage Pro. Del color negro observamos el comportamiento de la temperatura obtenida por la weather shield.

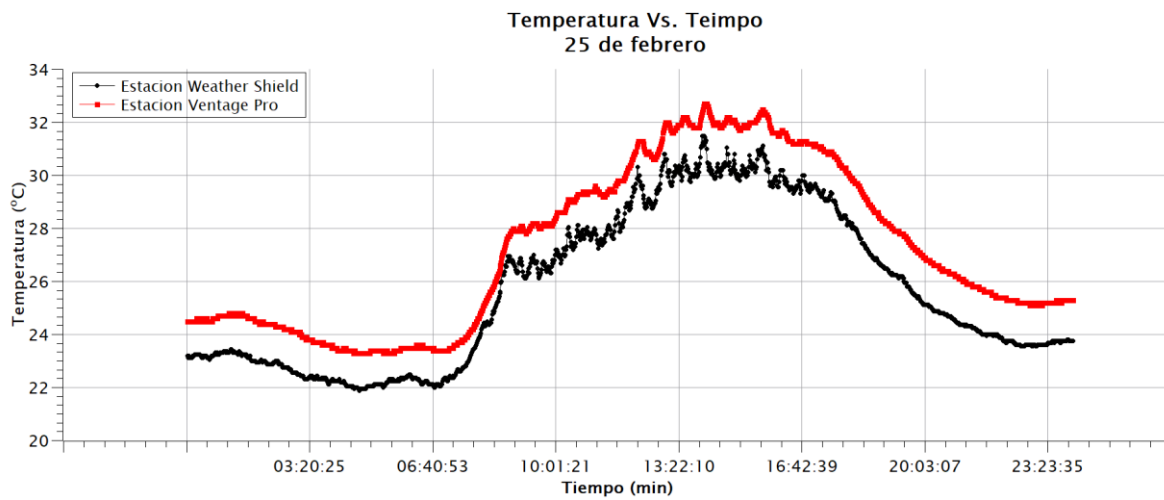


Ilustración 24. Gráfica del comportamiento de la temperatura atmosférica del 25 de febrero del 2022. En rojo podemos observar el comportamiento de la temperatura obtenido por la estación Davis Vantage Pro. Del color negro observamos el comportamiento de la temperatura obtenida por la weather shield.

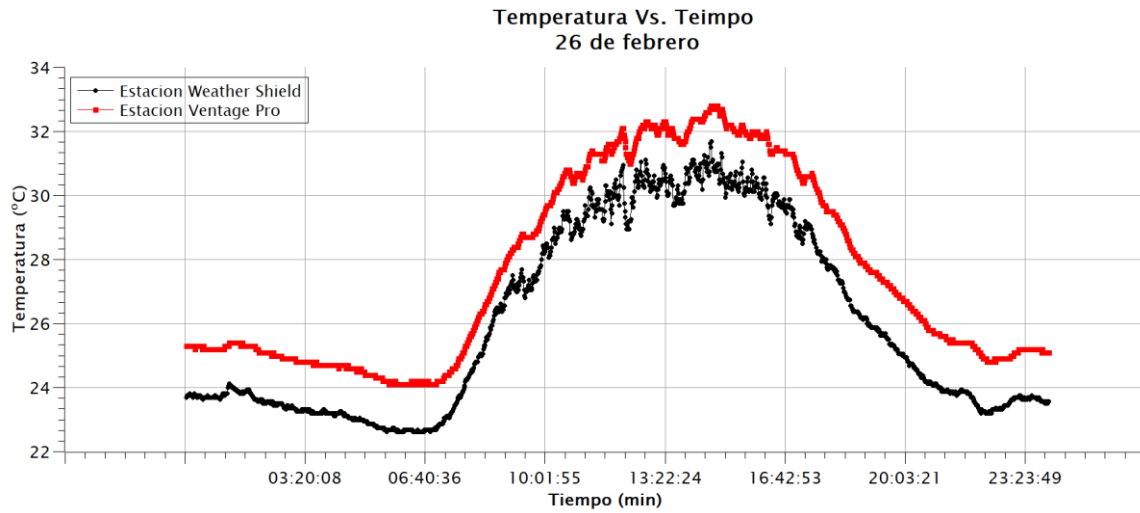


Ilustración 25. Gráfica del comportamiento de la temperatura atmosférica del 26 de febrero del 2022. En rojo podemos observar el comportamiento de la temperatura obtenido por la estación Davis Vantage Pro. Del color negro observamos el comportamiento de la temperatura obtenido por la weather shield.

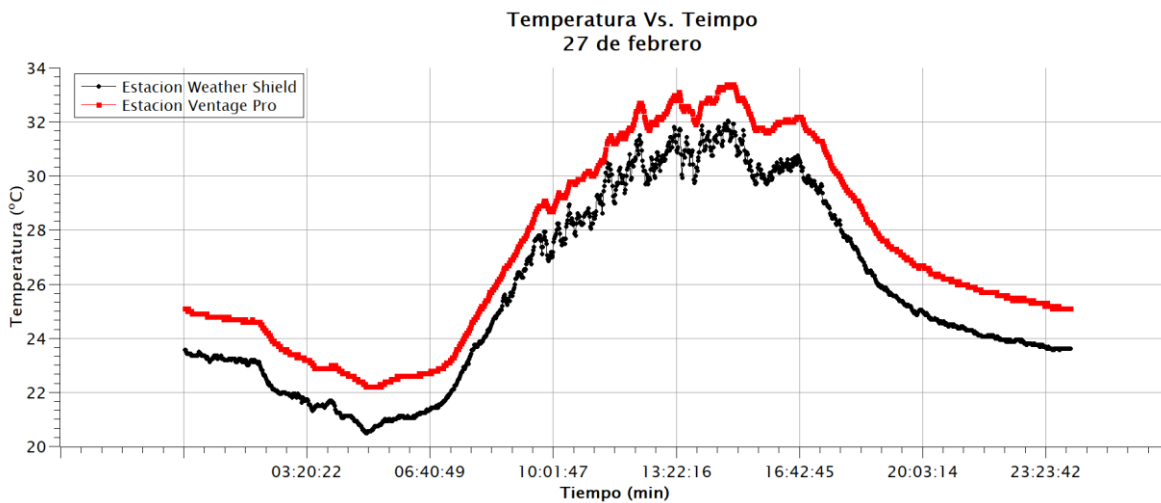


Ilustración 26. Gráfica del comportamiento de la temperatura atmosférica del 27 de febrero del 2022. En rojo podemos observar el comportamiento de la temperatura obtenido por la estación Davis Vantage Pro. Del color negro observamos el comportamiento de la temperatura obtenido por la weather shield.

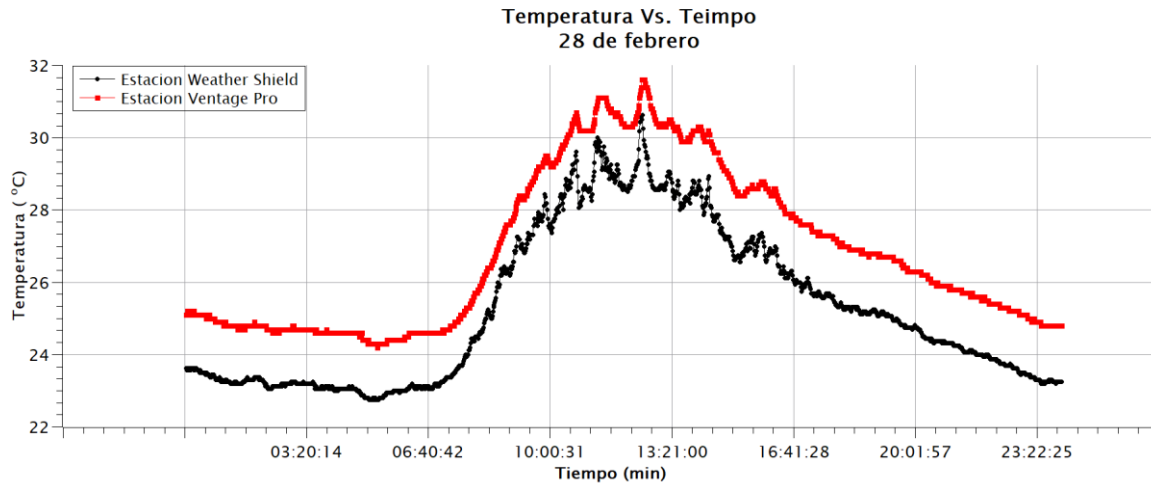


Ilustración 27. Gráfica del comportamiento de la temperatura atmosférica del 28 de febrero del 2022. En rojo podemos observar el comportamiento de la temperatura obtenido por la estación Davis Vantage Pro. Del color negro observamos el comportamiento de la temperatura obtenido por la weather shield.

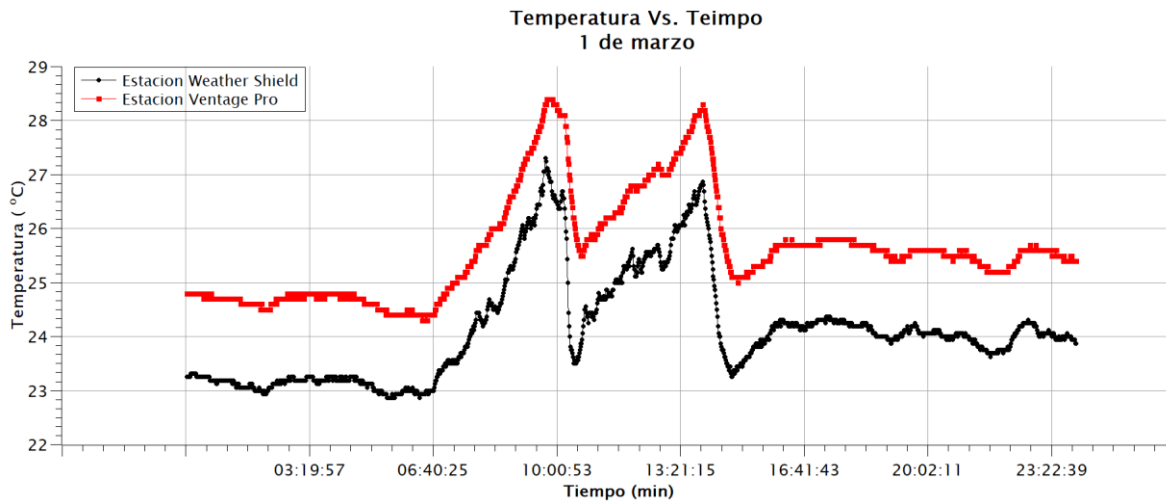


Ilustración 28. Gráfica del comportamiento de la temperatura atmosférica del 1 de marzo del 2022. En rojo podemos observar el comportamiento de la temperatura obtenido por la estación Davis Vantage Pro. Del color negro observamos el comportamiento de la temperatura obtenido por la weather shield.

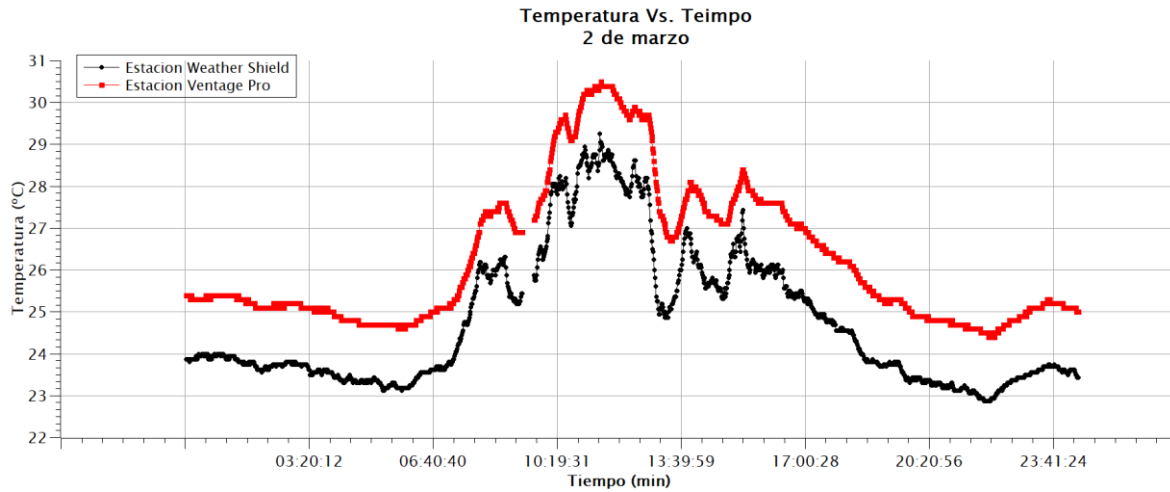


Ilustración 29. Gráfica del comportamiento de la temperatura atmosférica del 2 de marzo del 2022. En rojo podemos observar el comportamiento de la temperatura obtenido por la estación Davis Vantage Pro. Del color negro observamos el comportamiento de la temperatura obtenido por la weather shield.

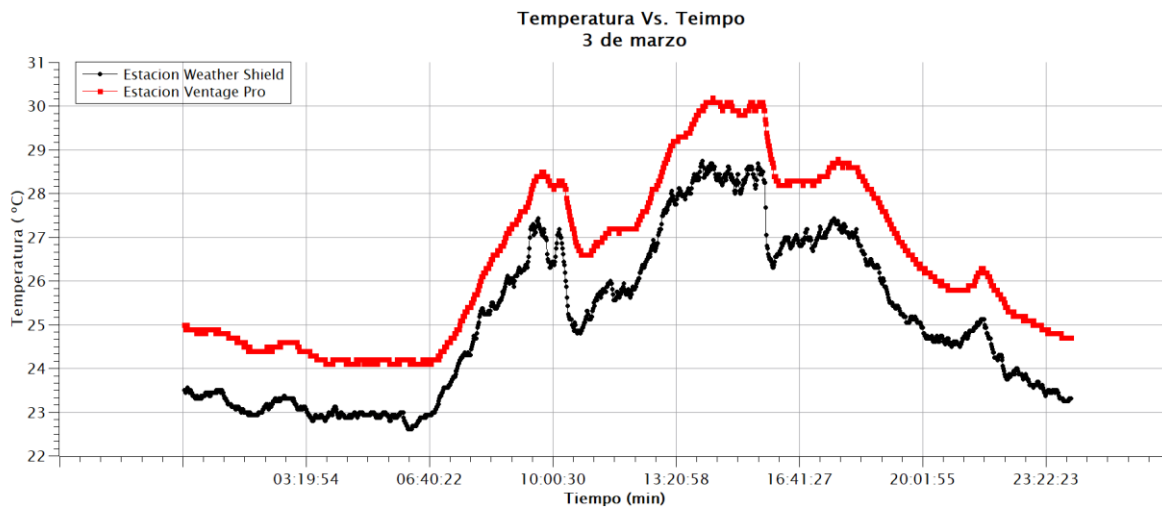


Ilustración 30. Gráfica del comportamiento de la temperatura atmosférica del 3 de marzo del 2022. En rojo podemos observar el comportamiento de la temperatura obtenido por la estación Davis Vantage Pro. Del color negro observamos el comportamiento de la temperatura obtenido por la weather shield.

4.2. Figuras de gráficas de humedad relativa obtenidas por las estaciones.

En las siguientes gráficas se mostrará el comportamiento de la humedad relativa respecto al tiempo de ambas estaciones. En rojo podemos observar el comportamiento de la humedad relativa obtenido por la estación Davis Vantage Pro. Del color negro observamos el comportamiento de la Humedad relativa obtenida por la estación Weather Shield. Este parámetro se mide en porcentaje.

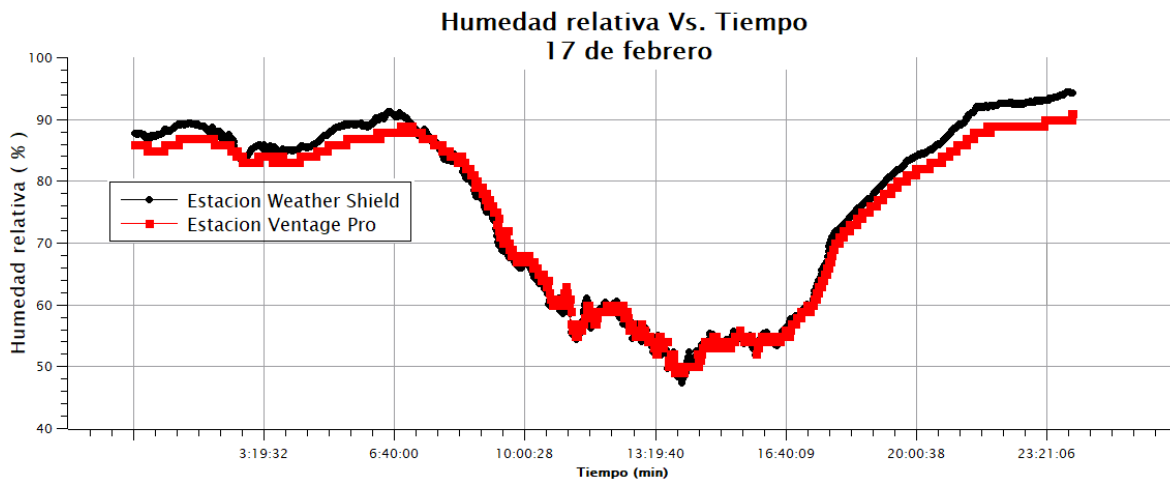


Ilustración 31. Gráfica del comportamiento de la humedad relativa del 17 de febrero del 2022. En rojo podemos observar el comportamiento de la temperatura obtenido por la estación Davis Vantage Pro. Del color negro observamos el comportamiento de la temperatura obtenido por la weather shield.

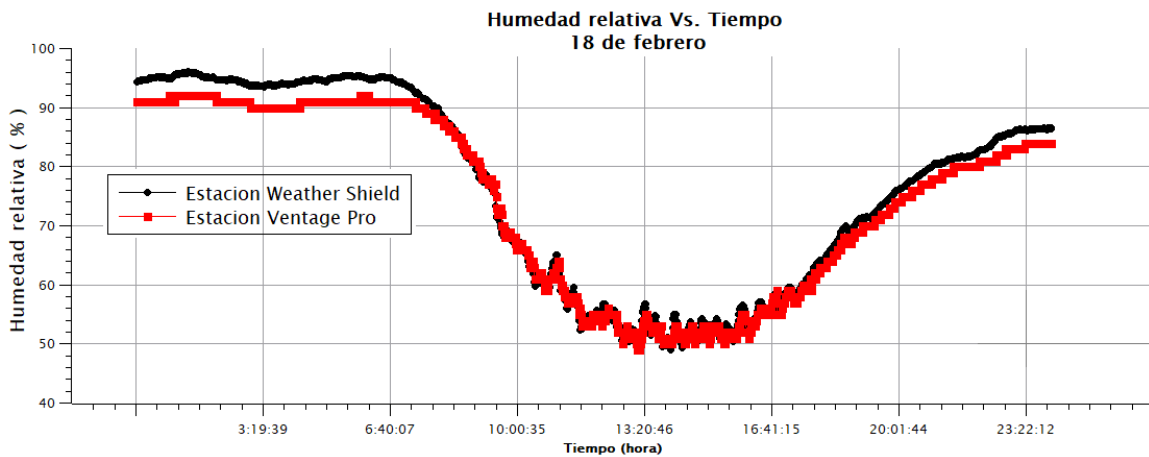


Ilustración 32. Gráfica del comportamiento de la humedad relativa del 18 de febrero del 2022. En rojo podemos observar el comportamiento de la temperatura obtenido por la estación Davis Vantage Pro. Del color negro observamos el comportamiento de la temperatura obtenido por la weather shield.

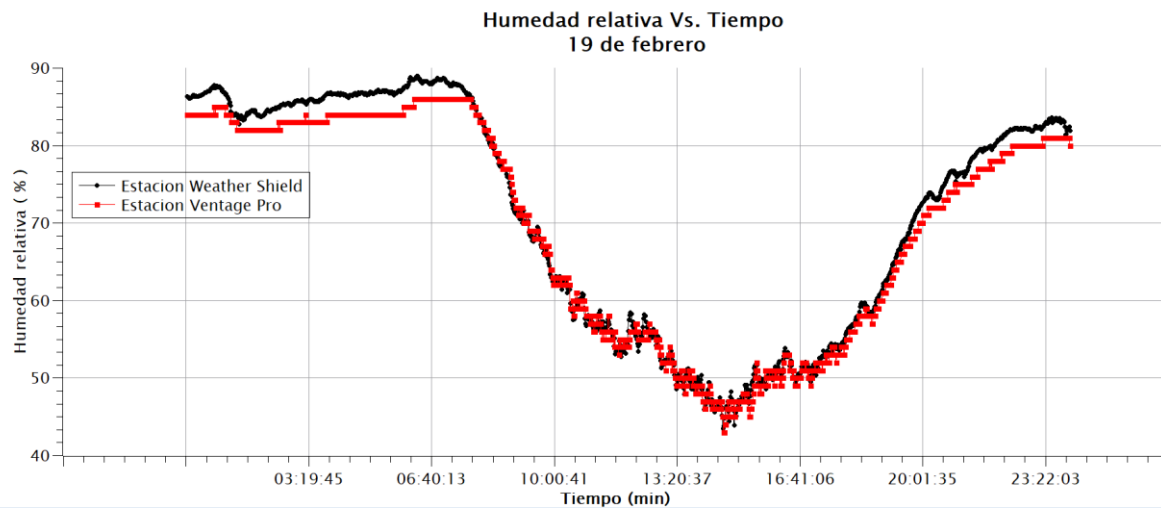


Ilustración 33. Gráfica del comportamiento de la humedad relativa del 19 de febrero del 2022. En rojo podemos observar el comportamiento de la temperatura obtenido por la estación Davis Vantage Pro. Del color negro observamos el comportamiento de la temperatura obtenido por la weather shield.

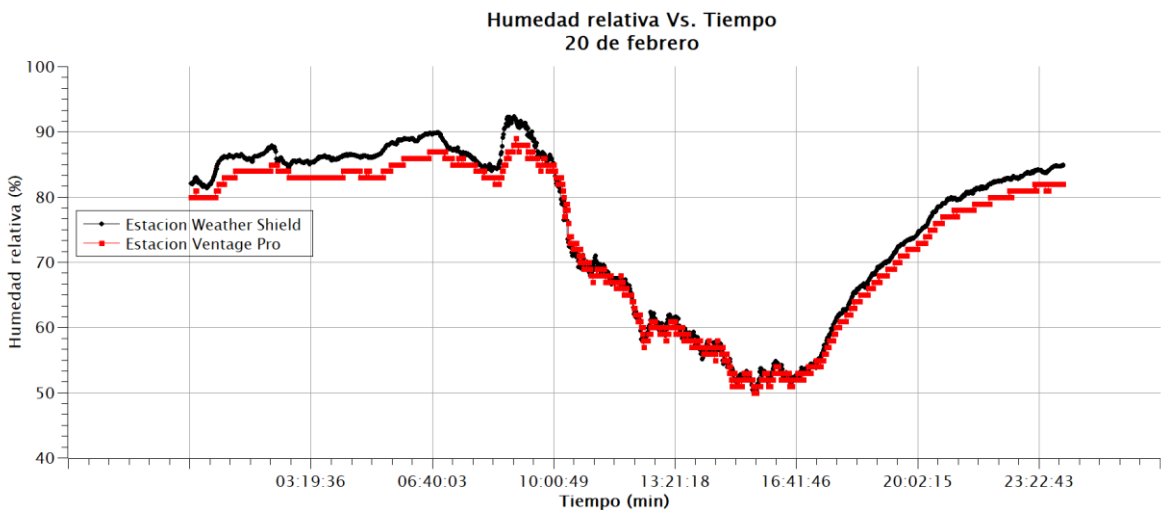


Ilustración 34. Gráfica del comportamiento de la humedad relativa del 20 de febrero del 2022. En rojo podemos observar el comportamiento de la temperatura obtenido por la estación Davis Vantage Pro. Del color negro observamos el comportamiento de la temperatura obtenido por la weather shield.

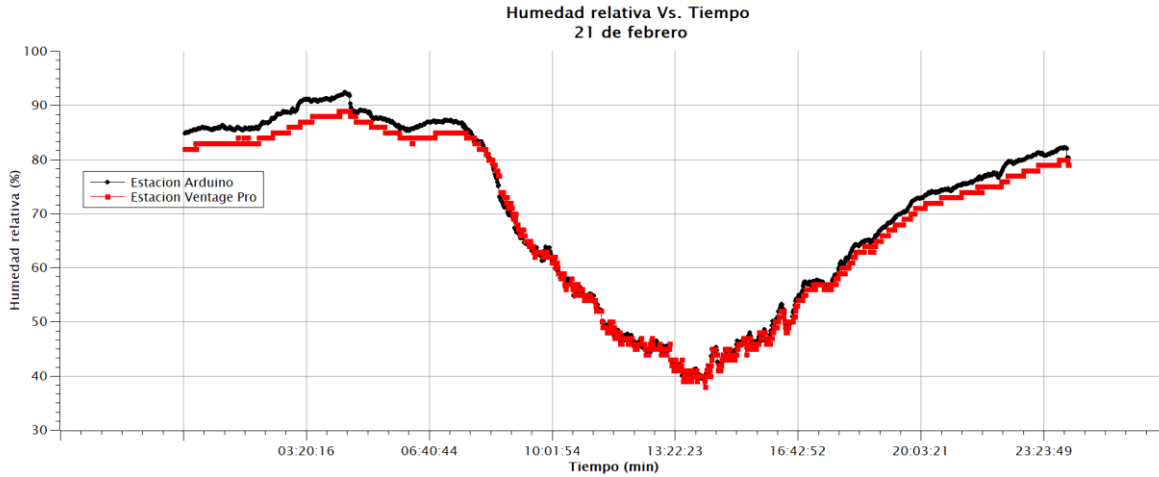


Ilustración 35. Gráfica del comportamiento de la humedad relativa del 21 de febrero del 2022. En rojo podemos observar el comportamiento de la temperatura obtenido por la estación Davis Vantage Pro. Del color negro observamos el comportamiento de la temperatura obtenido por la weather shield.

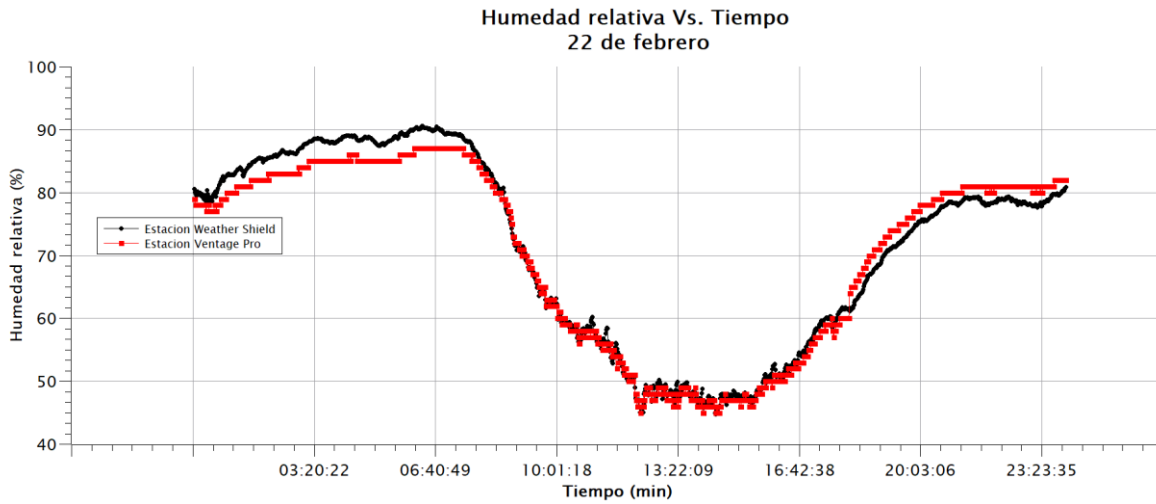


Ilustración 36. Gráfica del comportamiento de la humedad relativa del 22 de febrero del 2022. En rojo podemos observar el comportamiento de la temperatura obtenido por la estación Davis Vantage Pro. Del color negro observamos el comportamiento de la temperatura obtenido por la weather shield.

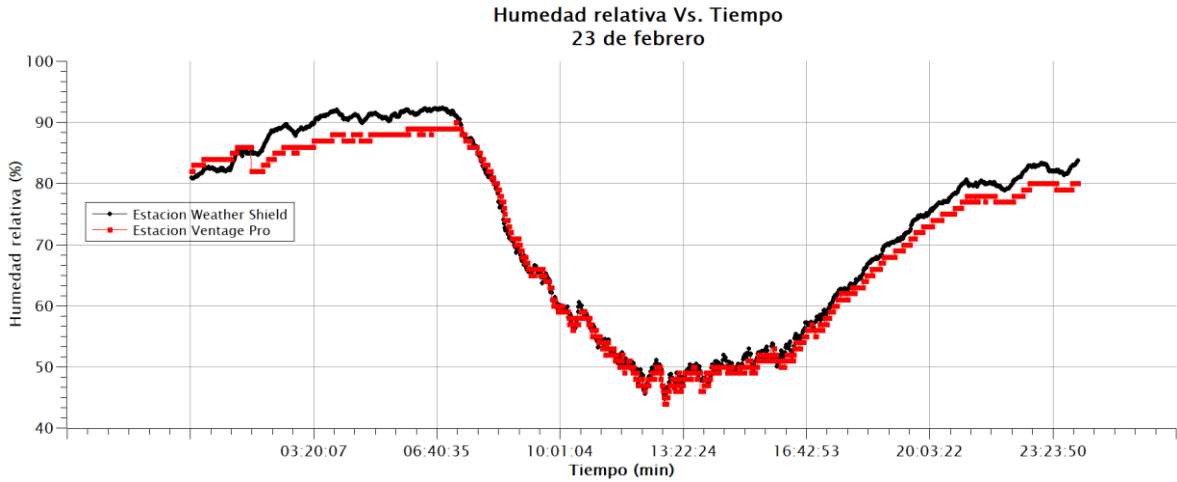


Ilustración 37. Gráfica del comportamiento de la humedad relativa del 23 de febrero del 2022. En rojo podemos observar el comportamiento de la temperatura obtenido por la estación Davis Vantage Pro. Del color negro observamos el comportamiento de la temperatura obtenido por la weather shield.

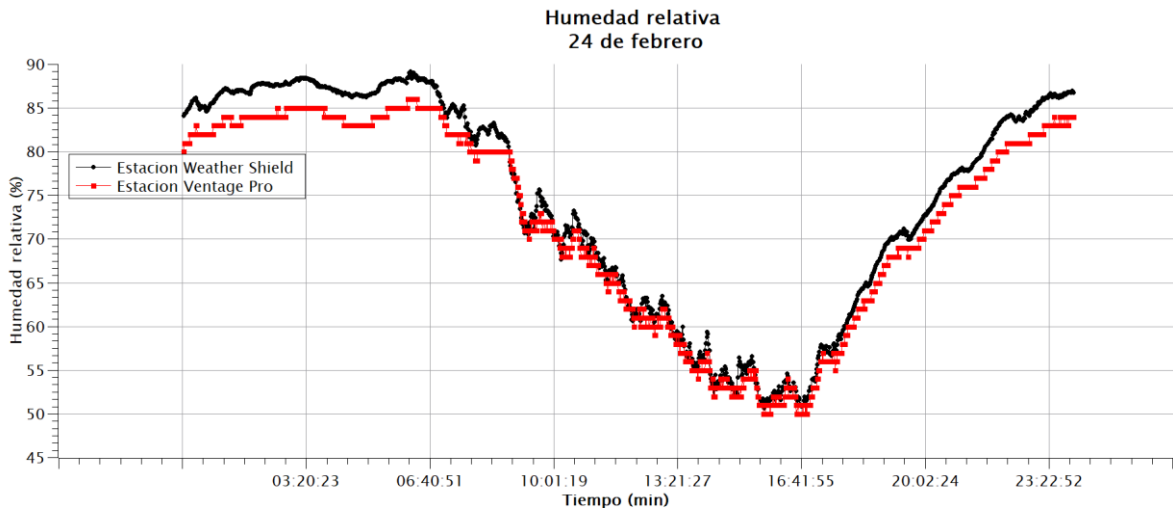


Ilustración 38. Gráfica del comportamiento de la humedad relativa del 24 de febrero del 2022. En rojo podemos observar el comportamiento de la temperatura obtenido por la estación Davis Vantage Pro. Del color negro observamos el comportamiento de la temperatura obtenido por la weather shield.

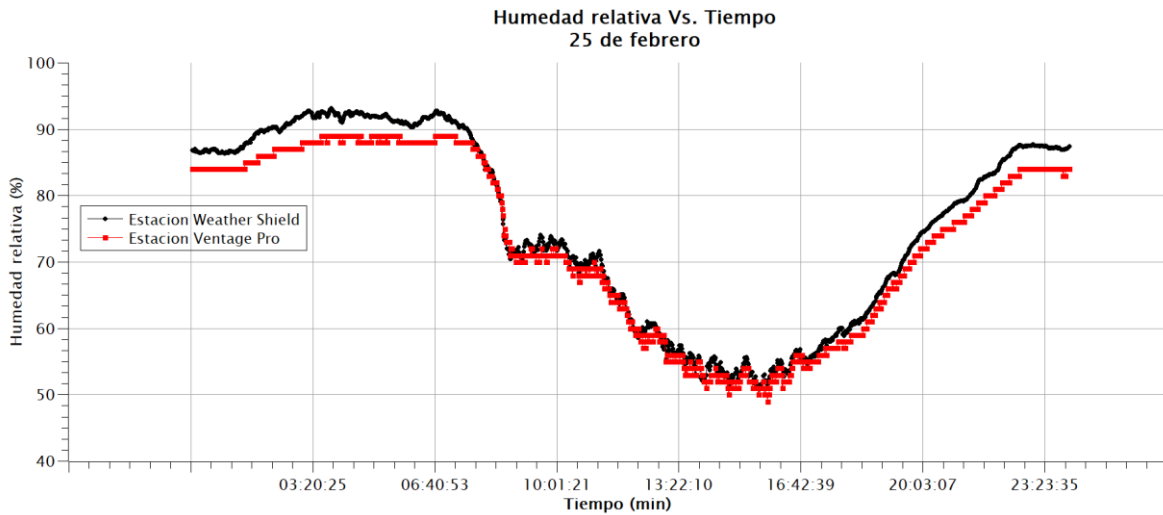


Ilustración 39. Gráfica del comportamiento de la humedad relativa del 25 de febrero del 2022. En rojo podemos observar el comportamiento de la temperatura obtenido por la estación Davis Vantage Pro. Del color negro observamos el comportamiento de la temperatura obtenido por la weather shield.

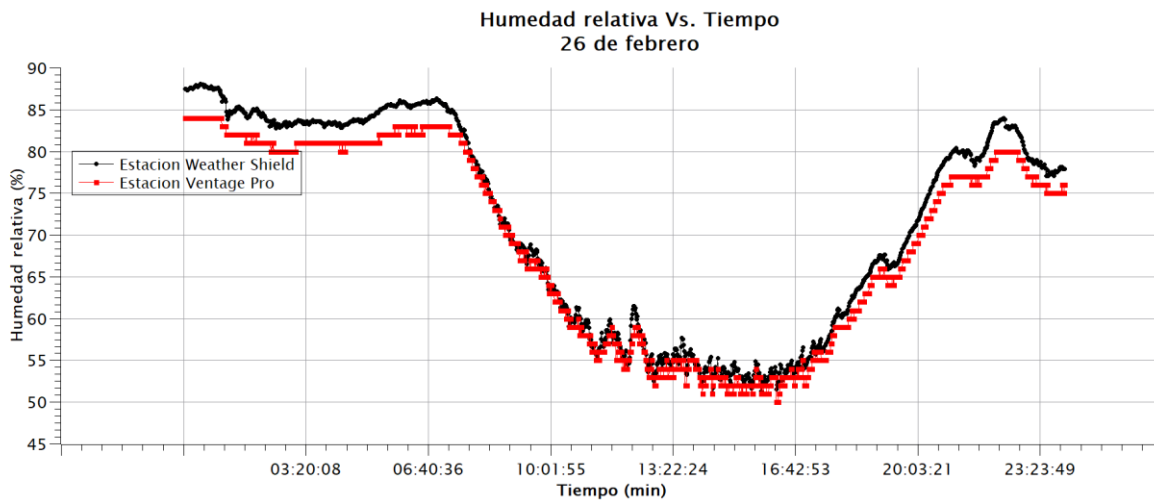


Ilustración 40. Gráfica del comportamiento de la humedad relativa del 26 de febrero del 2022. En rojo podemos observar el comportamiento de la temperatura obtenido por la estación Davis Vantage Pro. Del color negro observamos el comportamiento de la temperatura obtenido por la weather shield.

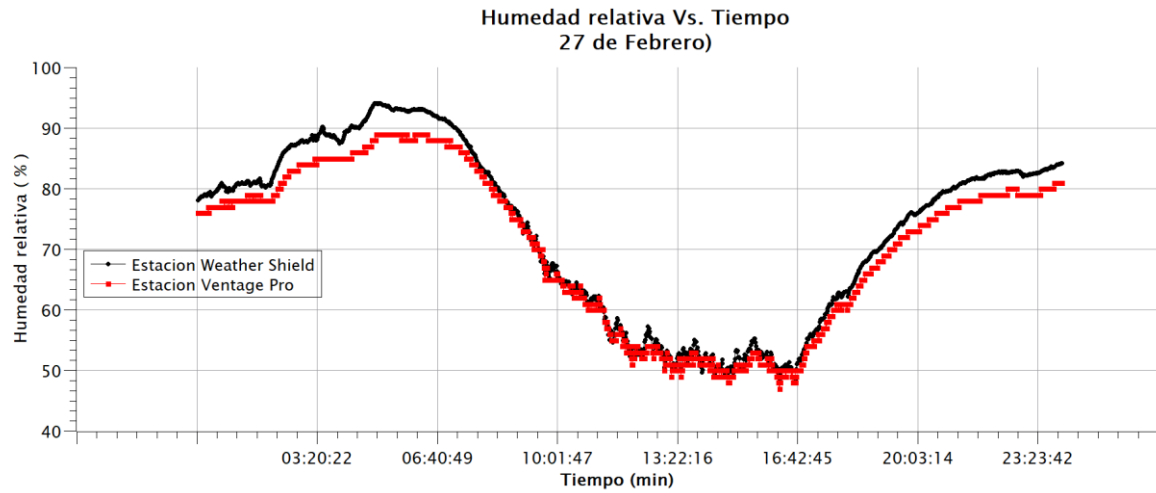


Ilustración 41. Gráfica del comportamiento de la humedad relativa del 27 de febrero del 2022. En rojo podemos observar el comportamiento de la temperatura obtenido por la estación Davis Vantage Pro. Del color negro observamos el comportamiento de la temperatura obtenido por la weather shield.

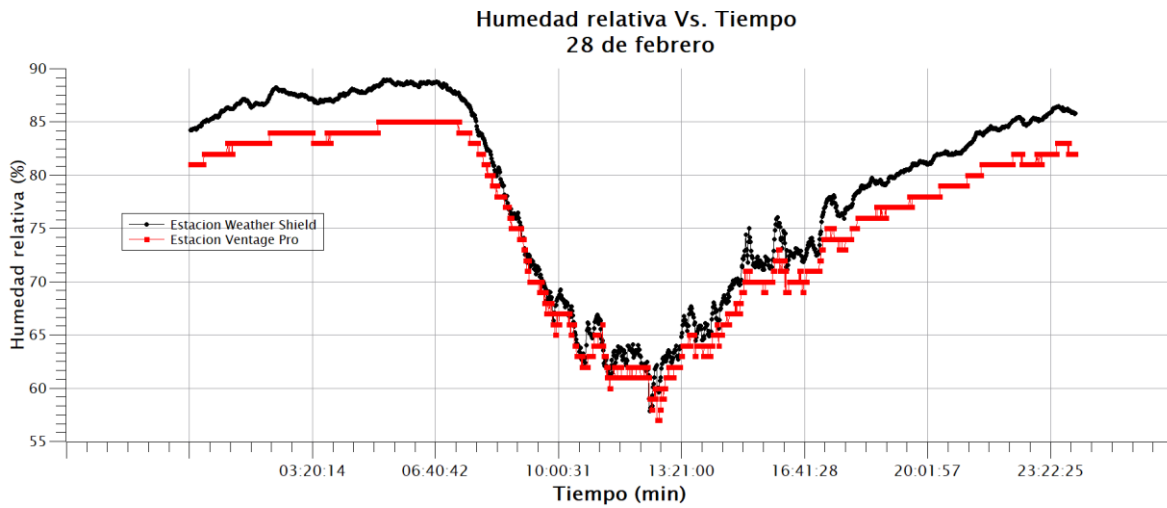


Ilustración 42. Gráfica del comportamiento de la humedad relativa del 28 de febrero del 2022. En rojo podemos observar el comportamiento de la temperatura obtenido por la estación Davis Vantage Pro. Del color negro observamos el comportamiento de la temperatura obtenido por la weather shield.

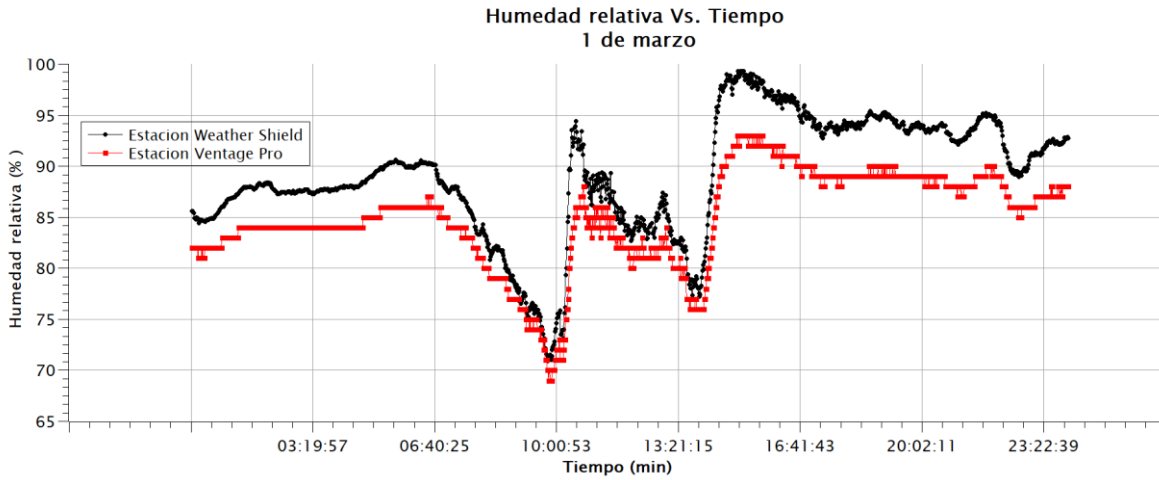


Ilustración 43. Gráfica del comportamiento de la humedad relativa del 1 de marzo del 2022. En rojo podemos observar el comportamiento de la temperatura obtenido por la estación Davis Vantage Pro. Del color negro observamos el comportamiento de la temperatura obtenida por la weather shield.

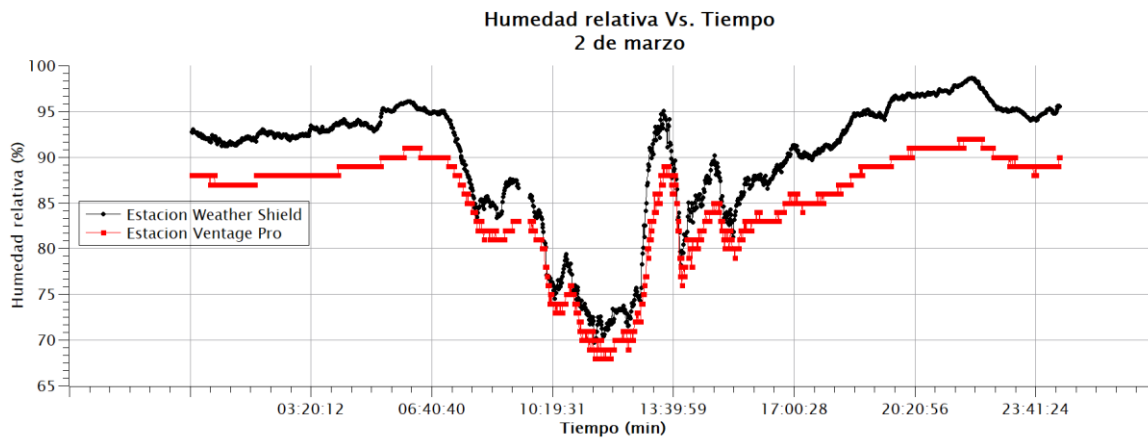


Ilustración 44. Gráfica del comportamiento de la humedad relativa del 2 de marzo del 2022. En rojo podemos observar el comportamiento de la temperatura obtenido por la estación Davis Vantage Pro. Del color negro observamos el comportamiento de la temperatura obtenida por la weather shield.

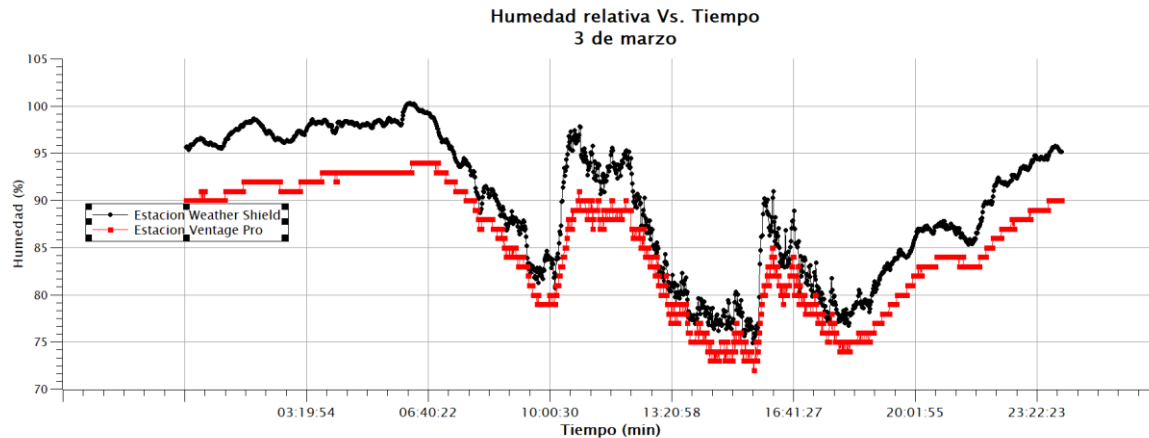


Ilustración 45. Gráfica del comportamiento de la humedad relativa del 3 de marzo del 2022. En rojo podemos observar el comportamiento de la temperatura obtenido por la estación Davis Vantage Pro. Del color negro observamos el comportamiento de la temperatura obtenida por la weather shield.

4.3. Figuras de gráficas de presión atmosférica obtenidas por las estaciones.

En las siguientes gráficas se mostrará el comportamiento de la presión atmosférica respecto al tiempo de ambas estaciones. En rojo podemos observar el comportamiento de la Presión atmosférica obtenido por la estación Davis Vantage Pro. Del color negro observamos el comportamiento de la Presión atmosférica obtenida por la estación Weather Shield. La unidad de la presión atmosférica es Barr. Debajo de cada gráfico se encuentra el resultado de análisis de correlación hecho con el software SPSS.

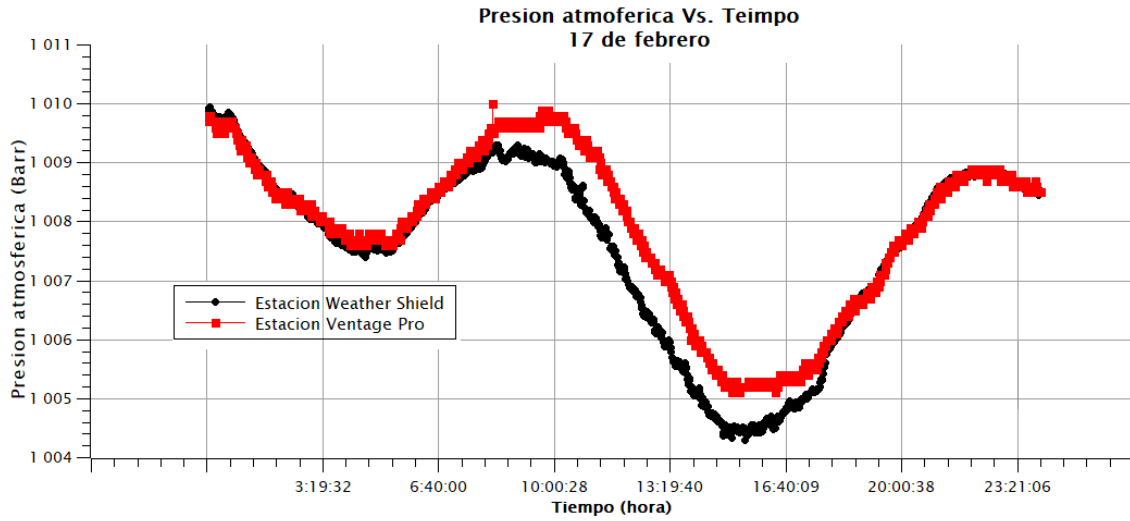


Ilustración 46. Gráfica del comportamiento de la presión atmosférica del 17 de febrero del 2022. En rojo podemos observar el comportamiento de la temperatura obtenido por la estación Davis Vantage Pro. Del color negro observamos el comportamiento de la temperatura obtenido por la weather shield.

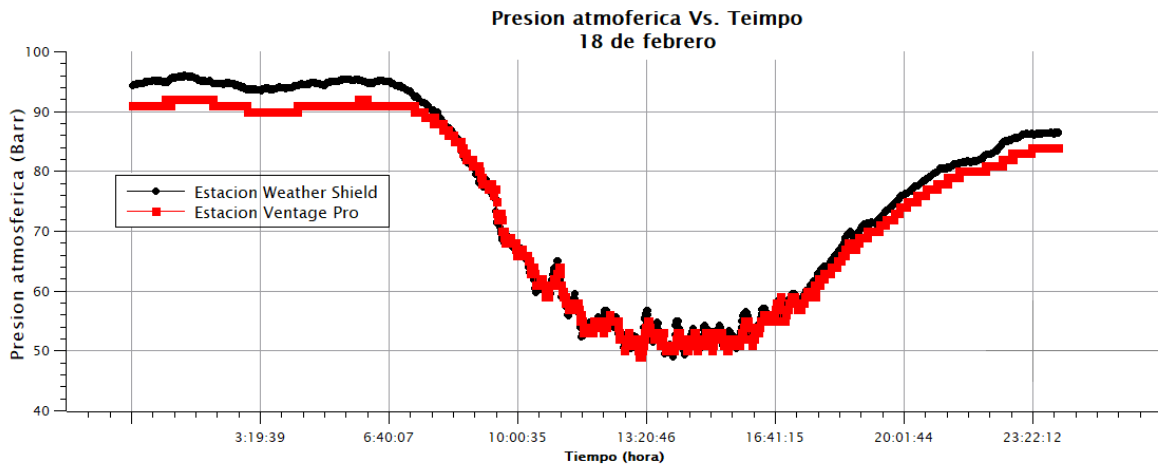


Ilustración 47. Gráfica del comportamiento de la presión atmosférica del 18 de febrero del 2022. En rojo podemos observar el comportamiento de la temperatura obtenido por la estación Davis Vantage Pro. Del color negro observamos el comportamiento de la temperatura obtenido por la weather shield.

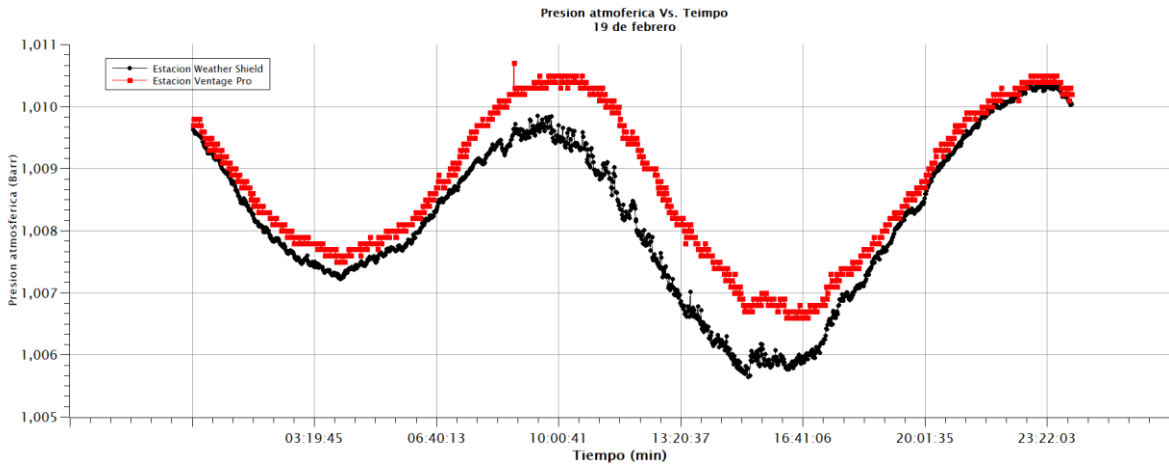


Ilustración 48. Gráfica del comportamiento de la presión atmosférica del 19 de febrero del 2022. En rojo podemos observar el comportamiento de la temperatura obtenido por la estación Davis Vantage Pro. Del color negro observamos el comportamiento de la temperatura obtenido por la weather shield.

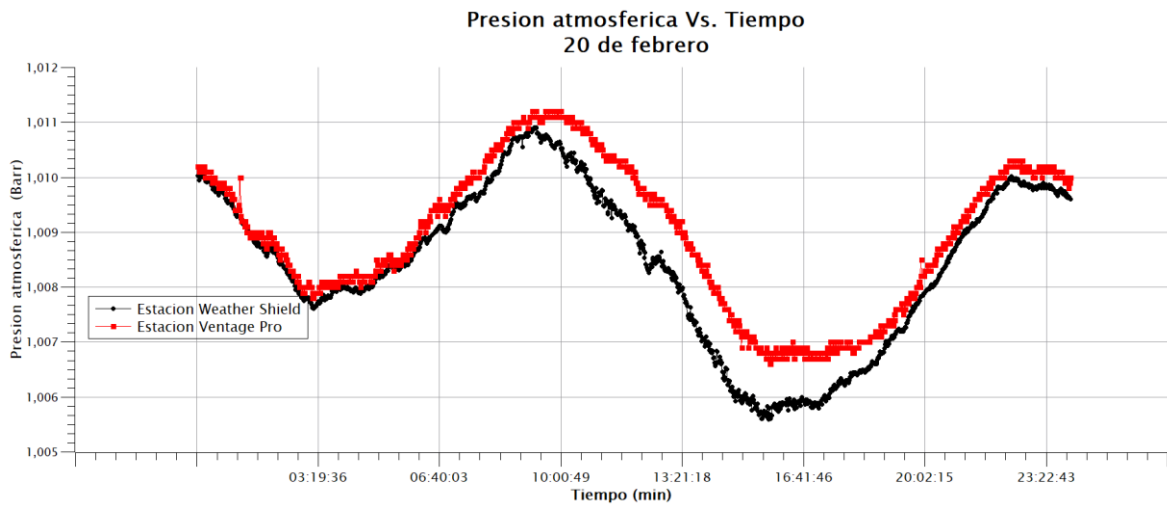


Ilustración 49. Gráfica del comportamiento de la presión atmosférica del 20 de febrero del 2022. En rojo podemos observar el comportamiento de la temperatura obtenido por la estación Davis Vantage Pro. Del color negro observamos el comportamiento de la temperatura obtenido por la weather shield.

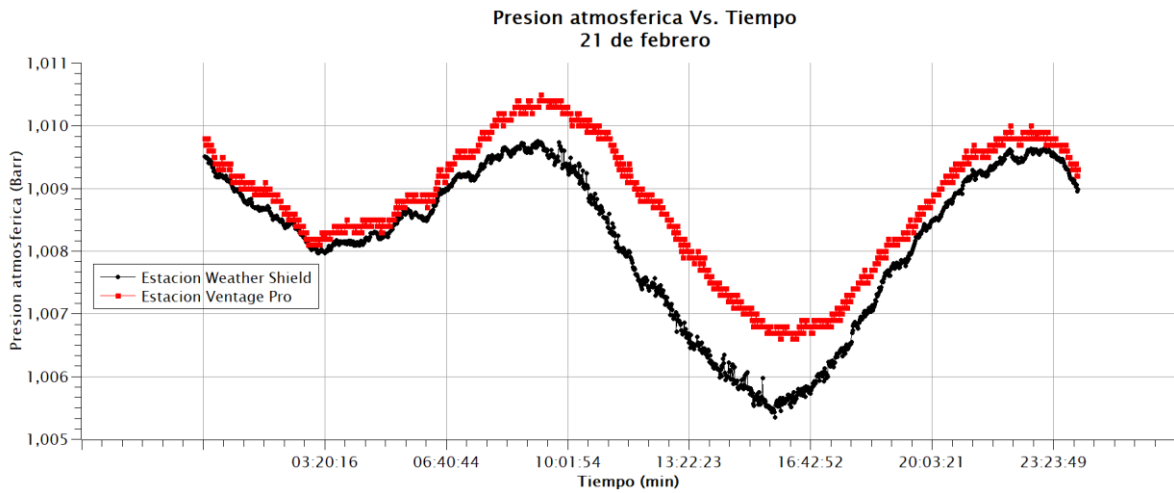


Ilustración 50. Gráfica del comportamiento de la presión atmosférica del 21 de febrero del 2022. En rojo podemos observar el comportamiento de la temperatura obtenido por la estación Davis Vantage Pro. Del color negro observamos el comportamiento de la temperatura obtenido por la weather shield.

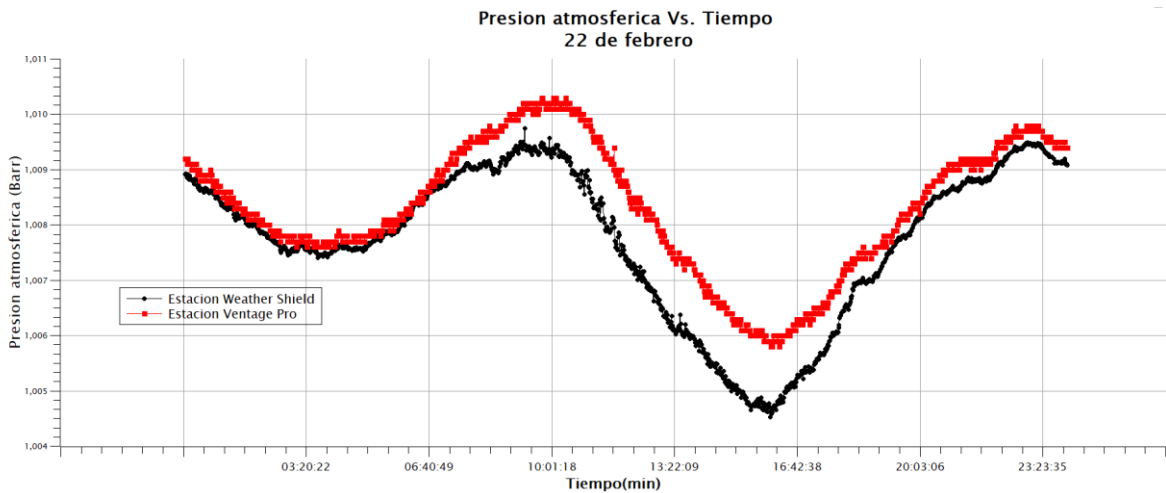


Ilustración 51. Gráfica del comportamiento de la presión atmosférica del 22 de febrero del 2022. En rojo podemos observar el comportamiento de la temperatura obtenido por la estación Davis Vantage Pro. Del color negro observamos el comportamiento de la temperatura obtenido por la weather shield.

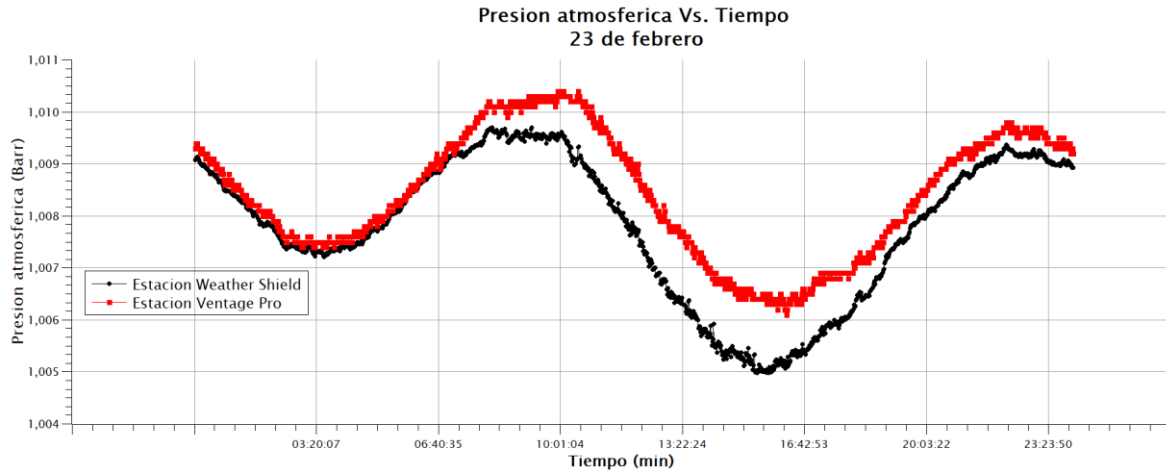


Ilustración 52. Gráfica del comportamiento de la presión atmosférica del 23 de febrero del 2022. En rojo podemos observar el comportamiento de la temperatura obtenido por la estación Davis Vantage Pro. Del color negro observamos el comportamiento de la temperatura obtenido por la weather shield.

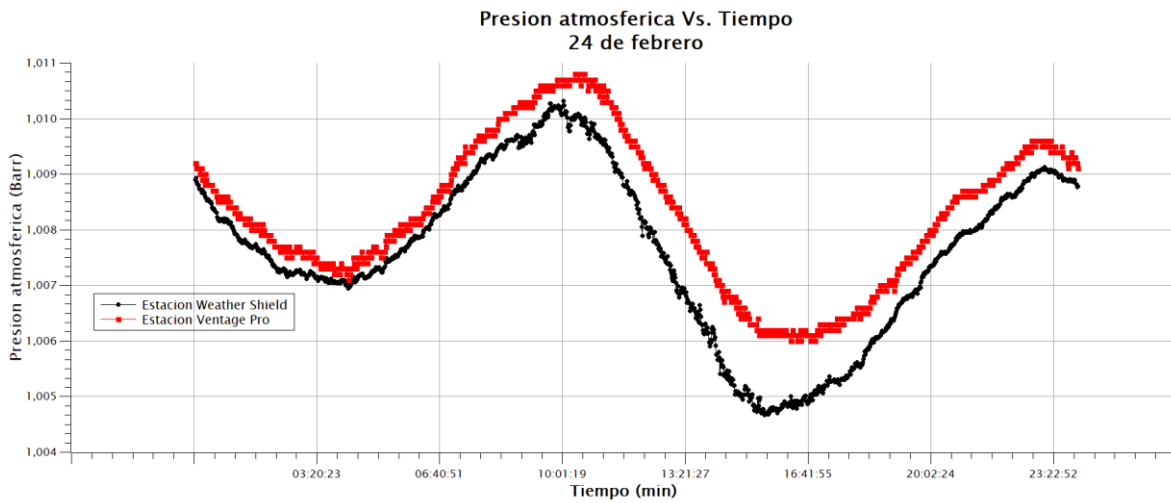


Ilustración 53. Gráfica del comportamiento de la presión atmosférica del 24 de febrero del 2022. En rojo podemos observar el comportamiento de la temperatura obtenido por la estación Davis Vantage Pro. Del color negro observamos el comportamiento de la temperatura obtenido por la weather shield.

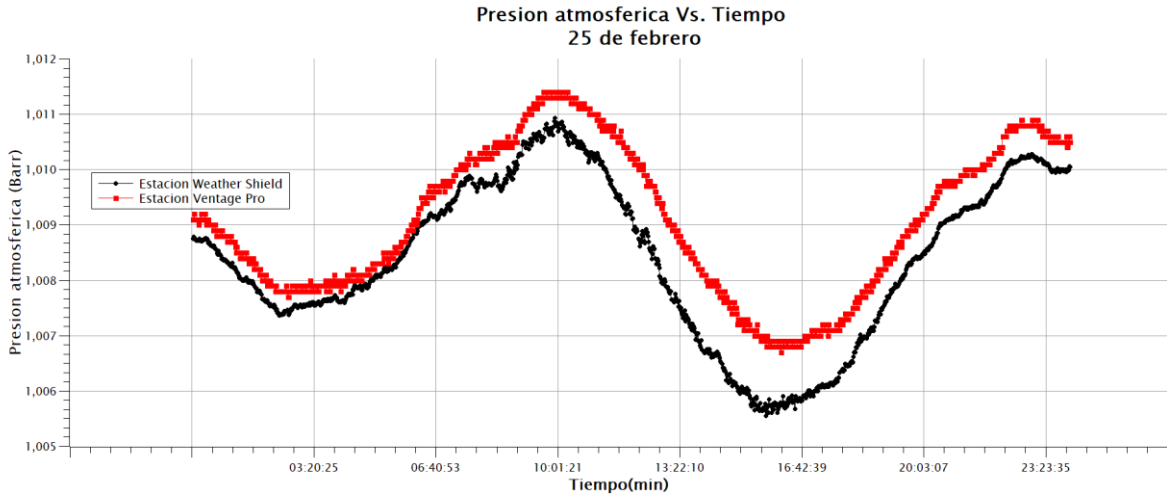


Ilustración 54. Gráfica del comportamiento de la presión atmosférica del 25 de febrero del 2022. En rojo podemos observar el comportamiento de la temperatura obtenido por la estación Davis Vantage Pro. Del color negro observamos el comportamiento de la temperatura obtenido por la weather shield.

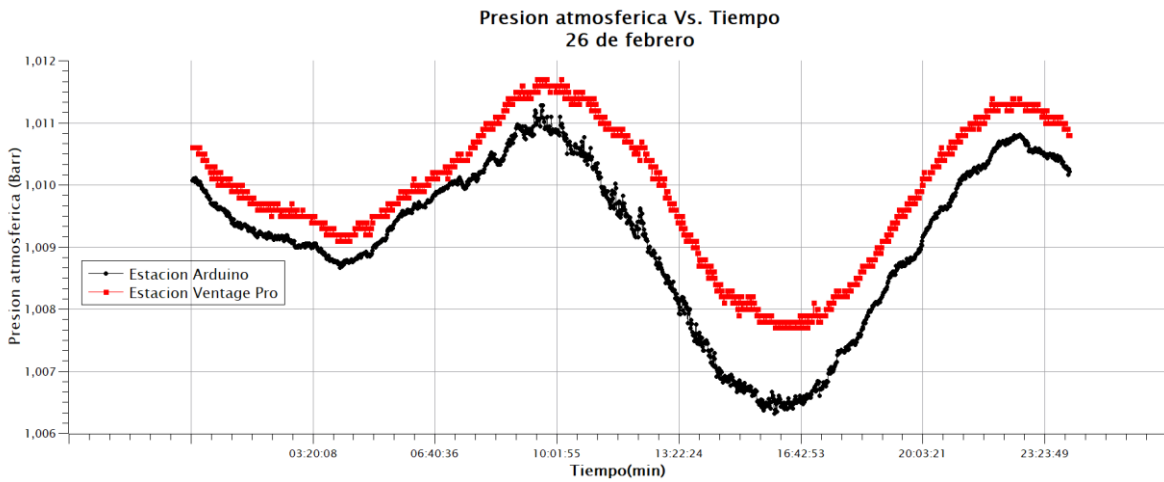


Ilustración 55. Gráfica del comportamiento de la presión atmosférica del 26 de febrero del 2022. En rojo podemos observar el comportamiento de la temperatura obtenido por la estación Davis Vantage Pro. Del color negro observamos el comportamiento de la temperatura obtenido por la weather shield.

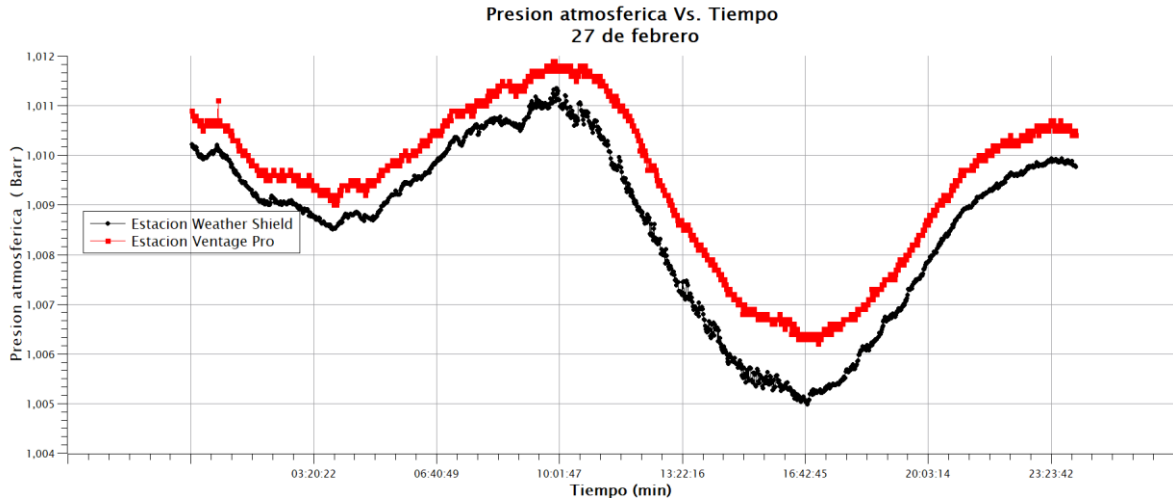


Ilustración 56. Gráfica del comportamiento de la presión atmosférica del 27 de febrero del 2022. En rojo podemos observar el comportamiento de la temperatura obtenido por la estación Davis Vantage Pro. Del color negro observamos el comportamiento de la temperatura obtenido por la weather shield.

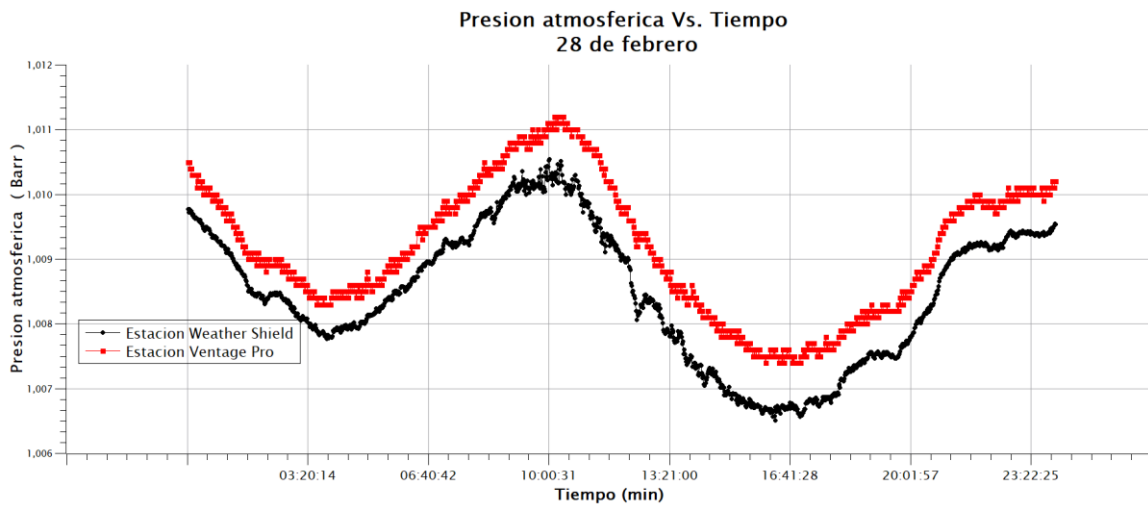


Ilustración 57. Gráfica del comportamiento de la presión atmosférica del 28 de febrero del 2022. En rojo podemos observar el comportamiento de la temperatura obtenido por la estación Davis Vantage Pro. Del color negro observamos el comportamiento de la temperatura obtenido por la weather shield.

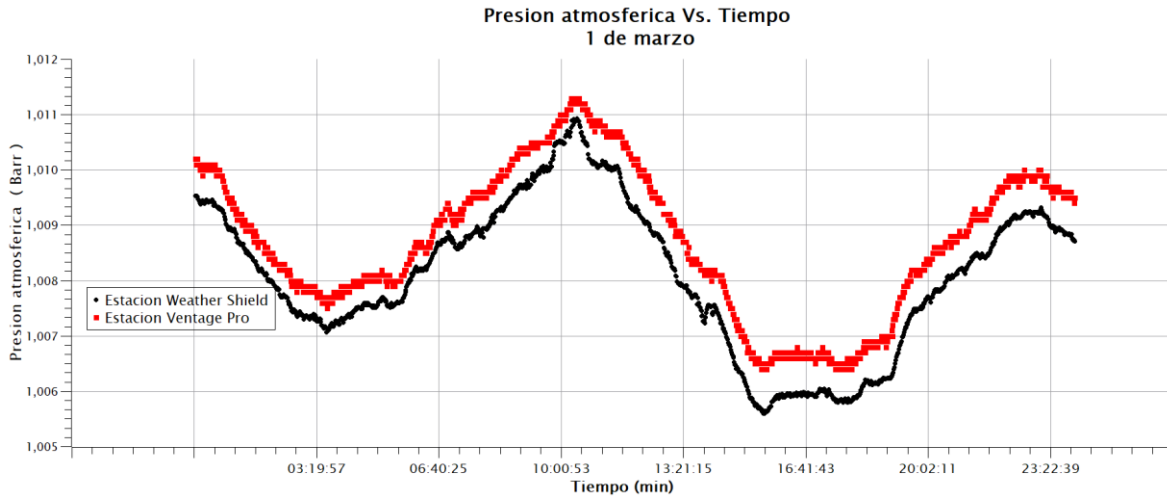


Ilustración 58. Gráfica del comportamiento de la presión atmosférica del 1 de marzo del 2022. En rojo podemos observar el comportamiento de la temperatura obtenido por la estación Davis Vantage Pro. Del color negro observamos el comportamiento de la temperatura obtenido por la weather shield.

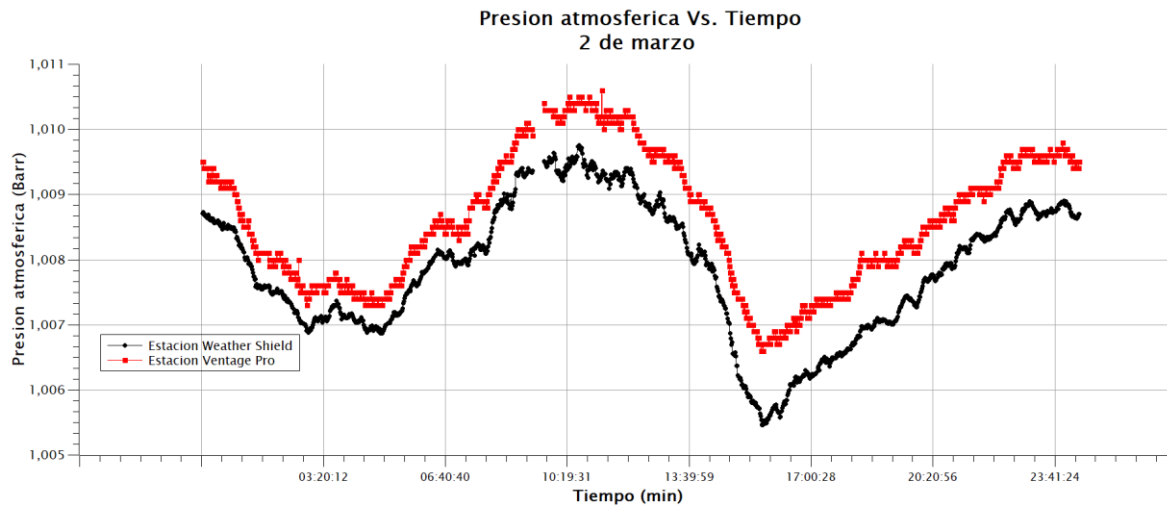


Ilustración 59. Gráfica del comportamiento de la presión atmosférica del 2 de marzo del 2022. En rojo podemos observar el comportamiento de la temperatura obtenido por la estación Davis Vantage Pro. Del color negro observamos el comportamiento de la temperatura obtenido por la weather shield.

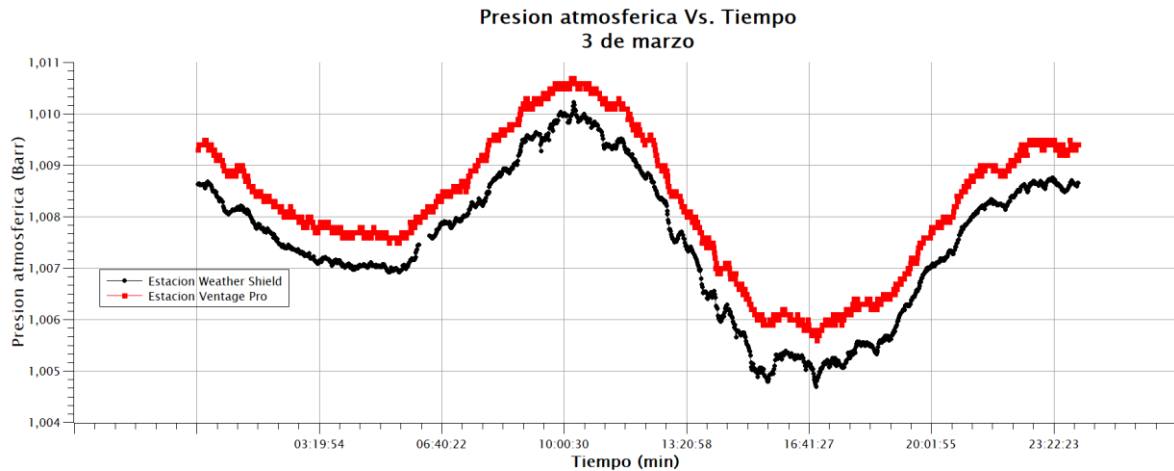


Ilustración 60. Gráfica del comportamiento de la presión atmosférica del 3 de marzo del 2022. En rojo podemos observar el comportamiento de la temperatura obtenido por la estación Davis Vantage Pro. Del color negro observamos el comportamiento de la temperatura obtenido la weather shield.

4.4. Figuras de gráficas de rapidez del viento obtenidas por las estaciones.

En las siguientes gráficas se mostrará el comportamiento de la velocidad del viento respecto al tiempo de ambas estaciones. La velocidad del viento se midió millas por hora (mph). En rojo podemos observar el comportamiento de la velocidad del viento obtenido por la estación Davis vantage Pro. Del color negro observamos el comportamiento de la velocidad del viento obtenida por la estación Weather Shield.

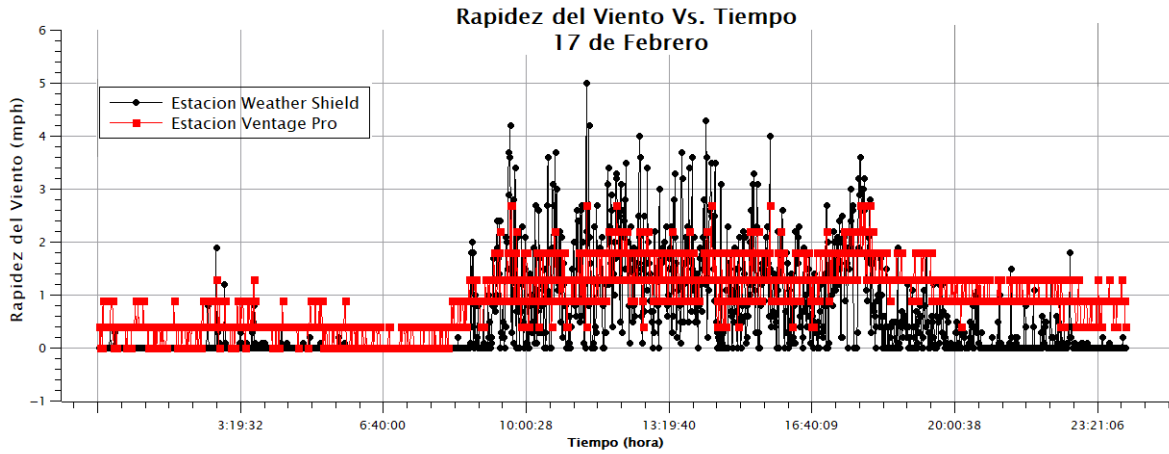


Ilustración 61. Gráfica del comportamiento de la rapidez del viento del 17 de febrero del 2022. En rojo podemos observar el comportamiento de la temperatura obtenido por la estación Davis Vantage Pro. Del color negro observamos el comportamiento de la temperatura obtenido por la weather shield.

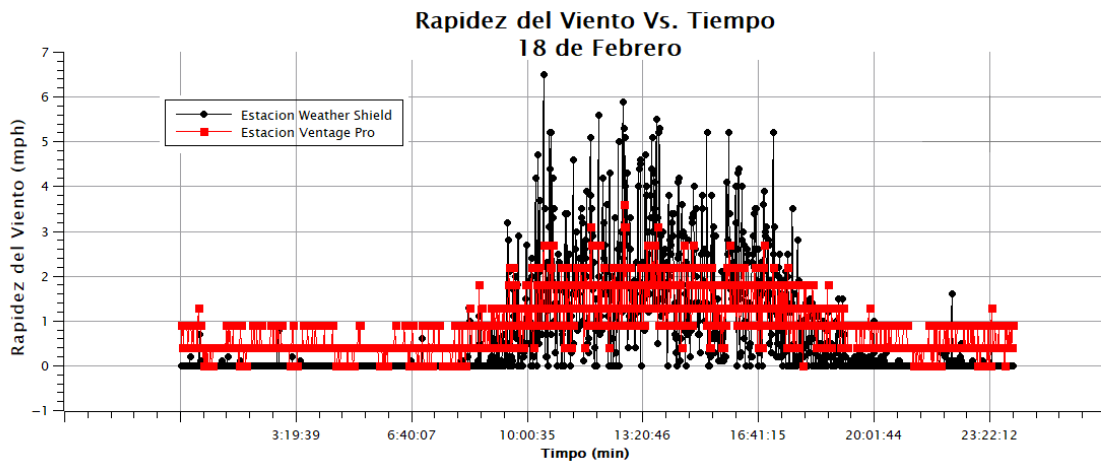


Ilustración 62. Gráfica del comportamiento de la rapidez del viento del 18 de febrero del 2022. En rojo podemos observar el comportamiento de la temperatura obtenido por la estación Davis Vantage Pro. Del color negro observamos el comportamiento de la temperatura obtenido por la weather shield.

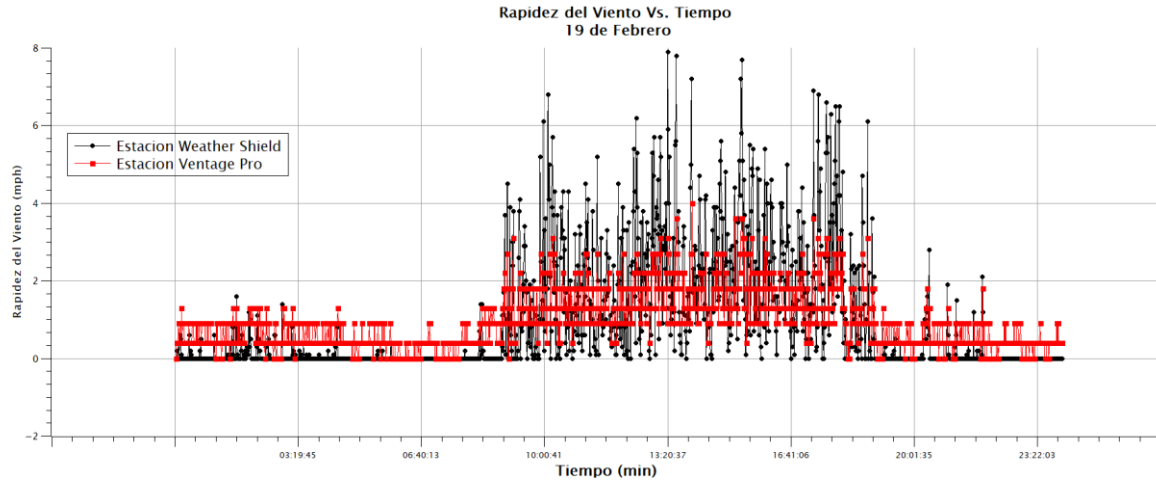


Ilustración 63. Gráfica del comportamiento de la rapidez del viento del 19 de febrero del 2022. En rojo podemos observar el comportamiento de la temperatura obtenido por la estación Davis Vantage Pro. Del color negro observamos el comportamiento de la temperatura obtenido por la weather shield.

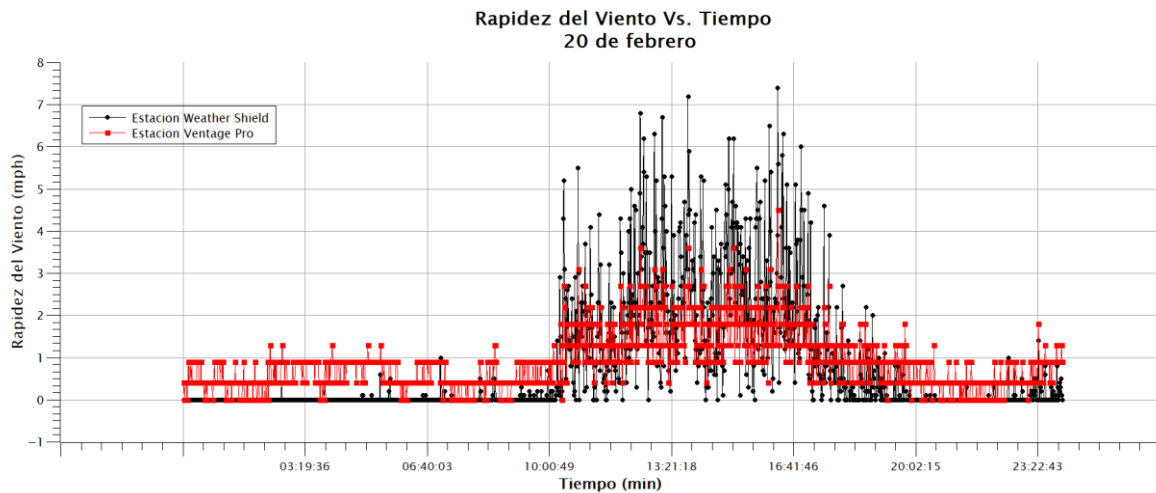


Ilustración 64. Gráfica del comportamiento de la rapidez del viento del 20 de febrero del 2022. En rojo podemos observar el comportamiento de la temperatura obtenido por la estación Davis Vantage Pro. Del color negro observamos el comportamiento de la temperatura obtenido por la weather shield.

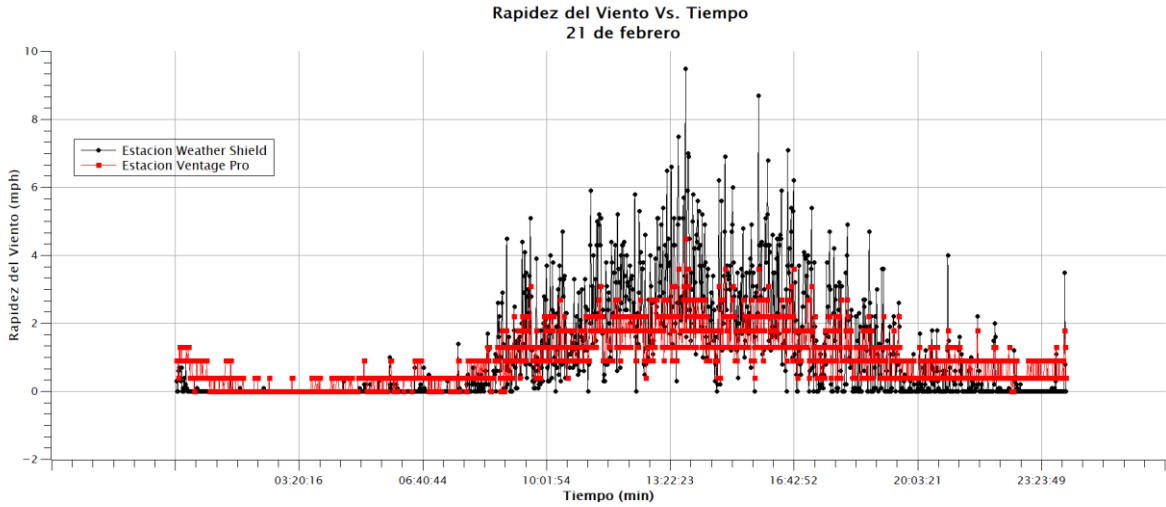


Ilustración 65. Gráfica del comportamiento de la rapidez del viento del 21 de febrero del 2022. En rojo podemos observar el comportamiento de la temperatura obtenido por la estación Davis Vantage Pro. Del color negro observamos el comportamiento de la temperatura obtenido por la weather shield.

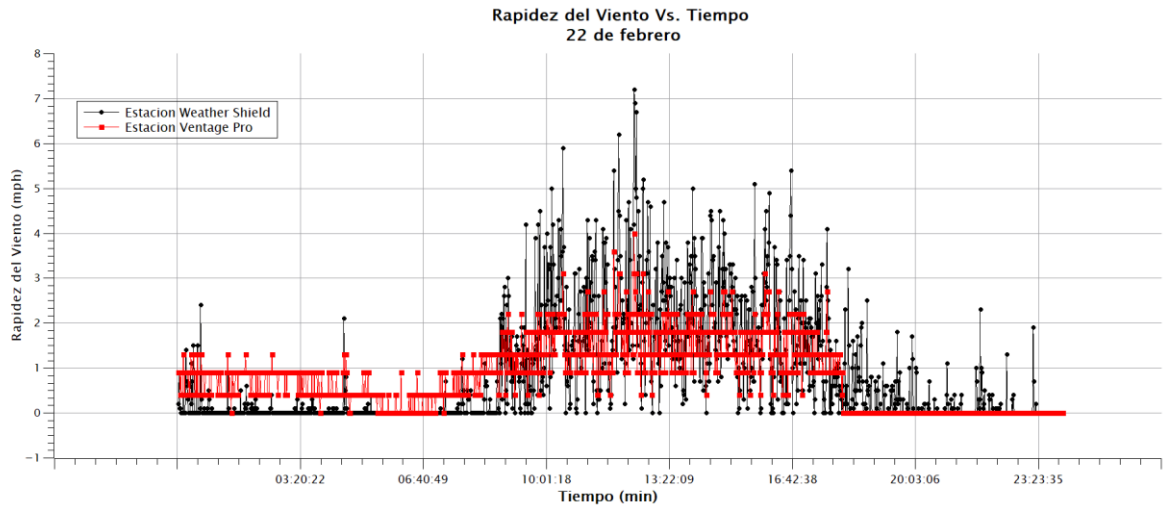


Ilustración 66. Gráfica del comportamiento de la rapidez del viento del 22 de febrero del 2022. En rojo podemos observar el comportamiento de la temperatura obtenido por la estación Davis Vantage Pro. Del color negro observamos el comportamiento de la temperatura obtenido por la weather shield.

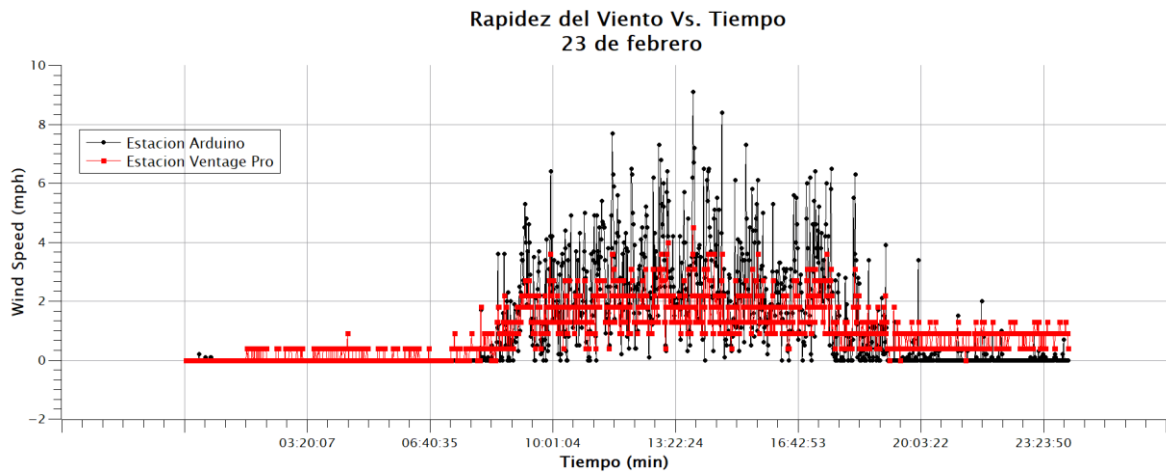


Ilustración 67. Gráfica del comportamiento de la rapidez del viento del 23 de febrero del 2022. En rojo podemos observar el comportamiento de la temperatura obtenido por la estación Davis Vantage Pro. Del color negro observamos el comportamiento de la temperatura obtenido por la weather shield.

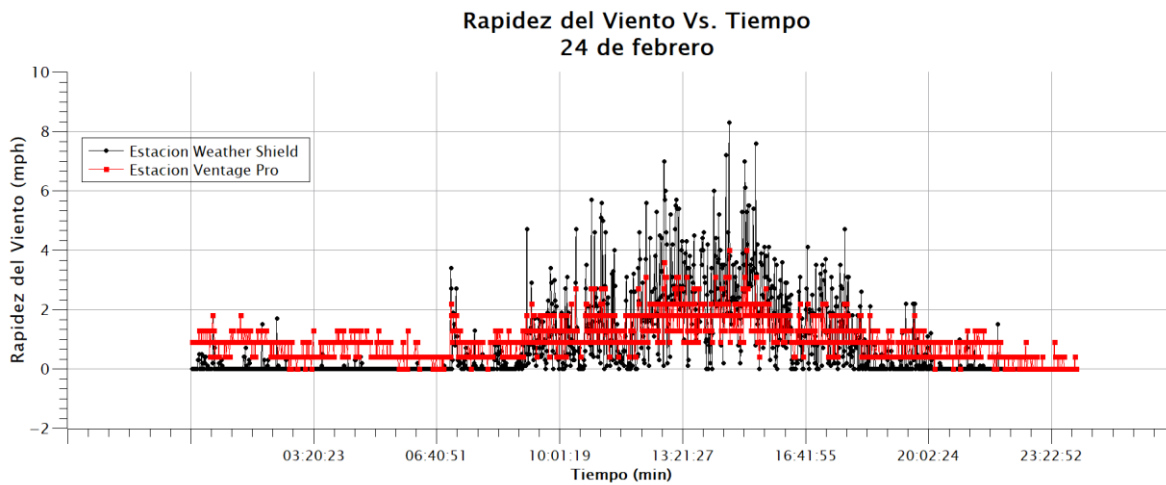


Ilustración 68. Gráfica del comportamiento de la rapidez del viento del 24 de febrero del 2022. En rojo podemos observar el comportamiento de la temperatura obtenido por la estación Davis Vantage Pro. Del color negro observamos el comportamiento de la temperatura obtenido por la weather shield.

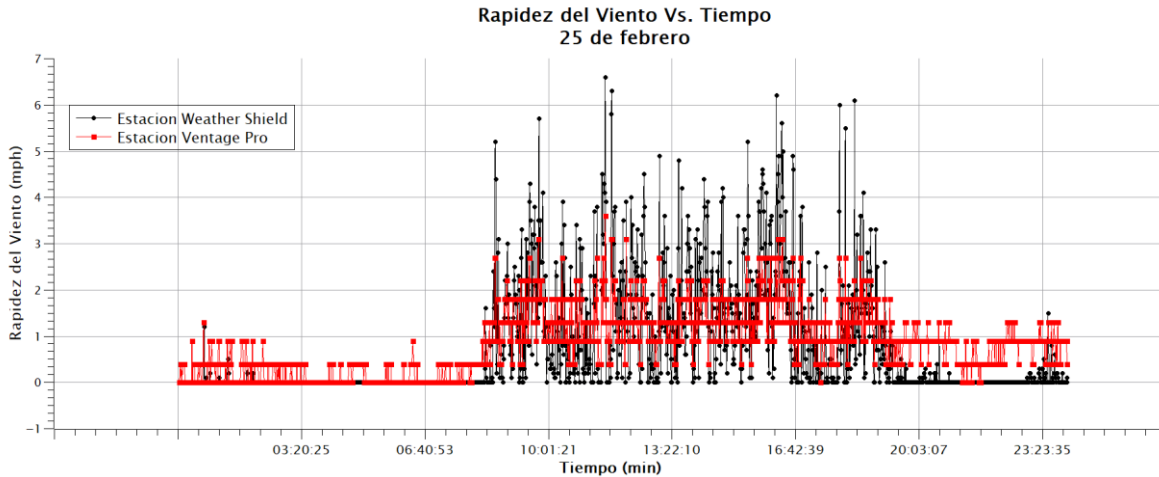


Ilustración 69. Gráfica del comportamiento de la rapidez del viento del 25 de febrero del 2022. En rojo podemos observar el comportamiento de la temperatura obtenido por la estación Davis Vantage Pro. Del color negro observamos el comportamiento de la temperatura obtenido por la weather shield.

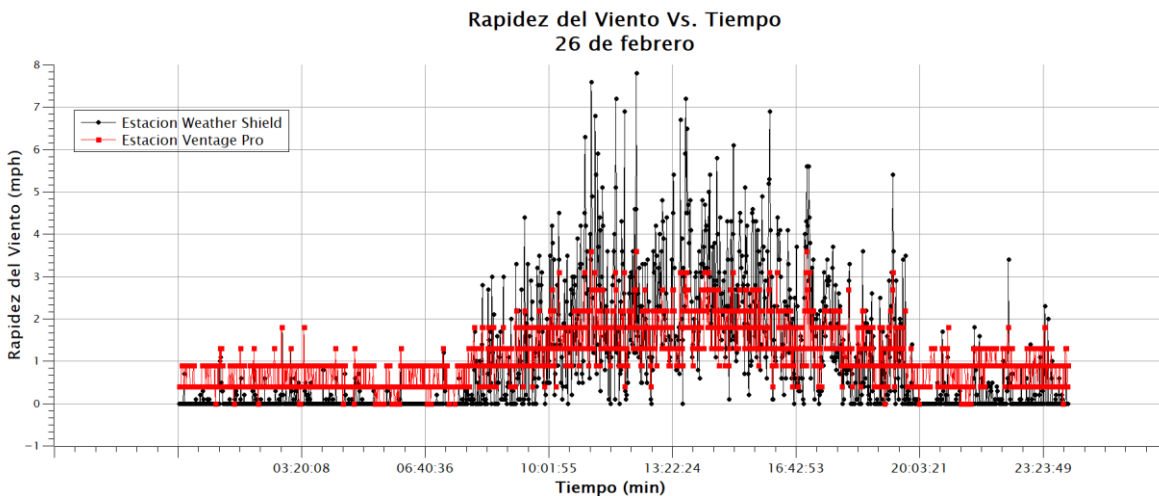


Ilustración 70. Gráfica del comportamiento de la rapidez del viento del 26 de febrero del 2022. En rojo podemos observar el comportamiento de la temperatura obtenido por la estación Davis Vantage Pro. Del color negro observamos el comportamiento de la temperatura obtenido por la weather shield.

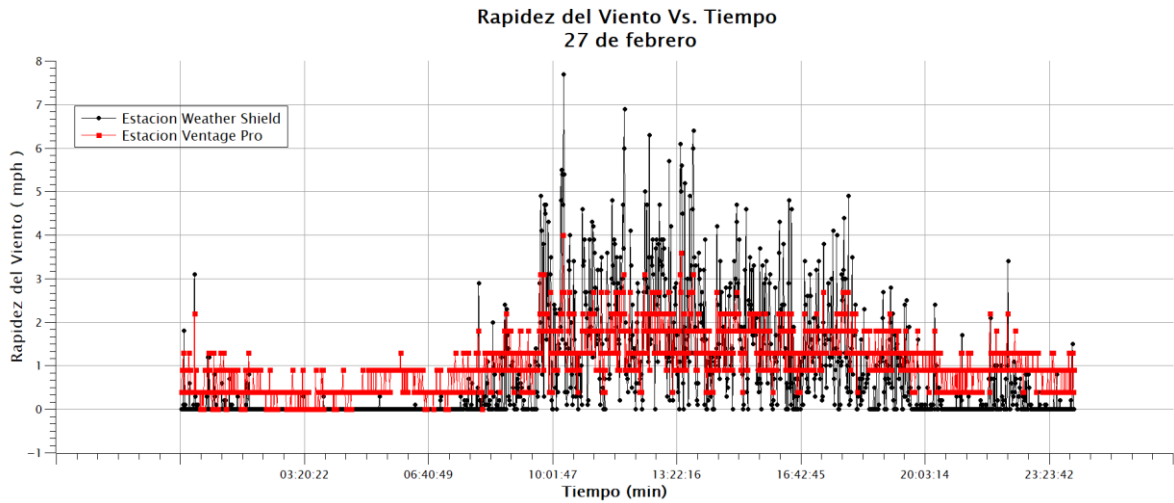


Ilustración 71. Gráfica del comportamiento de la rapidez del viento del 27 de febrero del 2022. En rojo podemos observar el comportamiento de la temperatura obtenido por la estación Davis Vantage Pro. Del color negro observamos el comportamiento de la temperatura obtenido por la weather shield.

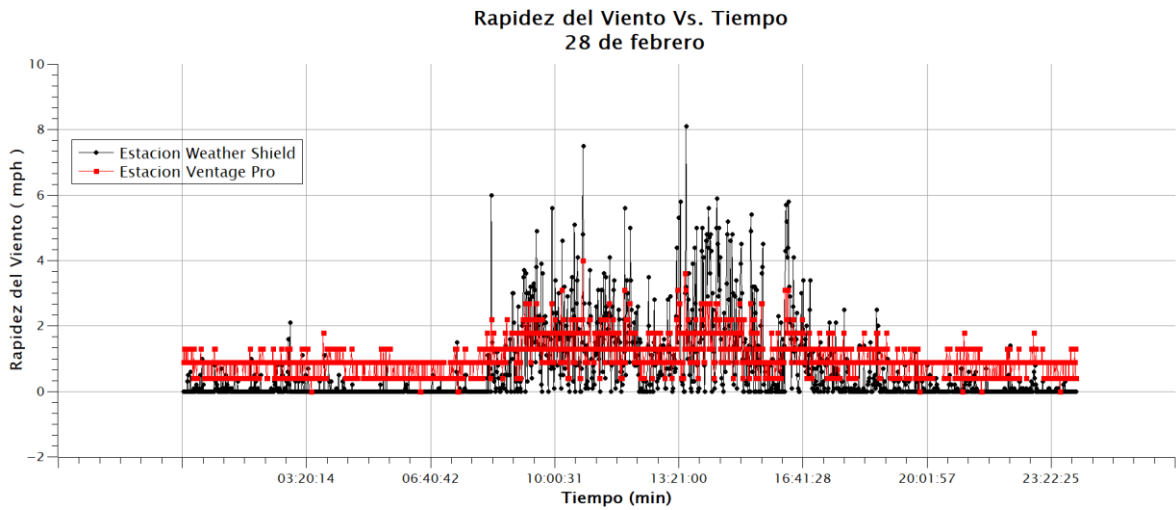


Ilustración 72. Gráfica del comportamiento de la rapidez del viento del 28 de febrero del 2022. En rojo podemos observar el comportamiento de la temperatura obtenido por la estación Davis Vantage Pro. Del color negro observamos el comportamiento de la temperatura obtenido por la weather shield.

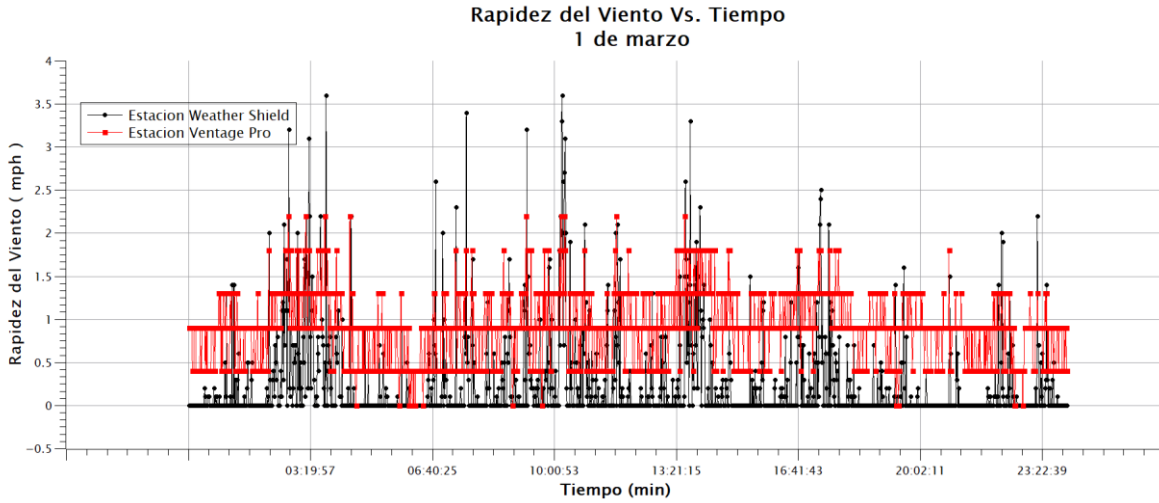


Ilustración 73. Gráfica del comportamiento de la rapidez del viento del 1 de marzo del 2022. En rojo podemos observar el comportamiento de la temperatura obtenido por la estación Davis Vantage Pro. Del color negro observamos el comportamiento de la temperatura obtenido por la weather shield.

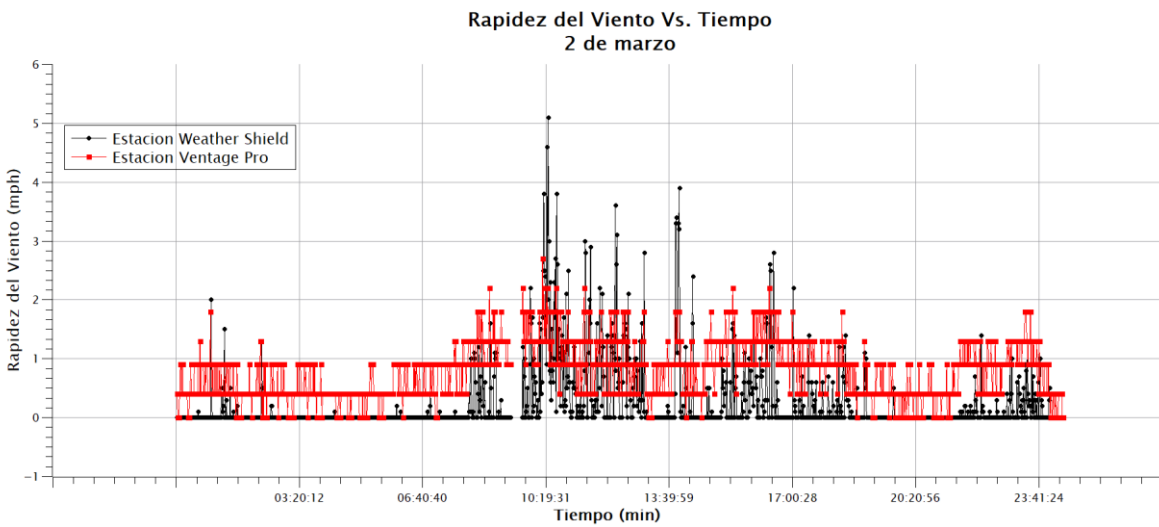


Ilustración 74. Gráfica del comportamiento de la rapidez del viento del 2 de marzo del 2022. En rojo podemos observar el comportamiento de la temperatura obtenido por la estación Davis Vantage Pro. Del color negro observamos el comportamiento de la temperatura obtenido por la weather shield.

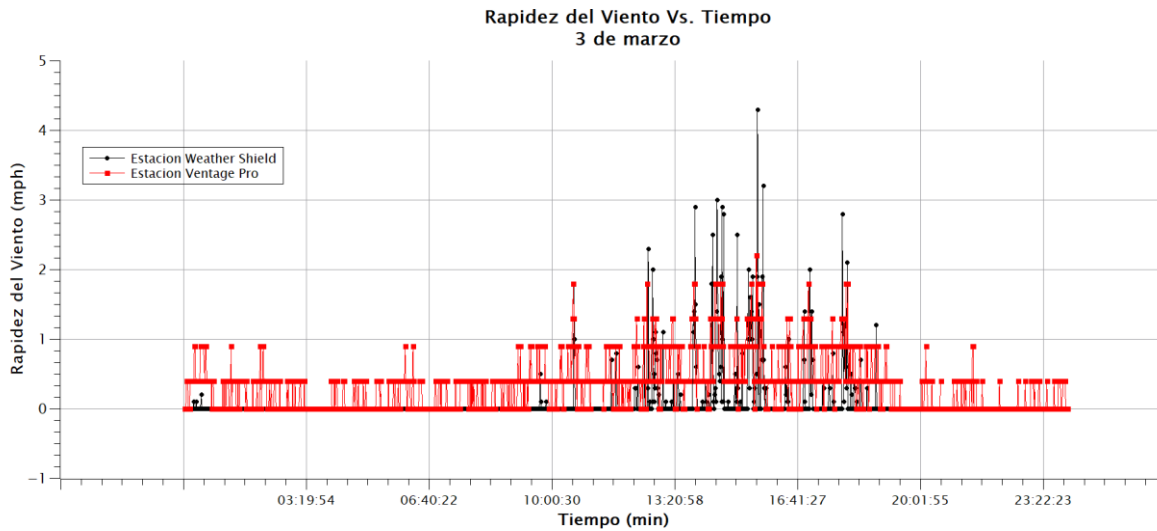


Ilustración 75. Gráfica del comportamiento de la rapidez del viento del 3 de marzo del 2022. En rojo podemos observar el comportamiento de la temperatura obtenido por la estación Davis Vantage Pro. Del color negro observamos el comportamiento de la temperatura obtenido por la weather shield.

4.5. Figuras de gráficas de precipitación pluvial obtenidas por las estaciones.

En las siguientes gráficas se mostrará el comportamiento de la precipitación pluvial respecto al tiempo de ambas estaciones. Recordando que la precipitación pluvial es la precipitación caída directa de gotas de agua o de cristales de hielo sobre la superficie terrestre.

Cabe mencionar que los resultados que veremos en las siguientes gráficas fueron obtenidos durante el mes de mayo (fecha diferente a los datos anteriores) ya que en los meses de verano no se observaron lluvias significativas que nos permitieran realizar una correlación aceptable para la validación del Weather Shield.

En rojo podemos observar el comportamiento de la caída de lluvia por minuto obtenido por la estación Davis vantage Pro. Del color negro observamos el comportamiento de la caída de lluvia por hora (rain) obtenida por la estación Weather Shield.

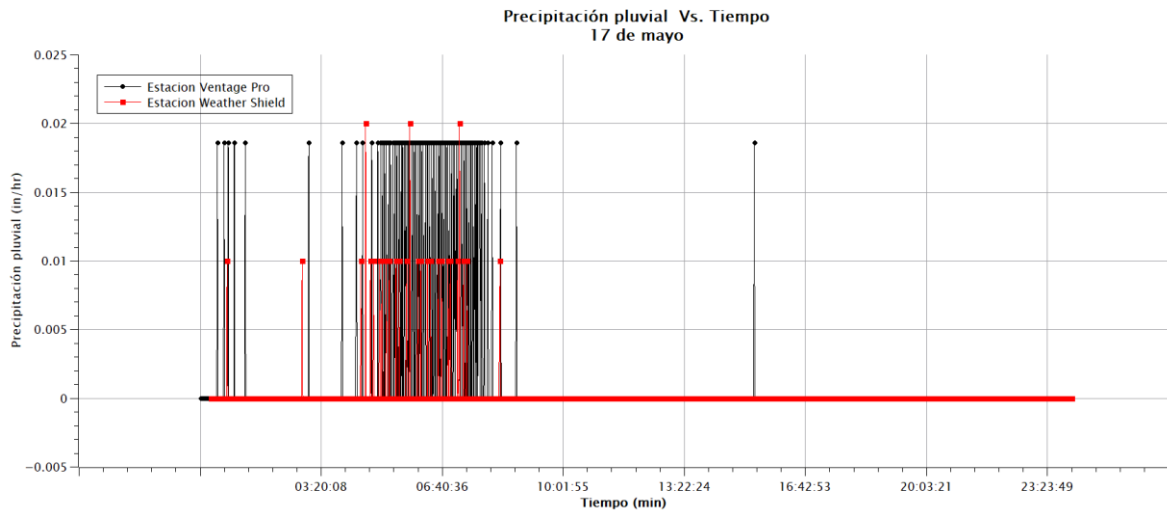


Ilustración 76. Gráfica del comportamiento de la precipitación pluvial del 17 de Mayo del 2022. En rojo podemos observar el comportamiento de la temperatura obtenido por la estación Davis Vantage Pro. Del color negro observamos el comportamiento de la temperatura obtenido por la weather shield.

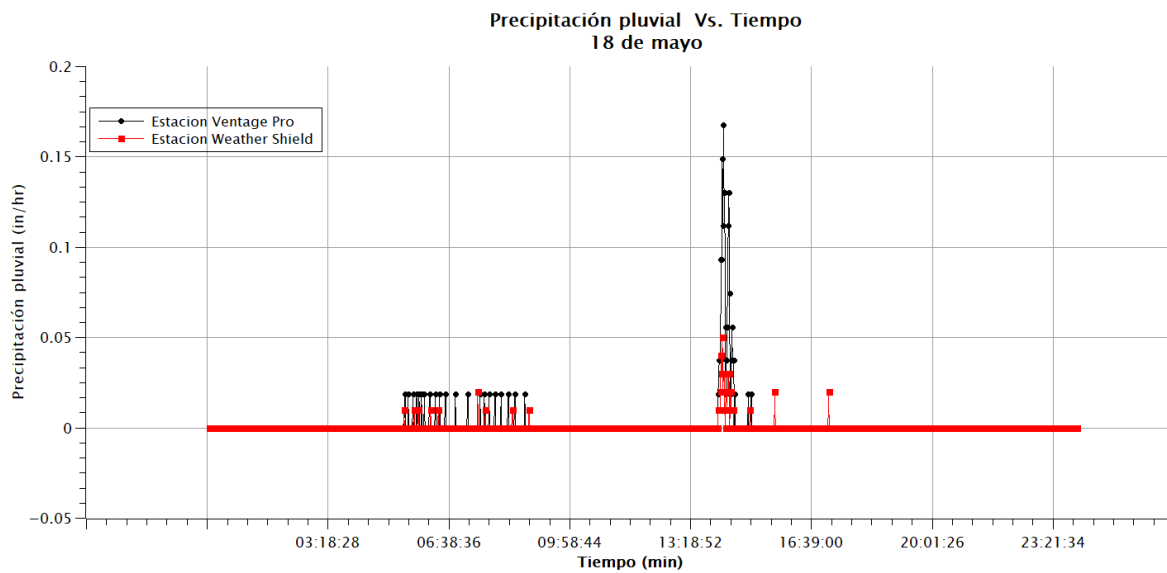


Ilustración 77. Gráfica del comportamiento de la precipitación pluvial del 18 de Mayo del 2022. En rojo podemos observar el comportamiento de la temperatura obtenido por la estación Davis Vantage Pro. Del color negro observamos el comportamiento de la temperatura obtenido por la weather shield.

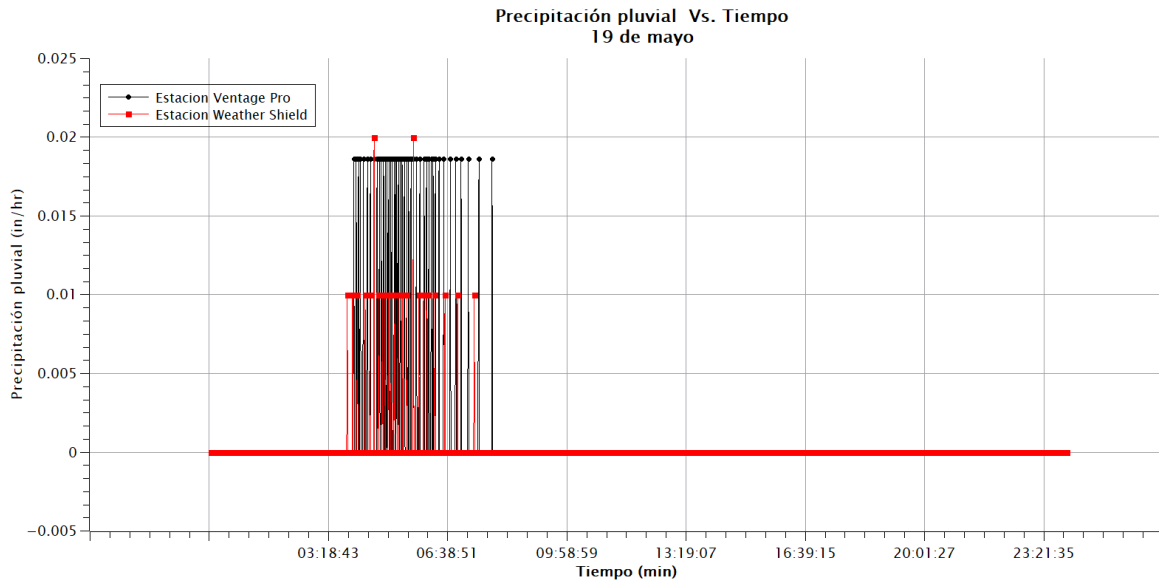


Ilustración 78. Gráfica del comportamiento de la precipitación pluvial del 19 de Mayo del 2022. En rojo podemos observar el comportamiento de la temperatura obtenido por la estación Davis Vantage Pro. Del color negro observamos el comportamiento de la temperatura obtenido por la weather shield.

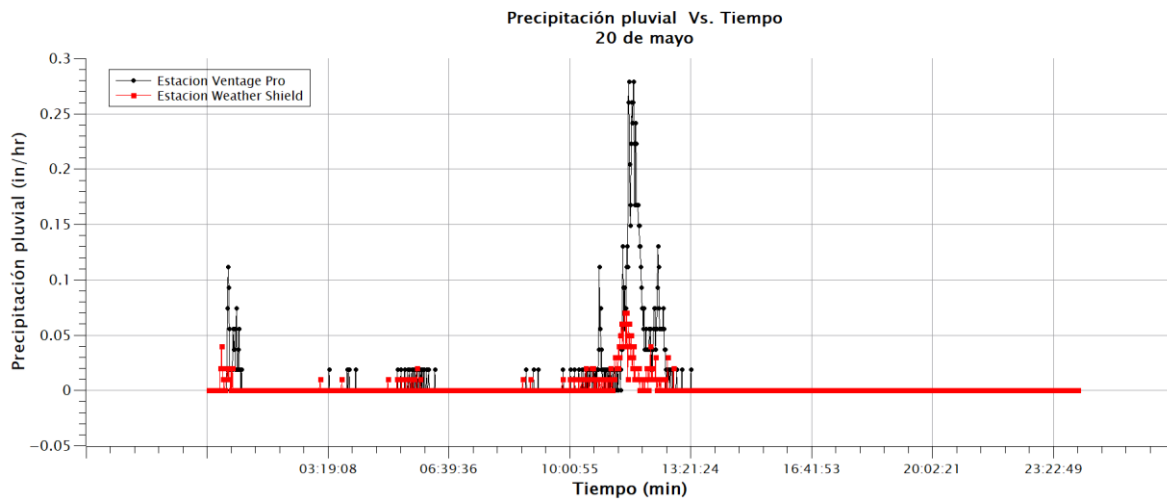


Ilustración 79. Gráfica del comportamiento de la precipitación pluvial del 20 de Mayo del 2022. En rojo podemos observar el comportamiento de la temperatura obtenido por la estación Davis Vantage Pro. Del color negro observamos el comportamiento de la temperatura obtenido por la weather shield.

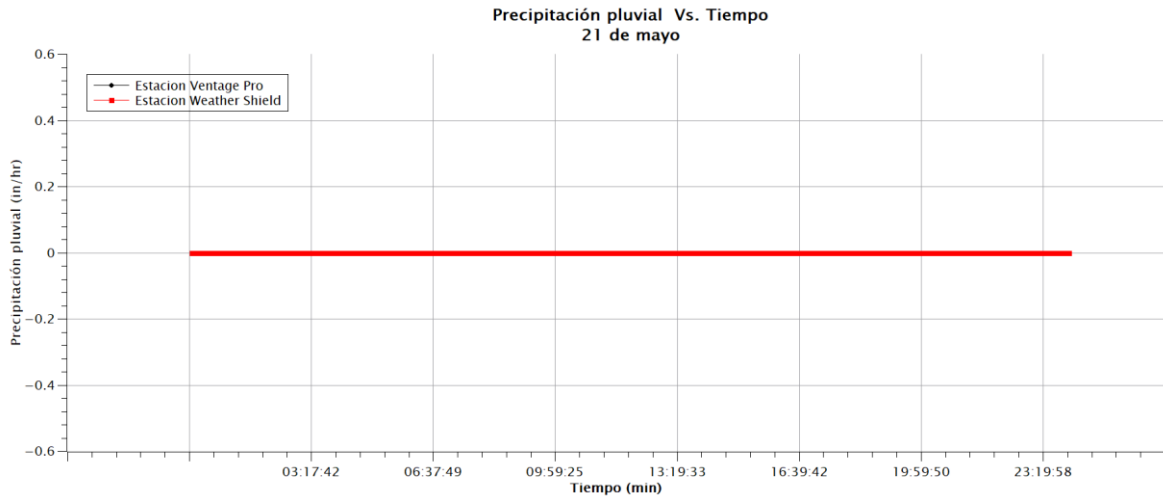


Ilustración 80. Gráfica del comportamiento de la precipitación pluvial del 21 de Mayo del 2022. En rojo podemos observar el comportamiento de la temperatura obtenido por la estación Davis Vantage Pro. Del color negro observamos el comportamiento de la temperatura obtenido por la weather shield.

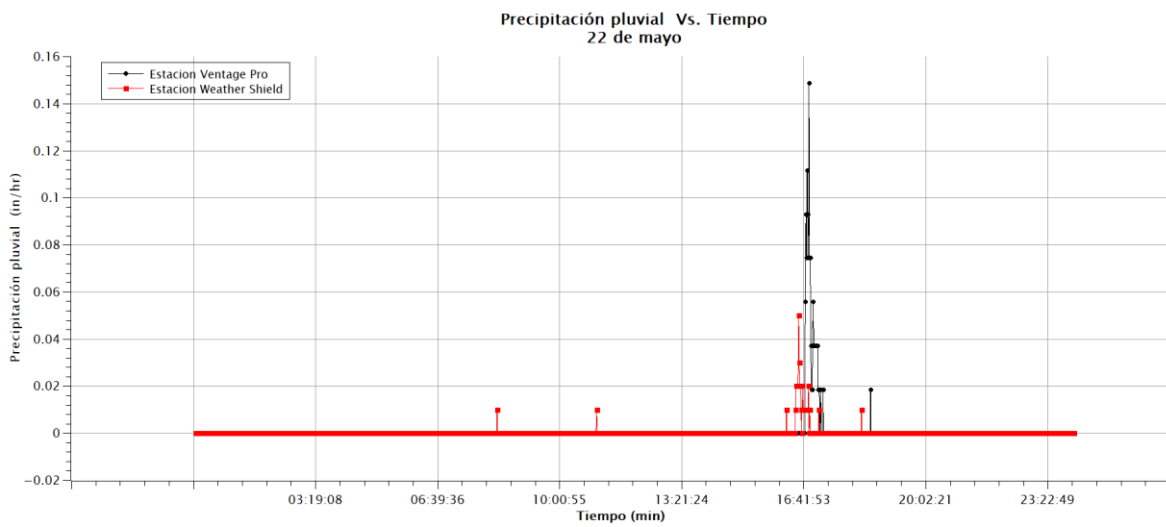


Ilustración 81. Gráfica del comportamiento de la precipitación pluvial del 22 de Mayo del 2022. En rojo podemos observar el comportamiento de la temperatura obtenido por la estación Davis Vantage Pro. Del color negro observamos el comportamiento de la temperatura obtenido por la weather shield.

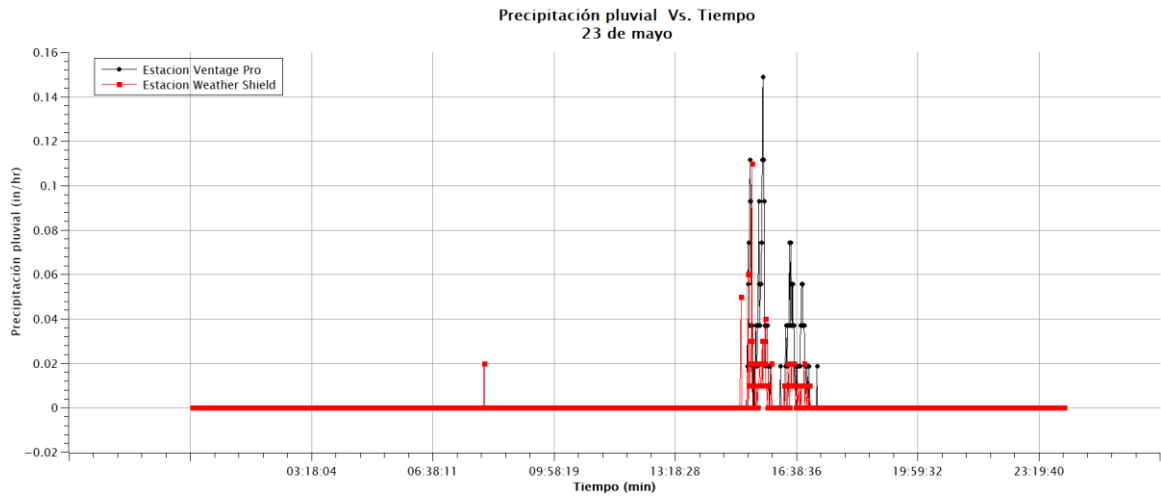


Ilustración 82. Gráfica del comportamiento de la precipitación pluvial del 23 de Mayo del 2022. En rojo podemos observar el comportamiento de la temperatura obtenido por la estación Davis Vantage Pro. Del color negro observamos el comportamiento de la temperatura obtenido por la weather shield.

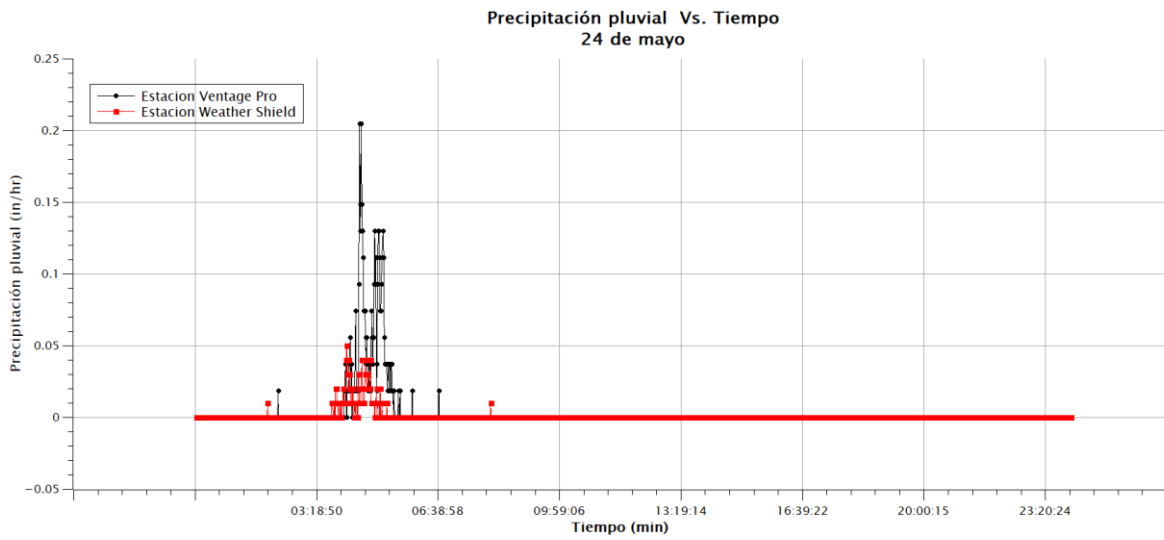


Ilustración 83. Gráfica del comportamiento de la precipitación pluvial del 24 de Mayo del 2022. En rojo podemos observar el comportamiento de la temperatura obtenido por la estación Davis Vantage Pro. Del color negro observamos el comportamiento de la temperatura obtenido por la weather shield.

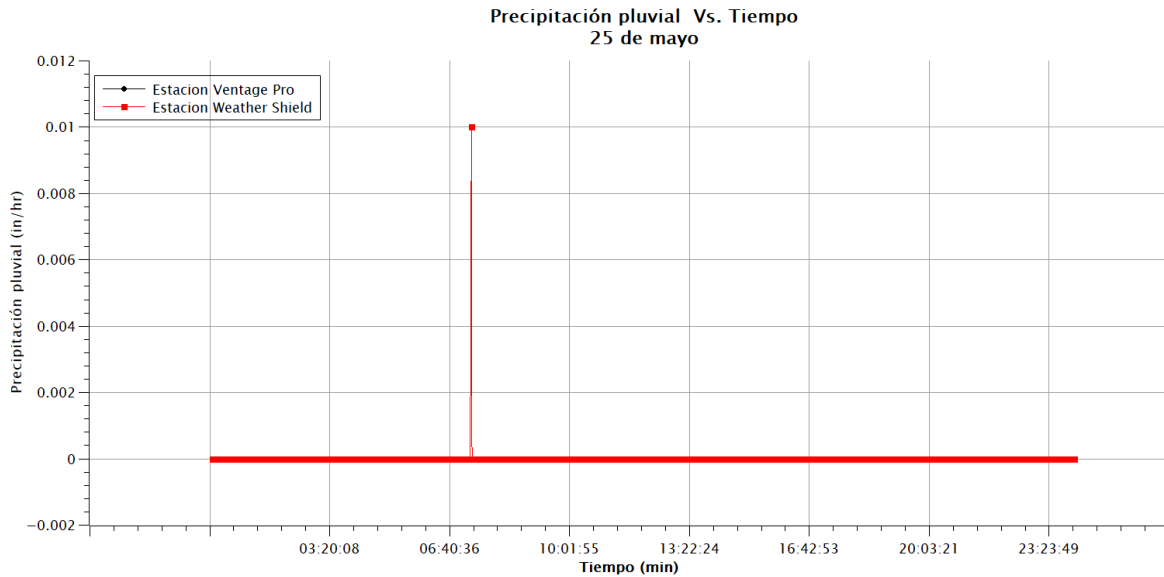


Ilustración 84. Gráfica del comportamiento de la precipitación pluvial del 25 de Mayo del 2022. En rojo podemos observar el comportamiento de la temperatura obtenido por la estación Davis Vantage Pro. Del color negro observamos el comportamiento de la temperatura obtenido por la weather shield.

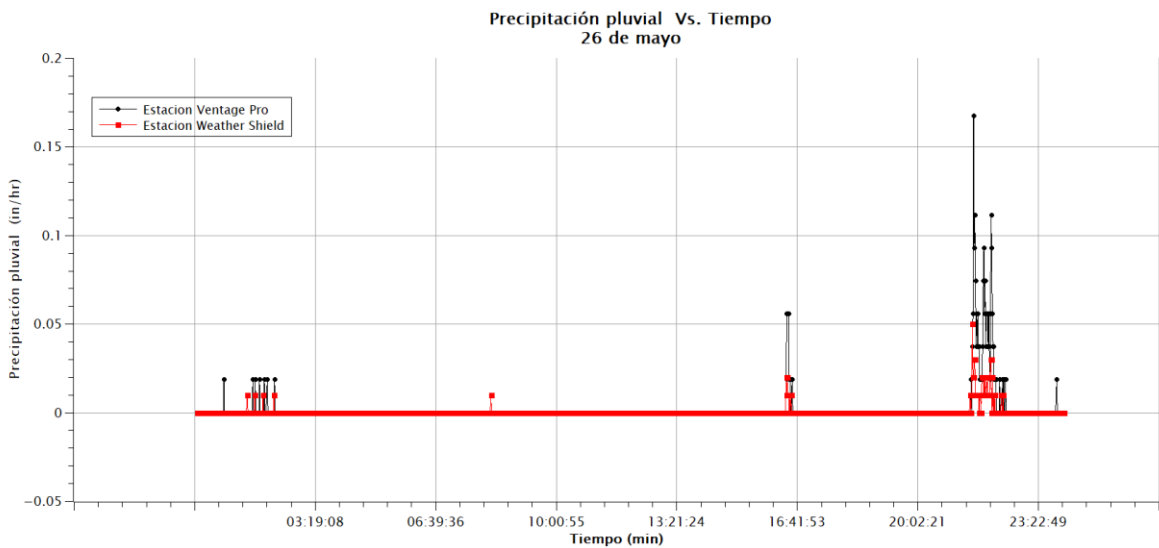


Ilustración 85. Gráfica del comportamiento de la precipitación pluvial del 26 de Mayo del 2022. En rojo podemos observar el comportamiento de la temperatura obtenido por la estación Davis Vantage Pro. Del color negro observamos el comportamiento de la temperatura obtenido por la weather shield.

4.6. Figuras de gráficas de precipitación diaria obtenidas por las estaciones.

En las siguientes gráficas se mostrará el comportamiento de la precipitación diaria respecto al tiempo de ambas estaciones. La precipitación diaria es el promedio diario de precipitación caída. En rojo podemos observar el comportamiento de la caída de lluvia por hora (rain) obtenido por la estación Davis vantage Pro. Del color negro observamos el comportamiento de la caída de lluvia por hora (rain) obtenida por la estación Weather Shield.

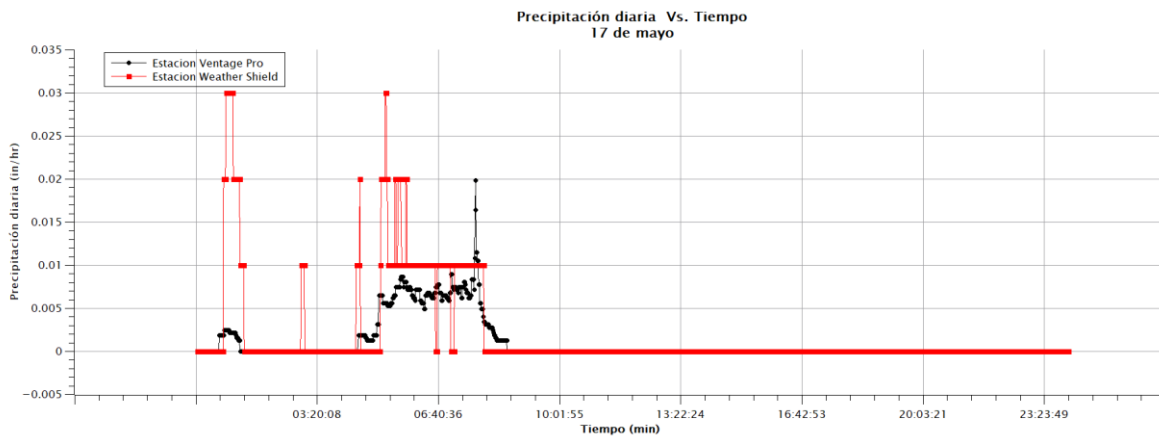


Ilustración 86. Gráfica del comportamiento de la precipitación diaria del 17 de mayo del 2022. En rojo podemos observar el comportamiento de la temperatura obtenido por la estación Davis Vantage Pro. Del color negro observamos el comportamiento de la temperatura obtenido por la weather shield.

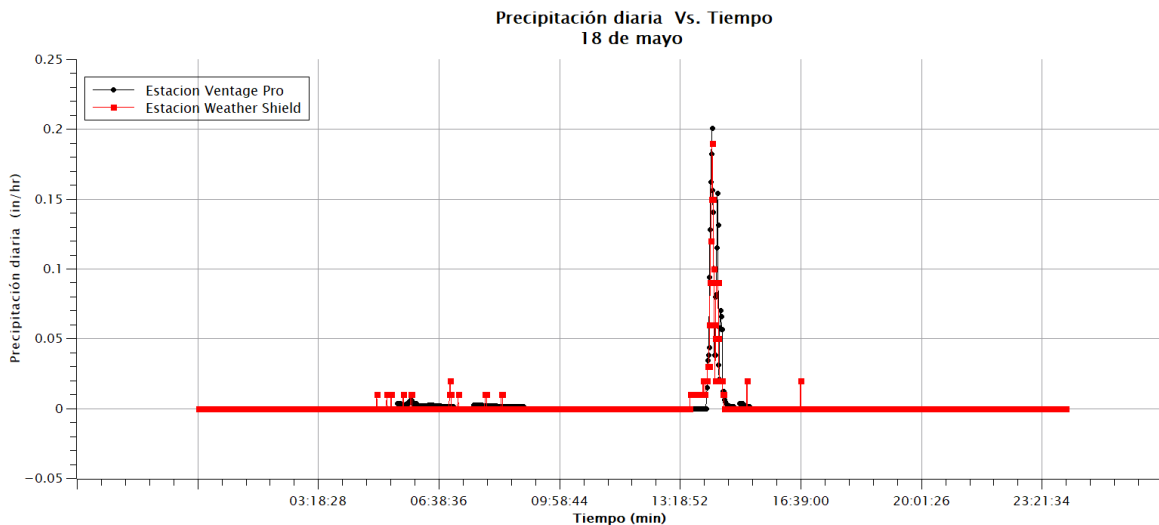


Ilustración 87. Gráfica del comportamiento de la precipitación diaria del 18 de mayo del 2022. En rojo podemos observar el comportamiento de la temperatura obtenido por la estación Davis Vantage Pro. Del color negro observamos el comportamiento de la temperatura obtenido por la weather shield.

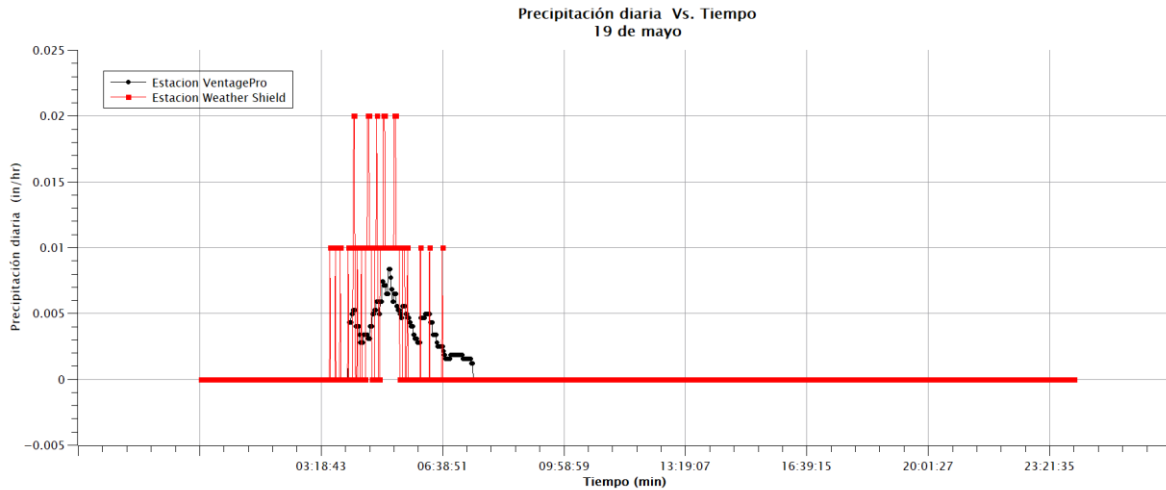


Ilustración 88. Gráfica del comportamiento de la precipitación diaria del 19 de mayo del 2022. En rojo podemos observar el comportamiento de la temperatura obtenido por la estación Davis Vantage Pro. Del color negro observamos el comportamiento de la temperatura obtenido por la weather shield.

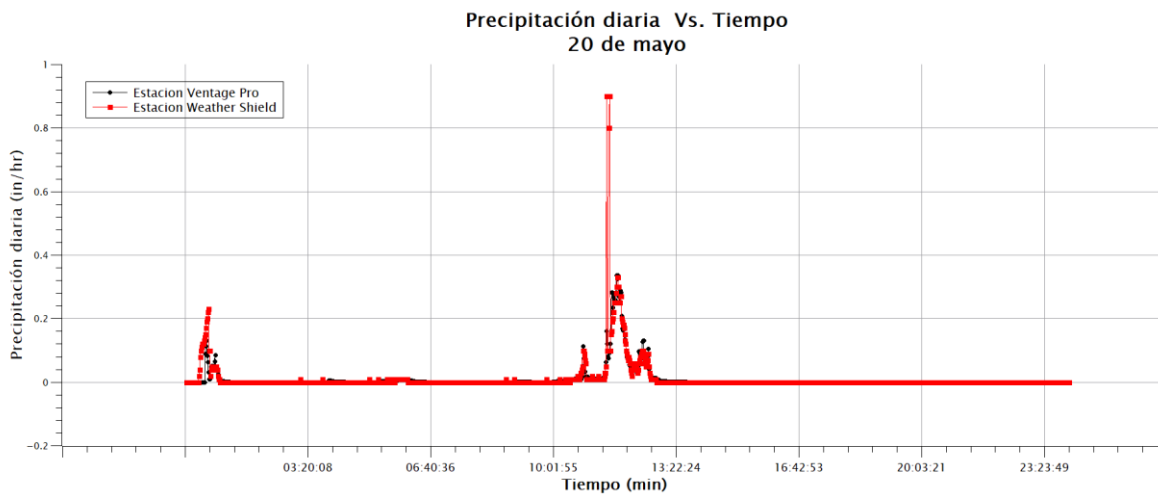


Ilustración 89. Gráfica del comportamiento de la precipitación diaria del 20 de mayo del 2022. En rojo podemos observar el comportamiento de la temperatura obtenido por la estación Davis Vantage Pro. Del color negro observamos el comportamiento de la temperatura obtenido por la weather shield.

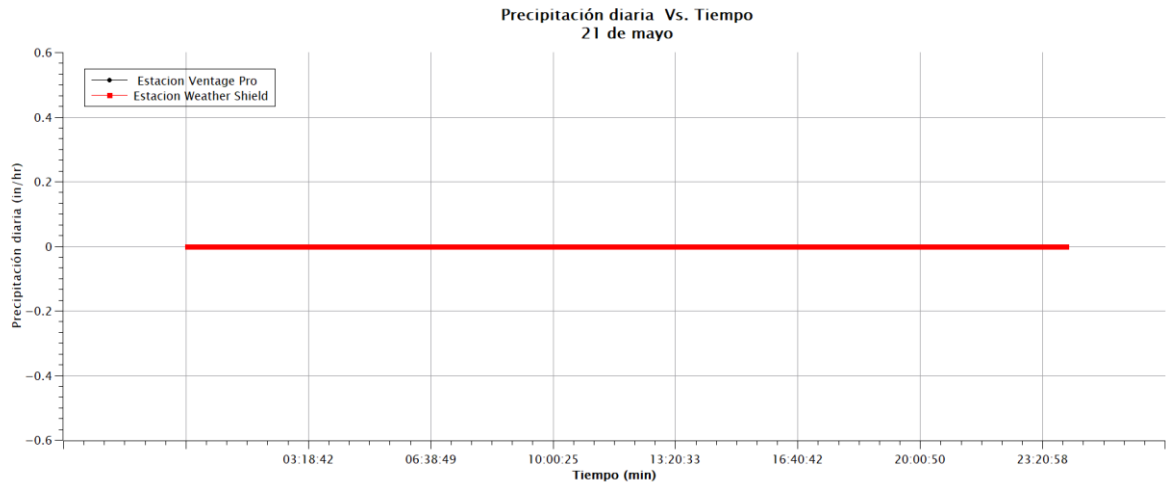


Ilustración 90. Gráfica del comportamiento de la precipitación diaria del 21 de mayo del 2022. En rojo podemos observar el comportamiento de la temperatura obtenido por la estación Davis Vantage Pro. Del color negro observamos el comportamiento de la temperatura obtenido por la weather shield.

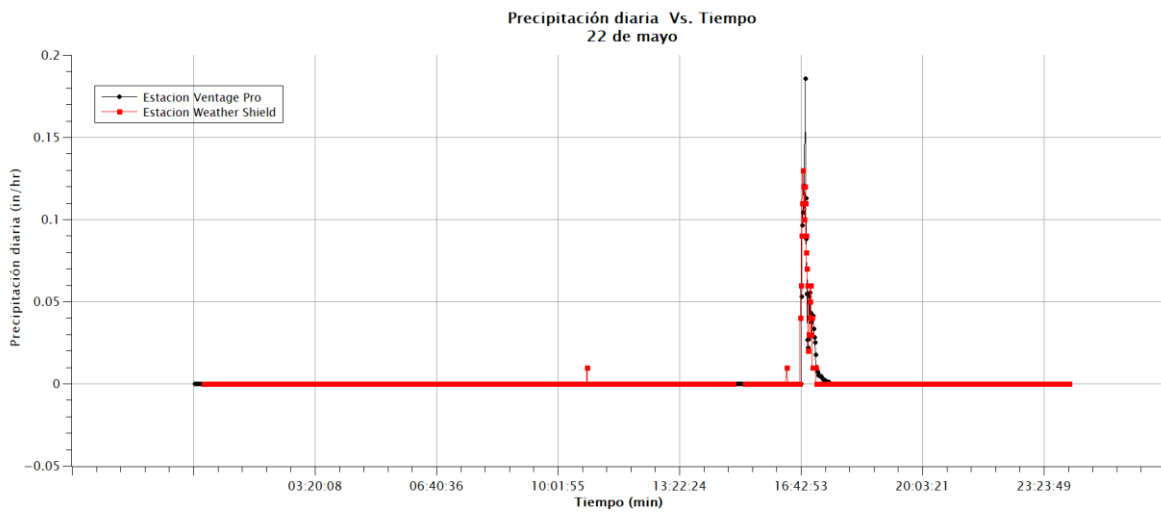


Ilustración 91. Gráfica del comportamiento de la precipitación diaria del 22 de mayo del 2022. En rojo podemos observar el comportamiento de la temperatura obtenido por la estación Davis Vantage Pro. Del color negro observamos el comportamiento de la temperatura obtenido por la weather shield.

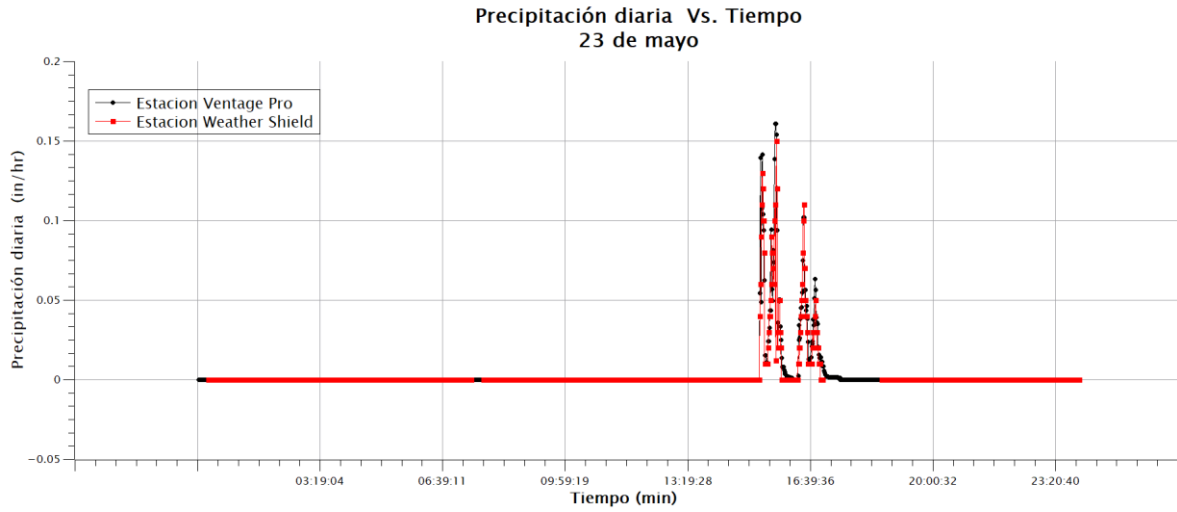


Ilustración 92. Gráfica del comportamiento de la precipitación diaria del 23 de mayo del 2022. En rojo podemos observar el comportamiento de la temperatura obtenido por la estación Davis Vantage Pro. Del color negro observamos el comportamiento de la temperatura obtenido por la weather shield.

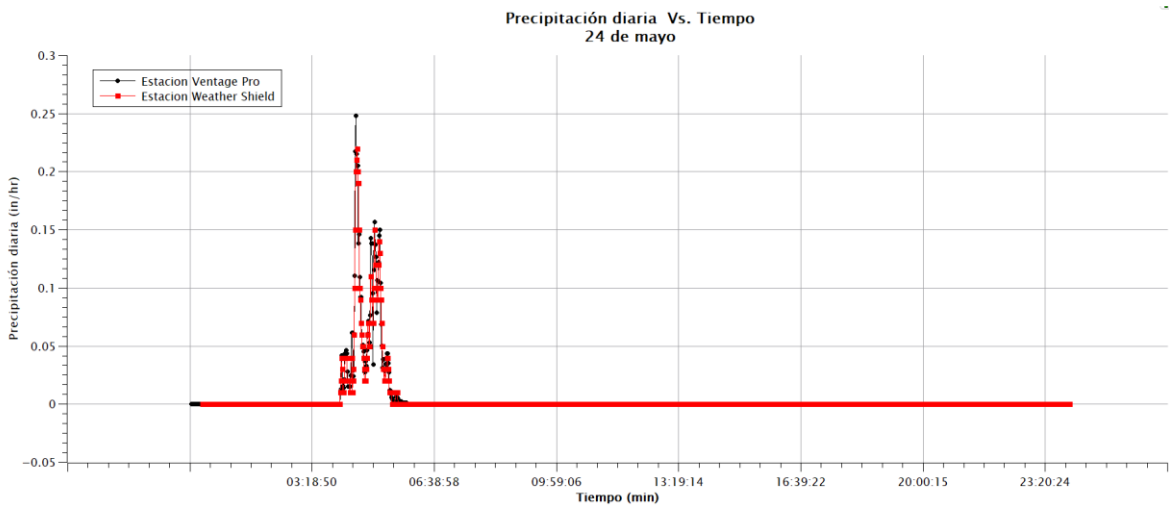


Ilustración 93. Gráfica del comportamiento de la precipitación diaria del 24 de mayo del 2022. En rojo podemos observar el comportamiento de la temperatura obtenido por la estación Davis Vantage Pro. Del color negro observamos el comportamiento de la temperatura obtenido por la weather shield.

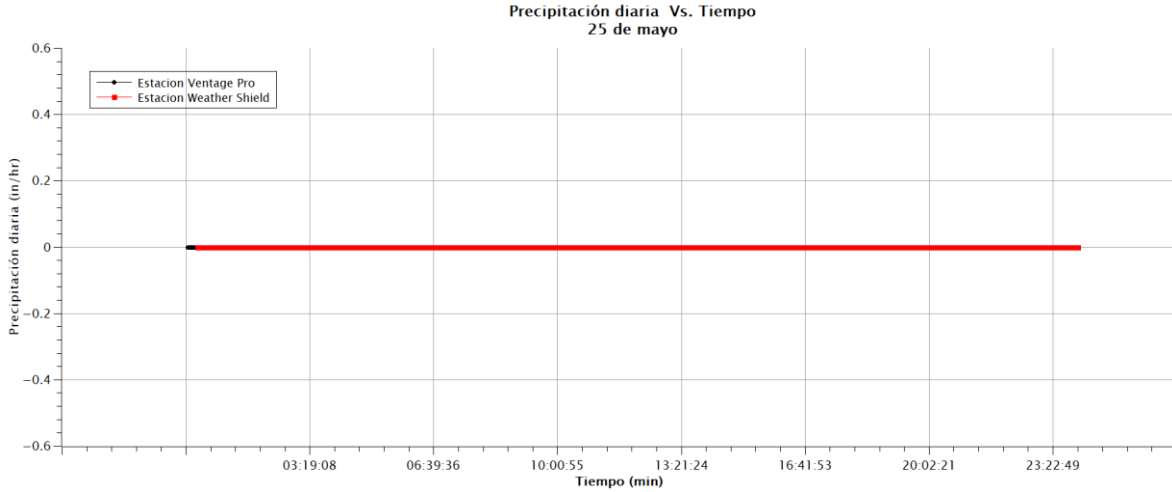


Ilustración 94. Gráfica del comportamiento de la precipitación diaria del 25 de mayo del 2022. En rojo podemos observar el comportamiento de la temperatura obtenido por la estación Davis Vantage Pro. Del color negro observamos el comportamiento de la temperatura obtenido por la weather shield.

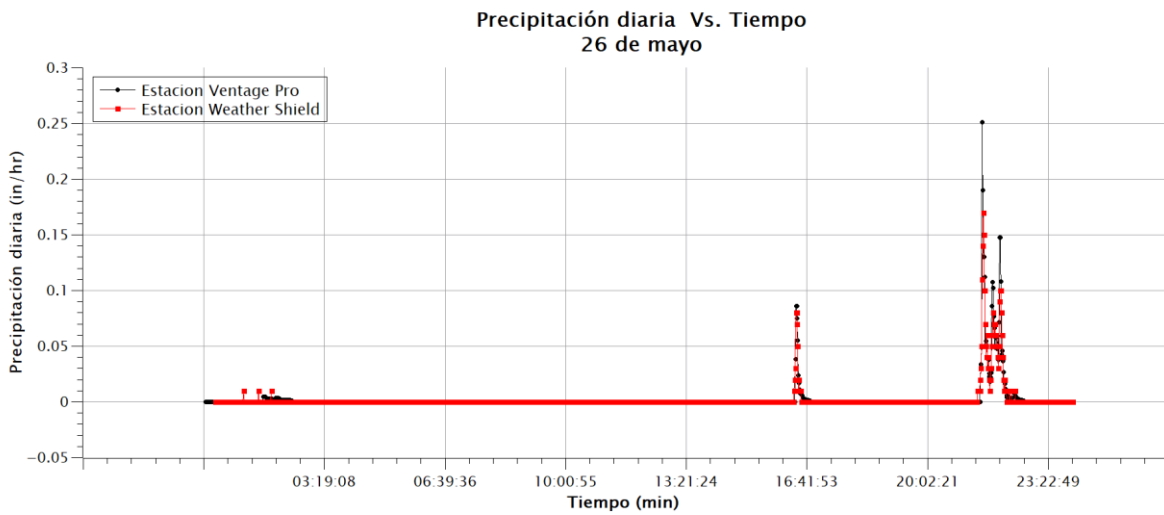


Ilustración 95. Gráfica del comportamiento de la precipitación diaria del 26 de mayo del 2022. En rojo podemos observar el comportamiento de la temperatura obtenido por la estación Davis Vantage Pro. Del color negro observamos el comportamiento de la temperatura obtenido por la weather shield.

Capítulo 5

Análisis

5.1 Análisis de las gráficas de temperatura

Podemos observar el comportamiento gráfico de la temperatura de cada día entre las estaciones Weather shield y Vantage Pro. Se ve como el comportamiento diario de los parámetros atmosféricos varían de forma paralela. Estas cumplen con el comportamiento esperado a diario, dado que el día comienza en horas de la madrugada con temperaturas bajas y a medida que el día transcurre la temperatura aumenta. En cada gráfica de igual forma se puede apreciar el pico de temperatura que corresponde a la temperatura de medio día. La temperatura nuevamente empieza a caer señalando la puesta del sol y la baja en la temperatura a medida que se hace de noche. En algunas gráficas se logran ver también bajones de temperatura durante el día, podemos interpretar estas como momentos de lluvia o nublados.

El análisis de correlación de los datos, recolectados en la segunda etapa, se realizó utilizando el software estadístico SPSS.

| | Intraclass Correlation ^b | 95% Confidence Interval | | F Test with True Value 0 | | | Sig |
|------------------|-------------------------------------|-------------------------|-------------|--------------------------|------|------|------|
| | | Lower Bound | Upper Bound | Value | df1 | df2 | |
| Single Measures | .896 ^a | -.004 | .977 | 469.376 | 1436 | 1436 | .000 |
| Average Measures | .945 ^c | -.009 | .988 | 469.376 | 1436 | 1436 | .000 |

Two-way mixed effects model where people effects are random and measures effects are fixed.

- The estimator is the same, whether the interaction effect is present or not.
- Type A intraclass correlation coefficients using an absolute agreement definition.
- This estimate is computed assuming the interaction effect is absent, because it is not estimable otherwise.

Ilustración 96. Tratamiento estadístico de temperatura del 17 de febrero del 2022.

Intraclass Correlation Coefficient

| | Intraclass Correlation ^b | 95% Confidence Interval | | F Test with True Value 0 | | | Sig |
|------------------|-------------------------------------|-------------------------|-------------|--------------------------|------|------|------|
| | | Lower Bound | Upper Bound | Value | df1 | df2 | |
| Single Measures | .897 ^a | -.003 | .977 | 507.486 | 1435 | 1435 | .000 |
| Average Measures | .946 ^c | -.007 | .988 | 507.486 | 1435 | 1435 | .000 |

Two-way mixed effects model where people effects are random and measures effects are fixed.

- The estimator is the same, whether the interaction effect is present or not.
- Type A intraclass correlation coefficients using an absolute agreement definition.
- This estimate is computed assuming the interaction effect is absent, because it is not estimable otherwise.

Ilustración 97. Tratamiento estadístico de temperatura del 18 de febrero del 2022.

Intraclass Correlation Coefficient

| | Intraclass Correlation ^b | 95% Confidence Interval | | F Test with True Value 0 | | | Sig |
|------------------|-------------------------------------|-------------------------|-------------|--------------------------|------|------|------|
| | | Lower Bound | Upper Bound | Value | df1 | df2 | |
| Single Measures | .884 ^a | -.004 | .974 | 513.934 | 1435 | 1435 | .000 |
| Average Measures | .938 ^c | -.007 | .987 | 513.934 | 1435 | 1435 | .000 |

Two-way mixed effects model where people effects are random and measures effects are fixed.

- The estimator is the same, whether the interaction effect is present or not.
- Type A intraclass correlation coefficients using an absolute agreement definition.
- This estimate is computed assuming the interaction effect is absent, because it is not estimable otherwise.

Ilustración 98. Tratamiento estadístico de temperatura del 19 de febrero del 2022.

Intraclass Correlation Coefficient

| | Intraclass Correlation ^b | 95% Confidence Interval | | F Test with True Value 0 | | | Sig |
|------------------|-------------------------------------|-------------------------|-------------|--------------------------|------|------|------|
| | | Lower Bound | Upper Bound | Value | df1 | df2 | |
| Single Measures | .870 ^a | -.003 | .971 | 560.864 | 1435 | 1435 | .000 |
| Average Measures | .931 ^c | -.005 | .985 | 560.864 | 1435 | 1435 | .000 |

Two-way mixed effects model where people effects are random and measures effects are fixed.

- The estimator is the same, whether the interaction effect is present or not.
- Type A intraclass correlation coefficients using an absolute agreement definition.
- This estimate is computed assuming the interaction effect is absent, because it is not estimable otherwise.

Ilustración 99. Tratamiento estadístico de temperatura del 20 de febrero del 2022.

Intraclass Correlation Coefficient

| | Intraclass Correlation ^b | 95% Confidence Interval | | F Test with True Value 0 | | | Sig |
|------------------|-------------------------------------|-------------------------|-------------|--------------------------|------|------|------|
| | | Lower Bound | Upper Bound | Value | df1 | df2 | |
| Single Measures | .904 ^a | -.001 | .979 | 623.082 | 1434 | 1434 | .000 |
| Average Measures | .950 ^c | -.002 | .989 | 623.082 | 1434 | 1434 | .000 |

Two-way mixed effects model where people effects are random and measures effects are fixed.

- a. The estimator is the same, whether the interaction effect is present or not.
- b. Type A intraclass correlation coefficients using an absolute agreement definition.
- c. This estimate is computed assuming the interaction effect is absent, because it is not estimable otherwise.

Ilustración 100. Tratamiento estadístico de temperatura del 21 de febrero del 2022.

Intraclass Correlation Coefficient

| | Intraclass Correlation ^b | 95% Confidence Interval | | F Test with True Value 0 | | | Sig |
|------------------|-------------------------------------|-------------------------|-------------|--------------------------|------|------|------|
| | | Lower Bound | Upper Bound | Value | df1 | df2 | |
| Single Measures | .908 ^a | .002 | .980 | 847.810 | 1433 | 1433 | .000 |
| Average Measures | .952 ^c | .003 | .990 | 847.810 | 1433 | 1433 | .000 |

Two-way mixed effects model where people effects are random and measures effects are fixed.

- a. The estimator is the same, whether the interaction effect is present or not.
- b. Type A intraclass correlation coefficients using an absolute agreement definition.
- c. This estimate is computed assuming the interaction effect is absent, because it is not estimable otherwise.

Ilustración 101. Tratamiento estadístico de temperatura del 22 de febrero del 2022.

Intraclass Correlation Coefficient

| | Intraclass Correlation ^b | 95% Confidence Interval | | F Test with True Value 0 | | | Sig |
|------------------|-------------------------------------|-------------------------|-------------|--------------------------|------|------|------|
| | | Lower Bound | Upper Bound | Value | df1 | df2 | |
| Single Measures | .907 ^a | -.003 | .979 | 512.719 | 1430 | 1430 | .000 |
| Average Measures | .951 ^c | -.006 | .990 | 512.719 | 1430 | 1430 | .000 |

Two-way mixed effects model where people effects are random and measures effects are fixed.

- a. The estimator is the same, whether the interaction effect is present or not.
- b. Type A intraclass correlation coefficients using an absolute agreement definition.
- c. This estimate is computed assuming the interaction effect is absent, because it is not estimable otherwise.

Ilustración 102. Tratamiento estadístico de temperatura del 23 de febrero del 2022.

Intraclass Correlation Coefficient

| | Intraclass Correlation ^b | 95% Confidence Interval | | F Test with True Value 0 | | | Sig |
|------------------|-------------------------------------|-------------------------|-------------|--------------------------|------|------|------|
| | | Lower Bound | Upper Bound | Value | df1 | df2 | |
| Single Measures | .852 ^a | -.001 | .966 | 706.903 | 1435 | 1435 | .000 |
| Average Measures | .920 ^c | -.002 | .983 | 706.903 | 1435 | 1435 | .000 |

Two-way mixed effects model where people effects are random and measures effects are fixed.

- The estimator is the same, whether the interaction effect is present or not.
- Type A intraclass correlation coefficients using an absolute agreement definition.
- This estimate is computed assuming the interaction effect is absent, because it is not estimable otherwise.

Ilustración 103. Tratamiento estadístico de temperatura del 24 de febrero del 2022.

Intraclass Correlation Coefficient

| | Intraclass Correlation ^b | 95% Confidence Interval | | F Test with True Value 0 | | | Sig |
|------------------|-------------------------------------|-------------------------|-------------|--------------------------|------|------|------|
| | | Lower Bound | Upper Bound | Value | df1 | df2 | |
| Single Measures | .885 ^a | -.004 | .974 | 495.200 | 1434 | 1434 | .000 |
| Average Measures | .939 ^c | -.008 | .987 | 495.200 | 1434 | 1434 | .000 |

Two-way mixed effects model where people effects are random and measures effects are fixed.

- The estimator is the same, whether the interaction effect is present or not.
- Type A intraclass correlation coefficients using an absolute agreement definition.
- This estimate is computed assuming the interaction effect is absent, because it is not estimable otherwise.

Ilustración 104. Tratamiento estadístico de temperatura del 25 de febrero del 2022.

Intraclass Correlation Coefficient

| | Intraclass Correlation ^b | 95% Confidence Interval | | F Test with True Value 0 | | | Sig |
|------------------|-------------------------------------|-------------------------|-------------|--------------------------|------|------|------|
| | | Lower Bound | Upper Bound | Value | df1 | df2 | |
| Single Measures | .876 ^a | -.001 | .972 | 720.334 | 1434 | 1434 | .000 |
| Average Measures | .934 ^c | -.001 | .986 | 720.334 | 1434 | 1434 | .000 |

Two-way mixed effects model where people effects are random and measures effects are fixed.

- The estimator is the same, whether the interaction effect is present or not.
- Type A intraclass correlation coefficients using an absolute agreement definition.
- This estimate is computed assuming the interaction effect is absent, because it is not estimable otherwise.

Ilustración 105. Tratamiento estadístico de temperatura del 26 de febrero del 2022.

Intraclass Correlation Coefficient

| | Intraclass Correlation ^b | 95% Confidence Interval | | F Test with True Value 0 | | | Sig |
|------------------|-------------------------------------|-------------------------|-------------|--------------------------|------|------|------|
| | | Lower Bound | Upper Bound | Value | df1 | df2 | |
| Single Measures | .908 ^a | .002 | .980 | 872.185 | 1434 | 1434 | .000 |
| Average Measures | .952 ^c | .004 | .990 | 872.185 | 1434 | 1434 | .000 |

Two-way mixed effects model where people effects are random and measures effects are fixed.

- The estimator is the same, whether the interaction effect is present or not.
- Type A intraclass correlation coefficients using an absolute agreement definition.
- This estimate is computed assuming the interaction effect is absent, because it is not estimable otherwise.

Ilustración 106. Tratamiento estadístico de temperatura del 27 de febrero del 2022.

Intraclass Correlation Coefficient

| | Intraclass Correlation ^b | 95% Confidence Interval | | F Test with True Value 0 | | | Sig |
|------------------|-------------------------------------|-------------------------|-------------|--------------------------|------|------|------|
| | | Lower Bound | Upper Bound | Value | df1 | df2 | |
| Single Measures | .790 ^a | -.002 | .949 | 560.650 | 1435 | 1435 | .000 |
| Average Measures | .883 ^c | -.004 | .974 | 560.650 | 1435 | 1435 | .000 |

Two-way mixed effects model where people effects are random and measures effects are fixed.

- The estimator is the same, whether the interaction effect is present or not.
- Type A intraclass correlation coefficients using an absolute agreement definition.
- This estimate is computed assuming the interaction effect is absent, because it is not estimable otherwise.

Ilustración 107. Tratamiento estadístico de temperatura del 28 de febrero del 2022.

Intraclass Correlation Coefficient

| | Intraclass Correlation ^b | 95% Confidence Interval | | F Test with True Value 0 | | | Sig |
|------------------|-------------------------------------|-------------------------|-------------|--------------------------|------|------|------|
| | | Lower Bound | Upper Bound | Value | df1 | df2 | |
| Single Measures | .452 ^a | -.006 | .804 | 110.934 | 1435 | 1435 | .000 |
| Average Measures | .623 ^c | -.013 | .891 | 110.934 | 1435 | 1435 | .000 |

Two-way mixed effects model where people effects are random and measures effects are fixed.

- The estimator is the same, whether the interaction effect is present or not.
- Type A intraclass correlation coefficients using an absolute agreement definition.
- This estimate is computed assuming the interaction effect is absent, because it is not estimable otherwise.

Ilustración 108. Tratamiento estadístico de temperatura del 1 de marzo del 2022.

Intraclass Correlation Coefficient

| | Intraclass Correlation ^b | 95% Confidence Interval | | F Test with True Value 0 | | | Sig |
|------------------|-------------------------------------|-------------------------|-------------|--------------------------|------|------|------|
| | | Lower Bound | Upper Bound | Value | df1 | df2 | |
| Single Measures | .698 ^a | -.006 | .920 | 250.432 | 1413 | 1413 | .000 |
| Average Measures | .822 ^c | -.013 | .958 | 250.432 | 1413 | 1413 | .000 |

Two-way mixed effects model where people effects are random and measures effects are fixed.

- The estimator is the same, whether the interaction effect is present or not.
- Type A intraclass correlation coefficients using an absolute agreement definition.
- This estimate is computed assuming the interaction effect is absent, because it is not estimable otherwise.

Ilustración 109. Tratamiento estadístico de temperatura del 2 de marzo del 2022.

Intraclass Correlation Coefficient

| | Intraclass Correlation ^b | 95% Confidence Interval | | F Test with True Value 0 | | | Sig |
|------------------|-------------------------------------|-------------------------|-------------|--------------------------|------|------|------|
| | | Lower Bound | Upper Bound | Value | df1 | df2 | |
| Single Measures | .778 ^a | -.010 | .945 | 227.642 | 1435 | 1435 | .000 |
| Average Measures | .875 ^c | -.020 | .972 | 227.642 | 1435 | 1435 | .000 |

Two-way mixed effects model where people effects are random and measures effects are fixed.

- The estimator is the same, whether the interaction effect is present or not.
- Type A intraclass correlation coefficients using an absolute agreement definition.
- This estimate is computed assuming the interaction effect is absent, because it is not estimable otherwise.

Ilustración 110. Tratamiento estadístico de temperatura del 3 de marzo del 2022.

| Temperatura | | |
|-------------|-------------|----------------------|
| | Día | Valor de correlación |
| 1 | 17-feb-2022 | 0,95 |
| 2 | 18-feb-2022 | 0,95 |
| 3 | 19-feb-2022 | 0,94 |
| 4 | 20-feb-2022 | 0,93 |
| 5 | 21-feb-2022 | 0,95 |
| 6 | 22-feb-2022 | 0,95 |
| 7 | 23-feb-2022 | 0,95 |
| 8 | 24-feb-2022 | 0,92 |
| 9 | 25-feb-2022 | 0,94 |
| 10 | 26-feb-2022 | 0,93 |
| 11 | 27-feb-2022 | 0,95 |
| 12 | 28-feb-2022 | 0,88 |
| 13 | 1-mar-2022 | 0,62 |
| 14 | 2-mar-2022 | 0,82 |
| 15 | 3-mar-2022 | 0,88 |

5.1.16 Tabla de valores de correlación intraclase de cada día.

El valor promedio de las medidas de temperatura es 0.90. Lo cual se puede interpretar como una correlación muy buena.

5.2 Análisis de las gráficas de humedad relativa

Podemos observar el comportamiento grafico de la humedad relativa cada día entre la estación Weather shield y la estación Ventage Pro. Se ve como el comportamiento diario de los parámetros atmosféricos varían. En los extremos vemos que la desviación del comportamiento es mayor que en el medio. Esto ocurre durante las horas nocturnas y la madrugada donde la humedad relativa aumenta. Importante resaltar que el sensor de humedad es más preciso cuando el porcentaje de humedad relative es menor a 80%. En algunas grafica se lograr ver también fluctuaciones durante el día, podemos interpretar estas como momentos de lluvia.

El análisis de correlación de los datos, recolectados en la segunda etapa, se realizó utilizando el software estadístico SPSS.

| | Intraclass Correlation ^b | 95% Confidence Interval | | F Test with True Value 0 | | | Sig |
|------------------|-------------------------------------|-------------------------|-------------|--------------------------|------|------|------|
| | | Lower Bound | Upper Bound | Value | df1 | df2 | |
| Single Measures | .989 ^a | .960 | .995 | 286.391 | 1436 | 1436 | .000 |
| Average Measures | .995 ^c | .979 | .998 | 286.391 | 1436 | 1436 | .000 |

Two-way mixed effects model where people effects are random and measures effects are fixed.

- The estimator is the same, whether the interaction effect is present or not.
- Type A intraclass correlation coefficients using an absolute agreement definition.
- This estimate is computed assuming the interaction effect is absent, because it is not estimable otherwise.

Ilustración 111. Tratamiento estadístico de humedad relativa del 17 de febrero del 2022.

Intraclass Correlation Coefficient

| | Intraclass Correlation ^b | 95% Confidence Interval | | F Test with True Value 0 | | | Sig |
|------------------|-------------------------------------|-------------------------|-------------|--------------------------|------|------|------|
| | | Lower Bound | Upper Bound | Value | df1 | df2 | |
| Single Measures | .988 ^a | .889 | .996 | 348.042 | 1435 | 1435 | .000 |
| Average Measures | .994 ^c | .941 | .998 | 348.042 | 1435 | 1435 | .000 |

Two-way mixed effects model where people effects are random and measures effects are fixed.

- a. The estimator is the same, whether the interaction effect is present or not.
- b. Type A intraclass correlation coefficients using an absolute agreement definition.
- c. This estimate is computed assuming the interaction effect is absent, because it is not estimable otherwise.

Ilustración 112. Tratamiento estadístico de humedad relativa del 18 de febrero del 2022.

Intraclass Correlation Coefficient

| | Intraclass Correlation ^b | 95% Confidence Interval | | F Test with True Value 0 | | | Sig |
|------------------|-------------------------------------|-------------------------|-------------|--------------------------|------|------|------|
| | | Lower Bound | Upper Bound | Value | df1 | df2 | |
| Single Measures | .992 ^a | .936 | .997 | 465.350 | 1435 | 1435 | .000 |
| Average Measures | .996 ^c | .967 | .998 | 465.350 | 1435 | 1435 | .000 |

Two-way mixed effects model where people effects are random and measures effects are fixed.

- a. The estimator is the same, whether the interaction effect is present or not.
- b. Type A intraclass correlation coefficients using an absolute agreement definition.
- c. This estimate is computed assuming the interaction effect is absent, because it is not estimable otherwise.

Ilustración 113. Tratamiento estadístico de humedad relativa del 19 de febrero del 2022.

Intraclass Correlation Coefficient

| | Intraclass Correlation ^b | 95% Confidence Interval | | F Test with True Value 0 | | | Sig |
|------------------|-------------------------------------|-------------------------|-------------|--------------------------|------|------|------|
| | | Lower Bound | Upper Bound | Value | df1 | df2 | |
| Single Measures | .984 ^a | .739 | .995 | 337.831 | 1435 | 1435 | .000 |
| Average Measures | .992 ^c | .850 | .998 | 337.831 | 1435 | 1435 | .000 |

Two-way mixed effects model where people effects are random and measures effects are fixed.

- a. The estimator is the same, whether the interaction effect is present or not.
- b. Type A intraclass correlation coefficients using an absolute agreement definition.
- c. This estimate is computed assuming the interaction effect is absent, because it is not estimable otherwise.

Ilustración 114. Tratamiento estadístico de humedad relativa del 20 de febrero del 2022.

Intraclass Correlation Coefficient

| | Intraclass Correlation ^b | 95% Confidence Interval | | F Test with True Value 0 | | | Sig |
|------------------|-------------------------------------|-------------------------|-------------|--------------------------|------|------|------|
| | | Lower Bound | Upper Bound | Value | df1 | df2 | |
| Single Measures | .993 ^a | .920 | .998 | 609.906 | 1434 | 1434 | .000 |
| Average Measures | .996 ^c | .959 | .999 | 609.906 | 1434 | 1434 | .000 |

Two-way mixed effects model where people effects are random and measures effects are fixed.

- The estimator is the same, whether the interaction effect is present or not.
- Type A intraclass correlation coefficients using an absolute agreement definition.
- This estimate is computed assuming the interaction effect is absent, because it is not estimable otherwise.

Ilustración 115. Tratamiento estadístico de humedad relativa del 21 de febrero del 2022.

Intraclass Correlation Coefficient

| | Intraclass Correlation ^b | 95% Confidence Interval | | F Test with True Value 0 | | | Sig |
|------------------|-------------------------------------|-------------------------|-------------|--------------------------|------|------|------|
| | | Lower Bound | Upper Bound | Value | df1 | df2 | |
| Single Measures | .989 ^a | .986 | .991 | 196.404 | 1434 | 1434 | .000 |
| Average Measures | .994 ^c | .993 | .996 | 196.404 | 1434 | 1434 | .000 |

Two-way mixed effects model where people effects are random and measures effects are fixed.

- The estimator is the same, whether the interaction effect is present or not.
- Type A intraclass correlation coefficients using an absolute agreement definition.
- This estimate is computed assuming the interaction effect is absent, because it is not estimable otherwise.

Ilustración 116. Tratamiento estadístico de humedad relativa del 22 de febrero del 2022.

Intraclass Correlation Coefficient

| | Intraclass Correlation ^b | 95% Confidence Interval | | F Test with True Value 0 | | | Sig |
|------------------|-------------------------------------|-------------------------|-------------|--------------------------|------|------|------|
| | | Lower Bound | Upper Bound | Value | df1 | df2 | |
| Single Measures | .989 ^a | .926 | .996 | 348.881 | 1434 | 1434 | .000 |
| Average Measures | .995 ^c | .962 | .998 | 348.881 | 1434 | 1434 | .000 |

Two-way mixed effects model where people effects are random and measures effects are fixed.

- The estimator is the same, whether the interaction effect is present or not.
- Type A intraclass correlation coefficients using an absolute agreement definition.
- This estimate is computed assuming the interaction effect is absent, because it is not estimable otherwise.

Ilustración 117. Tratamiento estadístico de humedad relativa del 23 de febrero del 2022.

Intraclass Correlation Coefficient

| | Intraclass Correlation ^b | 95% Confidence Interval | | F Test with True Value 0 | | | Sig |
|------------------|-------------------------------------|-------------------------|-------------|--------------------------|------|------|------|
| | | Lower Bound | Upper Bound | Value | df1 | df2 | |
| Single Measures | .980 ^a | .357 | .995 | 429.328 | 1435 | 1435 | .000 |
| Average Measures | .990 ^c | .526 | .997 | 429.328 | 1435 | 1435 | .000 |

Two-way mixed effects model where people effects are random and measures effects are fixed.

- The estimator is the same, whether the interaction effect is present or not.
- Type A intraclass correlation coefficients using an absolute agreement definition.
- This estimate is computed assuming the interaction effect is absent, because it is not estimable otherwise.

Ilustración 118. Tratamiento estadístico de humedad relativa temperatura del 24 de febrero del 2022.

Intraclass Correlation Coefficient

| | Intraclass Correlation ^b | 95% Confidence Interval | | F Test with True Value 0 | | | Sig |
|------------------|-------------------------------------|-------------------------|-------------|--------------------------|------|------|------|
| | | Lower Bound | Upper Bound | Value | df1 | df2 | |
| Single Measures | .983 ^a | .440 | .996 | 467.403 | 1434 | 1434 | .000 |
| Average Measures | .991 ^c | .611 | .998 | 467.403 | 1434 | 1434 | .000 |

Two-way mixed effects model where people effects are random and measures effects are fixed.

- The estimator is the same, whether the interaction effect is present or not.
- Type A intraclass correlation coefficients using an absolute agreement definition.
- This estimate is computed assuming the interaction effect is absent, because it is not estimable otherwise.

Ilustración 119. Tratamiento estadístico de humedad relativa del 25 de febrero del 2022.

Intraclass Correlation Coefficient

| | Intraclass Correlation ^b | 95% Confidence Interval | | F Test with True Value 0 | | | Sig |
|------------------|-------------------------------------|-------------------------|-------------|--------------------------|------|------|------|
| | | Lower Bound | Upper Bound | Value | df1 | df2 | |
| Single Measures | .982 ^a | .414 | .995 | 451.990 | 1434 | 1434 | .000 |
| Average Measures | .991 ^c | .586 | .998 | 451.990 | 1434 | 1434 | .000 |

Two-way mixed effects model where people effects are random and measures effects are fixed.

- The estimator is the same, whether the interaction effect is present or not.
- Type A intraclass correlation coefficients using an absolute agreement definition.
- This estimate is computed assuming the interaction effect is absent, because it is not estimable otherwise.

Ilustración 120. Tratamiento estadístico de humedad relativa del 26 de febrero del 2022.

Intraclass Correlation Coefficient

| | Intraclass Correlation ^b | 95% Confidence Interval | | F Test with True Value 0 | | | Sig |
|------------------|-------------------------------------|-------------------------|-------------|--------------------------|------|------|------|
| | | Lower Bound | Upper Bound | Value | df1 | df2 | |
| Single Measures | .980 ^a | .469 | .995 | 367.778 | 1434 | 1434 | .000 |
| Average Measures | .990 ^c | .638 | .997 | 367.778 | 1434 | 1434 | .000 |

Two-way mixed effects model where people effects are random and measures effects are fixed.

- a. The estimator is the same, whether the interaction effect is present or not.
- b. Type A intraclass correlation coefficients using an absolute agreement definition.
- c. This estimate is computed assuming the interaction effect is absent, because it is not estimable otherwise.

Ilustración 121. Tratamiento estadístico de humedad relativa del 27 de febrero del 2022.

Intraclass Correlation Coefficient

| | Intraclass Correlation ^b | 95% Confidence Interval | | F Test with True Value 0 | | | Sig |
|------------------|-------------------------------------|-------------------------|-------------|--------------------------|------|------|------|
| | | Lower Bound | Upper Bound | Value | df1 | df2 | |
| Single Measures | .941 ^a | .016 | .986 | 243.825 | 1435 | 1435 | .000 |
| Average Measures | .969 ^c | .031 | .993 | 243.825 | 1435 | 1435 | .000 |

Two-way mixed effects model where people effects are random and measures effects are fixed.

- a. The estimator is the same, whether the interaction effect is present or not.
- b. Type A intraclass correlation coefficients using an absolute agreement definition.
- c. This estimate is computed assuming the interaction effect is absent, because it is not estimable otherwise.

Ilustración 122. Tratamiento estadístico de humedad relativa del 28 de febrero del 2022.

Intraclass Correlation Coefficient

| | Intraclass Correlation ^b | 95% Confidence Interval | | F Test with True Value 0 | | | Sig |
|------------------|-------------------------------------|-------------------------|-------------|--------------------------|------|------|------|
| | | Lower Bound | Upper Bound | Value | df1 | df2 | |
| Single Measures | .738 ^a | -.044 | .927 | 51.371 | 1435 | 1435 | .000 |
| Average Measures | .849 ^c | -.092 | .962 | 51.371 | 1435 | 1435 | .000 |

Two-way mixed effects model where people effects are random and measures effects are fixed.

- a. The estimator is the same, whether the interaction effect is present or not.
- b. Type A intraclass correlation coefficients using an absolute agreement definition.
- c. This estimate is computed assuming the interaction effect is absent, because it is not estimable otherwise.

Ilustración 123. Tratamiento estadístico de humedad relativa del 1 de marzo del 2022.

Intraclass Correlation Coefficient

| | Intraclass Correlation ^b | 95% Confidence Interval | | F Test with True Value 0 | | | Sig |
|------------------|-------------------------------------|-------------------------|-------------|--------------------------|------|------|------|
| | | Lower Bound | Upper Bound | Value | df1 | df2 | |
| Single Measures | .772 ^a | -.033 | .940 | 79.567 | 1416 | 1416 | .000 |
| Average Measures | .871 ^c | -.068 | .969 | 79.567 | 1416 | 1416 | .000 |

Two-way mixed effects model where people effects are random and measures effects are fixed.

- a. The estimator is the same, whether the interaction effect is present or not.
- b. Type A intraclass correlation coefficients using an absolute agreement definition.
- c. This estimate is computed assuming the interaction effect is absent, because it is not estimable otherwise.

Ilustración 124. Tratamiento estadístico de humedad relativa del 2 de marzo del 2022.

Intraclass Correlation Coefficient

| | Intraclass Correlation ^b | 95% Confidence Interval | | F Test with True Value 0 | | | Sig |
|------------------|-------------------------------------|-------------------------|-------------|--------------------------|------|------|------|
| | | Lower Bound | Upper Bound | Value | df1 | df2 | |
| Single Measures | .807 ^a | -.038 | .950 | 76.915 | 1435 | 1435 | .000 |
| Average Measures | .893 ^c | -.078 | .974 | 76.915 | 1435 | 1435 | .000 |

Two-way mixed effects model where people effects are random and measures effects are fixed.

- a. The estimator is the same, whether the interaction effect is present or not.
- b. Type A intraclass correlation coefficients using an absolute agreement definition.
- c. This estimate is computed assuming the interaction effect is absent, because it is not estimable otherwise.

Ilustración 125. Tratamiento estadístico de humedad relativa del 3 de marzo del 2022.

| Humedad Relativa | | |
|------------------|-------------|----------------------|
| | Día | Valor de correlación |
| 1 | 17-feb-2022 | 0,99 |
| 2 | 18-feb-2022 | 0,99 |
| 3 | 19-feb-2022 | 0,99 |
| 4 | 20-feb-2022 | 0,99 |
| 5 | 21-feb-2022 | 0,99 |
| 6 | 22-feb-2022 | 0,99 |
| 7 | 23-feb-2022 | 0,99 |
| 8 | 24-feb-2022 | 0,99 |
| 9 | 25-feb-2022 | 0,99 |
| 10 | 26-feb-2022 | 0,99 |
| 11 | 27-feb-2022 | 0,99 |
| 12 | 28-feb-2022 | 0,97 |
| 13 | 1-mar-2022 | 0,85 |
| 14 | 2-mar-2022 | 0,85 |
| 15 | 3-mar-2022 | 0,89 |

5.2.16 Tabla de valores de correlación intraclase de cada día.

El valor promedio de estas medidas es 0.96. Lo cual se puede interpretar como una correlación muy buena.

5.3 Análisis de las gráficas de presión atmosférica

Podemos observar el comportamiento gráfico de la presión atmosférica cada día entre la estación Weather shield y la estación Vantage Pro. Se ve como el comportamiento diario de los parámetros atmosféricos varían. Logramos observar cómo estas variaciones son detectadas por ambas estaciones.

El análisis de correlación de los datos, recolectados en la segunda etapa, se realizó utilizando el software estadístico SPSS.

Intraclass Correlation Coefficient

| | Intraclass Correlation ^b | 95% Confidence Interval | | F Test with True Value 0 | | | Sig |
|------------------|-------------------------------------|-------------------------|-------------|--------------------------|------|------|------|
| | | Lower Bound | Upper Bound | Value | df1 | df2 | |
| Single Measures | .937 ^a | .751 | .973 | 51.175 | 1436 | 1436 | .000 |
| Average Measures | .968 ^c | .858 | .986 | 51.175 | 1436 | 1436 | .000 |

Two-way mixed effects model where people effects are random and measures effects are fixed.

- The estimator is the same, whether the interaction effect is present or not.
- Type A intraclass correlation coefficients using an absolute agreement definition.
- This estimate is computed assuming the interaction effect is absent, because it is not estimable otherwise.

Ilustración 126. Tratamiento estadístico de presión atmosférica del 17 de febrero del 2022.

Intraclass Correlation Coefficient

| | Intraclass Correlation ^b | 95% Confidence Interval | | F Test with True Value 0 | | | Sig |
|------------------|-------------------------------------|-------------------------|-------------|--------------------------|------|------|------|
| | | Lower Bound | Upper Bound | Value | df1 | df2 | |
| Single Measures | .884 ^a | .208 | .962 | 41.021 | 1435 | 1435 | .000 |
| Average Measures | .938 ^c | .345 | .980 | 41.021 | 1435 | 1435 | .000 |

Two-way mixed effects model where people effects are random and measures effects are fixed.

- The estimator is the same, whether the interaction effect is present or not.
- Type A intraclass correlation coefficients using an absolute agreement definition.
- This estimate is computed assuming the interaction effect is absent, because it is not estimable otherwise.

Ilustración 127. Tratamiento estadístico de presión atmosférica del 18 de febrero del 2022.

Intraclass Correlation Coefficient

| | Intraclass Correlation ^b | 95% Confidence Interval | | F Test with True Value 0 | | | Sig |
|------------------|-------------------------------------|-------------------------|-------------|--------------------------|------|------|------|
| | | Lower Bound | Upper Bound | Value | df1 | df2 | |
| Single Measures | .866 ^a | .121 | .957 | 38.055 | 1435 | 1435 | .000 |
| Average Measures | .928 ^c | .215 | .978 | 38.055 | 1435 | 1435 | .000 |

Two-way mixed effects model where people effects are random and measures effects are fixed.

- The estimator is the same, whether the interaction effect is present or not.
- Type A intraclass correlation coefficients using an absolute agreement definition.
- This estimate is computed assuming the interaction effect is absent, because it is not estimable otherwise.

Ilustración 128. Tratamiento estadístico de presión atmosférica del 19 de febrero del 2022.

Intraclass Correlation Coefficient

| | Intraclass Correlation ^b | 95% Confidence Interval | | F Test with True Value 0 | | | Sig |
|------------------|-------------------------------------|-------------------------|-------------|--------------------------|------|------|------|
| | | Lower Bound | Upper Bound | Value | df1 | df2 | |
| Single Measures | .902 ^a | .185 | .970 | 55.131 | 1435 | 1435 | .000 |
| Average Measures | .949 ^c | .312 | .985 | 55.131 | 1435 | 1435 | .000 |

Two-way mixed effects model where people effects are random and measures effects are fixed.

- The estimator is the same, whether the interaction effect is present or not.
- Type A intraclass correlation coefficients using an absolute agreement definition.
- This estimate is computed assuming the interaction effect is absent, because it is not estimable otherwise.

Ilustración 129. Tratamiento estadístico de presión atmosférica del 20 de febrero del 2022.

Intraclass Correlation Coefficient

| | Intraclass Correlation ^b | 95% Confidence Interval | | F Test with True Value 0 | | | Sig |
|------------------|-------------------------------------|-------------------------|-------------|--------------------------|------|------|------|
| | | Lower Bound | Upper Bound | Value | df1 | df2 | |
| Single Measures | .902 ^a | .185 | .970 | 55.131 | 1435 | 1435 | .000 |
| Average Measures | .949 ^c | .312 | .985 | 55.131 | 1435 | 1435 | .000 |

Two-way mixed effects model where people effects are random and measures effects are fixed.

- The estimator is the same, whether the interaction effect is present or not.
- Type A intraclass correlation coefficients using an absolute agreement definition.
- This estimate is computed assuming the interaction effect is absent, because it is not estimable otherwise.

Ilustración 130. Tratamiento estadístico de presión atmosférica del 21 de Febrero del 2022.

Intraclass Correlation Coefficient

| | Intraclass Correlation ^b | 95% Confidence Interval | | F Test with True Value 0 | | | Sig |
|------------------|-------------------------------------|-------------------------|-------------|--------------------------|------|------|------|
| | | Lower Bound | Upper Bound | Value | df1 | df2 | |
| Single Measures | .854 ^a | .108 | .952 | 34.117 | 1434 | 1434 | .000 |
| Average Measures | .921 ^c | .195 | .976 | 34.117 | 1434 | 1434 | .000 |

Two-way mixed effects model where people effects are random and measures effects are fixed.

- The estimator is the same, whether the interaction effect is present or not.
- Type A intraclass correlation coefficients using an absolute agreement definition.
- This estimate is computed assuming the interaction effect is absent, because it is not estimable otherwise.

Ilustración 131. Tratamiento estadístico de presión atmosférica del 22 de febrero del 2022.

Intraclass Correlation Coefficient

| | Intraclass Correlation ^b | 95% Confidence Interval | | F Test with True Value 0 | | | Sig |
|------------------|-------------------------------------|-------------------------|-------------|--------------------------|------|------|------|
| | | Lower Bound | Upper Bound | Value | df1 | df2 | |
| Single Measures | .848 ^a | .055 | .952 | 35.474 | 1434 | 1434 | .000 |
| Average Measures | .917 ^c | .104 | .975 | 35.474 | 1434 | 1434 | .000 |

Two-way mixed effects model where people effects are random and measures effects are fixed.

- The estimator is the same, whether the interaction effect is present or not.
- Type A intraclass correlation coefficients using an absolute agreement definition.
- This estimate is computed assuming the interaction effect is absent, because it is not estimable otherwise.

Ilustración 132. Tratamiento estadístico de presión atmosférica del 23 de febrero del 2022.

Intraclass Correlation Coefficient

| | Intraclass Correlation ^b | 95% Confidence Interval | | F Test with True Value 0 | | | Sig |
|------------------|-------------------------------------|-------------------------|-------------|--------------------------|------|------|------|
| | | Lower Bound | Upper Bound | Value | df1 | df2 | |
| Single Measures | .864 ^a | -.016 | .962 | 58.361 | 1435 | 1435 | .000 |
| Average Measures | .927 ^c | -.032 | .981 | 58.361 | 1435 | 1435 | .000 |

Two-way mixed effects model where people effects are random and measures effects are fixed.

- The estimator is the same, whether the interaction effect is present or not.
- Type A intraclass correlation coefficients using an absolute agreement definition.
- This estimate is computed assuming the interaction effect is absent, because it is not estimable otherwise.

Ilustración 133. Tratamiento estadístico de presión atmosférica del 24 de febrero del 2022.

Intraclass Correlation Coefficient

| | Intraclass Correlation ^b | 95% Confidence Interval | | F Test with True Value 0 | | | Sig |
|------------------|-------------------------------------|-------------------------|-------------|--------------------------|------|------|------|
| | | Lower Bound | Upper Bound | Value | df1 | df2 | |
| Single Measures | .867 ^a | -.024 | .964 | 66.527 | 1434 | 1434 | .000 |
| Average Measures | .929 ^c | -.049 | .982 | 66.527 | 1434 | 1434 | .000 |

Two-way mixed effects model where people effects are random and measures effects are fixed.

- The estimator is the same, whether the interaction effect is present or not.
- Type A intraclass correlation coefficients using an absolute agreement definition.
- This estimate is computed assuming the interaction effect is absent, because it is not estimable otherwise.

Ilustración 134. Tratamiento estadístico de presión atmosférica del 25 de febrero del 2022.

Intraclass Correlation Coefficient

| | Intraclass Correlation ^b | 95% Confidence Interval | | F Test with True Value 0 | | | Sig |
|------------------|-------------------------------------|-------------------------|-------------|--------------------------|------|------|------|
| | | Lower Bound | Upper Bound | Value | df1 | df2 | |
| Single Measures | .797 ^a | -.051 | .943 | 47.597 | 1434 | 1434 | .000 |
| Average Measures | .887 ^c | -.107 | .971 | 47.597 | 1434 | 1434 | .000 |

Two-way mixed effects model where people effects are random and measures effects are fixed.

- a. The estimator is the same, whether the interaction effect is present or not.
- b. Type A intraclass correlation coefficients using an absolute agreement definition.
- c. This estimate is computed assuming the interaction effect is absent, because it is not estimable otherwise.

Ilustración 135. Tratamiento estadístico de presión atmosférica del 26 de febrero del 2022.

Intraclass Correlation Coefficient

| | Intraclass Correlation ^b | 95% Confidence Interval | | F Test with True Value 0 | | | Sig |
|------------------|-------------------------------------|-------------------------|-------------|--------------------------|------|------|------|
| | | Lower Bound | Upper Bound | Value | df1 | df2 | |
| Single Measures | .875 ^a | -.026 | .969 | 129.245 | 1434 | 1434 | .000 |
| Average Measures | .933 ^c | -.053 | .984 | 129.245 | 1434 | 1434 | .000 |

Two-way mixed effects model where people effects are random and measures effects are fixed.

- a. The estimator is the same, whether the interaction effect is present or not.
- b. Type A intraclass correlation coefficients using an absolute agreement definition.
- c. This estimate is computed assuming the interaction effect is absent, because it is not estimable otherwise.

Ilustración 136. Tratamiento estadístico de presión atmosférica del 27 de febrero del 2022.

Intraclass Correlation Coefficient

| | Intraclass Correlation ^b | 95% Confidence Interval | | F Test with True Value 0 | | | Sig |
|------------------|-------------------------------------|-------------------------|-------------|--------------------------|------|------|------|
| | | Lower Bound | Upper Bound | Value | df1 | df2 | |
| Single Measures | .811 ^a | -.018 | .954 | 162.610 | 1435 | 1435 | .000 |
| Average Measures | .896 ^c | -.036 | .976 | 162.610 | 1435 | 1435 | .000 |

Two-way mixed effects model where people effects are random and measures effects are fixed.

- a. The estimator is the same, whether the interaction effect is present or not.
- b. Type A intraclass correlation coefficients using an absolute agreement definition.
- c. This estimate is computed assuming the interaction effect is absent, because it is not estimable otherwise.

Ilustración 137. Tratamiento estadístico de presión atmosférica del 28 de febrero del 2022.

Intraclass Correlation Coefficient

| | Intraclass Correlation ^b | 95% Confidence Interval | | F Test with True Value 0 | | | Sig |
|------------------|-------------------------------------|-------------------------|-------------|--------------------------|------|------|------|
| | | Lower Bound | Upper Bound | Value | df1 | df2 | |
| Single Measures | .895 ^a | -.008 | .976 | 349.243 | 1435 | 1435 | .000 |
| Average Measures | .945 ^c | -.016 | .988 | 349.243 | 1435 | 1435 | .000 |

Two-way mixed effects model where people effects are random and measures effects are fixed.

- a. The estimator is the same, whether the interaction effect is present or not.
- b. Type A intraclass correlation coefficients using an absolute agreement definition.
- c. This estimate is computed assuming the interaction effect is absent, because it is not estimable otherwise.

Ilustración 138. Tratamiento estadístico de presión atmosférica del 1 de marzo del 2022.

Intraclass Correlation Coefficient

| | Intraclass Correlation ^b | 95% Confidence Interval | | F Test with True Value 0 | | | Sig |
|------------------|-------------------------------------|-------------------------|-------------|--------------------------|------|------|------|
| | | Lower Bound | Upper Bound | Value | df1 | df2 | |
| Single Measures | .770 ^a | -.029 | .940 | 89.574 | 1416 | 1416 | .000 |
| Average Measures | .870 ^c | -.059 | .969 | 89.574 | 1416 | 1416 | .000 |

Two-way mixed effects model where people effects are random and measures effects are fixed.

- a. The estimator is the same, whether the interaction effect is present or not.
- b. Type A intraclass correlation coefficients using an absolute agreement definition.
- c. This estimate is computed assuming the interaction effect is absent, because it is not estimable otherwise.

Ilustración 139. Tratamiento estadístico de presión atmosférica del 2 de marzo del 2022.

Intraclass Correlation Coefficient

| | Intraclass Correlation ^b | 95% Confidence Interval | | F Test with True Value 0 | | | Sig |
|------------------|-------------------------------------|-------------------------|-------------|--------------------------|------|------|------|
| | | Lower Bound | Upper Bound | Value | df1 | df2 | |
| Single Measures | .874 ^a | -.004 | .972 | 504.435 | 1419 | 1419 | .000 |
| Average Measures | .933 ^c | -.008 | .986 | 504.435 | 1419 | 1419 | .000 |

Two-way mixed effects model where people effects are random and measures effects are fixed.

- a. The estimator is the same, whether the interaction effect is present or not.
- b. Type A intraclass correlation coefficients using an absolute agreement definition.
- c. This estimate is computed assuming the interaction effect is absent, because it is not estimable otherwise.

Ilustración 140. Tratamiento estadístico de presión atmosférica del 3 de marzo del 2022.

| Presión Atmosférica | | |
|---------------------|-------------|----------------------|
| | Día | Valor de correlación |
| 1 | 17-feb-2022 | 0,97 |
| 2 | 18-feb-2022 | 0,94 |
| 3 | 19-feb-2022 | 0,93 |
| 4 | 20-feb-2022 | 0,95 |
| 5 | 21-feb-2022 | 0,90 |
| 6 | 22-feb-2022 | 0,92 |
| 7 | 23-feb-2022 | 0,92 |
| 8 | 24-feb-2022 | 0,93 |
| 9 | 25-feb-2022 | 0,93 |
| 10 | 26-feb-2022 | 0,89 |
| 11 | 27-feb-2022 | 0,93 |
| 12 | 28-feb-2022 | 0,90 |
| 13 | 1-mar-2022 | 0,95 |
| 14 | 2-mar-2022 | 0,87 |
| 15 | 3-mar-2022 | 0,94 |

5.3.16 Tabla de valores de correlación intraclase de cada día.

El valor promedio de estas medidas es 0.92. Lo cual se puede interpretar como una correlación muy buena.

5.4 Análisis de las gráficas de rapidez del viento

Podemos observar el comportamiento grafico de la rapidez del viento cada día entre la estación Weather shield y la estación Vantage Pro. Se ve como el comportamiento diario de los parámetros atmosféricos varían de forma paralela. En cada grafica de igual forma se puede apreciar un pico de rapidezces que corresponden a las rapidezces durante de medio día. En algunas grafica se lograr ver también rapidezces continuas durante el transcurso de todo el día.

El análisis de correlación de los datos, recolectados en la segunda etapa, se realizó utilizando el software estadístico SPSS.

Intraclass Correlation Coefficient

| | Intraclass Correlation ^b | 95% Confidence Interval | | F Test with True Value 0 | | | Sig |
|------------------|-------------------------------------|-------------------------|-------------|--------------------------|------|------|-------|
| | | Lower Bound | Upper Bound | Value | df1 | df2 | |
| Single Measures | .509 ^a | .327 | .634 | 3.628 | 1436 | 1436 | <.001 |
| Average Measures | .675 ^c | .493 | .776 | 3.628 | 1436 | 1436 | <.001 |

Two-way mixed effects model where people effects are random and measures effects are fixed.

- The estimator is the same, whether the interaction effect is present or not.
- Type A intraclass correlation coefficients using an absolute agreement definition.
- This estimate is computed assuming the interaction effect is absent, because it is not estimable otherwise.

Ilustración 141. Tratamiento estadístico de la rapidez del viento del 17 de febrero del 2022.

Intraclass Correlation Coefficient

| | Intraclass Correlation ^b | 95% Confidence Interval | | F Test with True Value 0 | | | Sig |
|------------------|-------------------------------------|-------------------------|-------------|--------------------------|------|------|-------|
| | | Lower Bound | Upper Bound | Value | df1 | df2 | |
| Single Measures | .607 ^a | .560 | .650 | 4.248 | 1435 | 1435 | <.001 |
| Average Measures | .756 ^c | .718 | .788 | 4.248 | 1435 | 1435 | <.001 |

Two-way mixed effects model where people effects are random and measures effects are fixed.

- The estimator is the same, whether the interaction effect is present or not.
- Type A intraclass correlation coefficients using an absolute agreement definition.
- This estimate is computed assuming the interaction effect is absent, because it is not estimable otherwise.

Ilustración 142. Tratamiento estadístico de la rapidez del viento del 18 de febrero del 2022.

Intraclass Correlation Coefficient

| | Intraclass Correlation ^b | 95% Confidence Interval | | F Test with True Value 0 | | | Sig |
|------------------|-------------------------------------|-------------------------|-------------|--------------------------|------|------|-------|
| | | Lower Bound | Upper Bound | Value | df1 | df2 | |
| Single Measures | .645 ^a | .613 | .674 | 4.626 | 1435 | 1435 | <.001 |
| Average Measures | .784 ^c | .760 | .805 | 4.626 | 1435 | 1435 | <.001 |

Two-way mixed effects model where people effects are random and measures effects are fixed.

- The estimator is the same, whether the interaction effect is present or not.
- Type A intraclass correlation coefficients using an absolute agreement definition.
- This estimate is computed assuming the interaction effect is absent, because it is not estimable otherwise.

Ilustración 143. Tratamiento estadístico de la rapidez del viento del 19 de febrero del 2022.

Intraclass Correlation Coefficient

| | Intraclass Correlation ^b | 95% Confidence Interval | | F Test with True Value 0 | | | Sig |
|------------------|-------------------------------------|-------------------------|-------------|--------------------------|------|------|-------|
| | | Lower Bound | Upper Bound | Value | df1 | df2 | |
| Single Measures | .650 ^a | .616 | .681 | 4.791 | 1435 | 1435 | <.001 |
| Average Measures | .788 ^c | .762 | .810 | 4.791 | 1435 | 1435 | <.001 |

Two-way mixed effects model where people effects are random and measures effects are fixed.

- a. The estimator is the same, whether the interaction effect is present or not.
- b. Type A intraclass correlation coefficients using an absolute agreement definition.
- c. This estimate is computed assuming the interaction effect is absent, because it is not estimable otherwise.

Ilustración 144. Tratamiento estadístico de la rapidez del viento del 20 de febrero del 2022.

Intraclass Correlation Coefficient

| | Intraclass Correlation ^b | 95% Confidence Interval | | F Test with True Value 0 | | | Sig |
|------------------|-------------------------------------|-------------------------|-------------|--------------------------|------|------|-------|
| | | Lower Bound | Upper Bound | Value | df1 | df2 | |
| Single Measures | .682 ^a | .650 | .711 | 5.381 | 1434 | 1434 | <.001 |
| Average Measures | .811 ^c | .788 | .831 | 5.381 | 1434 | 1434 | <.001 |

Two-way mixed effects model where people effects are random and measures effects are fixed.

- a. The estimator is the same, whether the interaction effect is present or not.
- b. Type A intraclass correlation coefficients using an absolute agreement definition.
- c. This estimate is computed assuming the interaction effect is absent, because it is not estimable otherwise.

Ilustración 145. Tratamiento estadístico de la rapidez del viento del 21 de febrero del 2022.

Intraclass Correlation Coefficient

| | Intraclass Correlation ^b | 95% Confidence Interval | | F Test with True Value 0 | | | Sig |
|------------------|-------------------------------------|-------------------------|-------------|--------------------------|------|------|-------|
| | | Lower Bound | Upper Bound | Value | df1 | df2 | |
| Single Measures | .684 ^a | .656 | .711 | 5.332 | 1434 | 1434 | <.001 |
| Average Measures | .812 ^c | .792 | .831 | 5.332 | 1434 | 1434 | <.001 |

Two-way mixed effects model where people effects are random and measures effects are fixed.

- a. The estimator is the same, whether the interaction effect is present or not.
- b. Type A intraclass correlation coefficients using an absolute agreement definition.
- c. This estimate is computed assuming the interaction effect is absent, because it is not estimable otherwise.

Ilustración 146. Tratamiento estadístico de la rapidez del viento del 22 de febrero del 2022.

Intraclass Correlation Coefficient

| | Intraclass Correlation ^b | 95% Confidence Interval | | F Test with True Value 0 | | | Sig |
|------------------|-------------------------------------|-------------------------|-------------|--------------------------|------|------|-------|
| | | Lower Bound | Upper Bound | Value | df1 | df2 | |
| Single Measures | .676 ^a | .643 | .705 | 5.258 | 1434 | 1434 | <.001 |
| Average Measures | .806 ^c | .783 | .827 | 5.258 | 1434 | 1434 | <.001 |

Two-way mixed effects model where people effects are random and measures effects are fixed.

- a. The estimator is the same, whether the interaction effect is present or not.
- b. Type A intraclass correlation coefficients using an absolute agreement definition.
- c. This estimate is computed assuming the interaction effect is absent, because it is not estimable otherwise.

Ilustración 147. Tratamiento estadístico de la rapidez del viento del 23 de febrero del 2022.

Intraclass Correlation Coefficient

| | Intraclass Correlation ^b | 95% Confidence Interval | | F Test with True Value 0 | | | Sig |
|------------------|-------------------------------------|-------------------------|-------------|--------------------------|------|------|-------|
| | | Lower Bound | Upper Bound | Value | df1 | df2 | |
| Single Measures | .551 ^a | .509 | .591 | 3.532 | 1435 | 1435 | <.001 |
| Average Measures | .711 ^c | .675 | .743 | 3.532 | 1435 | 1435 | <.001 |

Two-way mixed effects model where people effects are random and measures effects are fixed.

- a. The estimator is the same, whether the interaction effect is present or not.
- b. Type A intraclass correlation coefficients using an absolute agreement definition.
- c. This estimate is computed assuming the interaction effect is absent, because it is not estimable otherwise.

Ilustración 148. Tratamiento estadístico de la rapidez del viento del 24 de febrero del 2022.

Intraclass Correlation Coefficient

| | Intraclass Correlation ^b | 95% Confidence Interval | | F Test with True Value 0 | | | Sig |
|------------------|-------------------------------------|-------------------------|-------------|--------------------------|------|------|-------|
| | | Lower Bound | Upper Bound | Value | df1 | df2 | |
| Single Measures | .600 ^a | .563 | .634 | 4.057 | 1434 | 1434 | <.001 |
| Average Measures | .750 ^c | .721 | .776 | 4.057 | 1434 | 1434 | <.001 |

Two-way mixed effects model where people effects are random and measures effects are fixed.

- a. The estimator is the same, whether the interaction effect is present or not.
- b. Type A intraclass correlation coefficients using an absolute agreement definition.
- c. This estimate is computed assuming the interaction effect is absent, because it is not estimable otherwise.

Ilustración 149. Tratamiento estadístico de la rapidez del viento del 25 de febrero del 2022.

Intraclass Correlation Coefficient

| | Intraclass Correlation ^b | 95% Confidence Interval | | F Test with True Value 0 | | | Sig |
|------------------|-------------------------------------|-------------------------|-------------|--------------------------|------|------|-------|
| | | Lower Bound | Upper Bound | Value | df1 | df2 | |
| Single Measures | .513 ^a | .473 | .550 | 3.116 | 1434 | 1434 | <.001 |
| Average Measures | .678 ^c | .642 | .710 | 3.116 | 1434 | 1434 | <.001 |

Two-way mixed effects model where people effects are random and measures effects are fixed.

- a. The estimator is the same, whether the interaction effect is present or not.
- b. Type A intraclass correlation coefficients using an absolute agreement definition.
- c. This estimate is computed assuming the interaction effect is absent, because it is not estimable otherwise.

Ilustración 150. Tratamiento estadístico de la rapidez del viento del 26 de febrero del 2022.

Intraclass Correlation Coefficient

| | Intraclass Correlation ^b | 95% Confidence Interval | | F Test with True Value 0 | | | Sig |
|------------------|-------------------------------------|-------------------------|-------------|--------------------------|------|------|-------|
| | | Lower Bound | Upper Bound | Value | df1 | df2 | |
| Single Measures | .470 ^a | .417 | .519 | 2.864 | 1434 | 1434 | <.001 |
| Average Measures | .640 ^c | .588 | .684 | 2.864 | 1434 | 1434 | <.001 |

Two-way mixed effects model where people effects are random and measures effects are fixed.

- a. The estimator is the same, whether the interaction effect is present or not.
- b. Type A intraclass correlation coefficients using an absolute agreement definition.
- c. This estimate is computed assuming the interaction effect is absent, because it is not estimable otherwise.

Ilustración 151. Tratamiento estadístico de la rapidez del viento del 27 de febrero del 2022.

Intraclass Correlation Coefficient

| | Intraclass Correlation ^b | 95% Confidence Interval | | F Test with True Value 0 | | | Sig |
|------------------|-------------------------------------|-------------------------|-------------|--------------------------|------|------|-------|
| | | Lower Bound | Upper Bound | Value | df1 | df2 | |
| Single Measures | .343 ^a | .259 | .419 | 2.173 | 1435 | 1435 | <.001 |
| Average Measures | .511 ^c | .411 | .590 | 2.173 | 1435 | 1435 | <.001 |

Two-way mixed effects model where people effects are random and measures effects are fixed.

- a. The estimator is the same, whether the interaction effect is present or not.
- b. Type A intraclass correlation coefficients using an absolute agreement definition.
- c. This estimate is computed assuming the interaction effect is absent, because it is not estimable otherwise.

Ilustración 152. Tratamiento estadístico de la rapidez del viento del 28 de febrero del 2022.

Intraclass Correlation Coefficient

| | Intraclass Correlation ^b | 95% Confidence Interval | | F Test with True Value 0 | | | Sig |
|------------------|-------------------------------------|-------------------------|-------------|--------------------------|------|------|-------|
| | | Lower Bound | Upper Bound | Value | df1 | df2 | |
| Single Measures | .139 ^a | -.057 | .321 | 1.788 | 1435 | 1435 | <.001 |
| Average Measures | .244 ^c | -.121 | .487 | 1.788 | 1435 | 1435 | <.001 |

Two-way mixed effects model where people effects are random and measures effects are fixed.

- a. The estimator is the same, whether the interaction effect is present or not.
- b. Type A intraclass correlation coefficients using an absolute agreement definition.
- c. This estimate is computed assuming the interaction effect is absent, because it is not estimable otherwise.

Ilustración 153. Tratamiento estadístico de la rapidez del viento del 1 de marzo del 2022.

Intraclass Correlation Coefficient

| | Intraclass Correlation ^b | 95% Confidence Interval | | F Test with True Value 0 | | | Sig |
|------------------|-------------------------------------|-------------------------|-------------|--------------------------|------|------|-------|
| | | Lower Bound | Upper Bound | Value | df1 | df2 | |
| Single Measures | .235 ^a | -.027 | .441 | 2.180 | 1416 | 1416 | <.001 |
| Average Measures | .380 ^c | -.055 | .612 | 2.180 | 1416 | 1416 | <.001 |

Two-way mixed effects model where people effects are random and measures effects are fixed.

- a. The estimator is the same, whether the interaction effect is present or not.
- b. Type A intraclass correlation coefficients using an absolute agreement definition.
- c. This estimate is computed assuming the interaction effect is absent, because it is not estimable otherwise.

Ilustración 154. Tratamiento estadístico de la rapidez del viento del 2 de marzo del 2022.

Intraclass Correlation Coefficient

| | Intraclass Correlation ^b | 95% Confidence Interval | | F Test with True Value 0 | | | Sig |
|------------------|-------------------------------------|-------------------------|-------------|--------------------------|------|------|-------|
| | | Lower Bound | Upper Bound | Value | df1 | df2 | |
| Single Measures | .307 ^a | .134 | .444 | 2.185 | 1419 | 1419 | <.001 |
| Average Measures | .469 ^c | .236 | .615 | 2.185 | 1419 | 1419 | <.001 |

Two-way mixed effects model where people effects are random and measures effects are fixed.

- a. The estimator is the same, whether the interaction effect is present or not.
- b. Type A intraclass correlation coefficients using an absolute agreement definition.
- c. This estimate is computed assuming the interaction effect is absent, because it is not estimable otherwise.

Ilustración 155. Tratamiento estadístico de la rapidez del viento del 3 de marzo del 2022.

| Rapidez del viento | | |
|--------------------|-------------|----------------------|
| | Día | Valor de correlación |
| 1 | 17-feb-2022 | 0,68 |
| 2 | 18-feb-2022 | 0,76 |
| 3 | 19-feb-2022 | 0,78 |
| 4 | 20-feb-2022 | 0,80 |
| 5 | 21-feb-2022 | 0,81 |
| 6 | 22-feb-2022 | 0,81 |
| 7 | 23-feb-2022 | 0,80 |
| 8 | 24-feb-2022 | 0,71 |
| 9 | 25-feb-2022 | 0,75 |
| 10 | 26-feb-2022 | 0,68 |
| 11 | 27-feb-2022 | 0,64 |
| 12 | 28-feb-2022 | 0,51 |
| 13 | 1-mar-2022 | 0,24 |
| 14 | 2-mar-2022 | 0,38 |
| 15 | 3-mar-2022 | 0,47 |

5.4.16 Tabla de valores de correlación intraclase de cada día.

El valor promedio de estas medidas es 0.65. Lo cual se puede interpretar como una correlación Regular/ buena.

5.5 Análisis de las gráficas de precipitación pluvial

Podemos observar el comportamiento grafico de la precipitación pluvial de cada día entre la estación Weather shield y la estación Vantage Pro. Se ve como el comportamiento diario de los parámetros atmosféricos varían de forma paralela. En cada grafica de se puede apreciar picos las cuales señalan los momentos de precipitación durante el día. La anchura de los picos se puede interpretar como la duración de la lluvia. En el caso de algunas graficas estas tienen el valore cero constante debido a que durante ese día no hubo precipitación.

El análisis de correlación de los datos, recolectados en la segunda etapa, se realizó utilizando el software estadístico SPSS.

Intraclass Correlation Coefficient

| | Intraclass Correlation ^b | 95% Confidence Interval | | F Test with True Value 0 | | | Sig |
|------------------|-------------------------------------|-------------------------|-------------|--------------------------|------|------|-------|
| | | Lower Bound | Upper Bound | Value | df1 | df2 | |
| Single Measures | .113 ^a | .063 | .163 | 1.265 | 1438 | 1438 | <.001 |
| Average Measures | .204 ^c | .118 | .281 | 1.265 | 1438 | 1438 | <.001 |

Two-way mixed effects model where people effects are random and measures effects are fixed.

- a. The estimator is the same, whether the interaction effect is present or not.
- b. Type A intraclass correlation coefficients using an absolute agreement definition.
- c. This estimate is computed assuming the interaction effect is absent, because it is not estimable otherwise.

Ilustración 156. Tratamiento estadístico de la precipitación pluvial del 17 de mayo del 2022.

Intraclass Correlation Coefficient

| | Intraclass Correlation ^b | 95% Confidence Interval | | F Test with True Value 0 | | | Sig |
|------------------|-------------------------------------|-------------------------|-------------|--------------------------|------|------|-------|
| | | Lower Bound | Upper Bound | Value | df1 | df2 | |
| Single Measures | .400 ^a | .354 | .443 | 2.352 | 1438 | 1438 | <.001 |
| Average Measures | .571 ^c | .523 | .614 | 2.352 | 1438 | 1438 | <.001 |

Two-way mixed effects model where people effects are random and measures effects are fixed.

- a. The estimator is the same, whether the interaction effect is present or not.
- b. Type A intraclass correlation coefficients using an absolute agreement definition.
- c. This estimate is computed assuming the interaction effect is absent, because it is not estimable otherwise.

Ilustración 157. Tratamiento estadístico de la precipitación pluvial del 18 de mayo del 2022.

Intraclass Correlation Coefficient

| | Intraclass Correlation ^b | 95% Confidence Interval | | F Test with True Value 0 | | | Sig |
|------------------|-------------------------------------|-------------------------|-------------|--------------------------|------|------|-------|
| | | Lower Bound | Upper Bound | Value | df1 | df2 | |
| Single Measures | .129 ^a | .078 | .179 | 1.300 | 1439 | 1439 | <.001 |
| Average Measures | .228 ^c | .145 | .304 | 1.300 | 1439 | 1439 | <.001 |

Two-way mixed effects model where people effects are random and measures effects are fixed.

- a. The estimator is the same, whether the interaction effect is present or not.
- b. Type A intraclass correlation coefficients using an absolute agreement definition.
- c. This estimate is computed assuming the interaction effect is absent, because it is not estimable otherwise.

Ilustración 158. Tratamiento estadístico de la precipitación pluvial del 19 de mayo del 2022.

Intraclass Correlation Coefficient

| | Intraclass Correlation ^b | 95% Confidence Interval | | F Test with True Value 0 | | | Sig |
|------------------|-------------------------------------|-------------------------|-------------|--------------------------|------|------|-------|
| | | Lower Bound | Upper Bound | Value | df1 | df2 | |
| Single Measures | .129 ^a | .078 | .179 | 1.300 | 1439 | 1439 | <.001 |
| Average Measures | .228 ^c | .145 | .304 | 1.300 | 1439 | 1439 | <.001 |

Two-way mixed effects model where people effects are random and measures effects are fixed.

- The estimator is the same, whether the interaction effect is present or not.
- Type A intraclass correlation coefficients using an absolute agreement definition.
- This estimate is computed assuming the interaction effect is absent, because it is not estimable otherwise.

Ilustración 159. Tratamiento estadístico de la precipitación pluvial del 19 de mayo del 2022.

Case Processing Summary

| | | N | % |
|-------|-----------------------|------|-------|
| Cases | Valid | 1439 | 100.0 |
| | Excluded ^a | 0 | .0 |
| | Total | 1439 | 100.0 |

- Listwise deletion based on all variables in the procedure.

Scale Statistics

| Mean | Variance | Std. Deviation | N of Items |
|-------|----------|----------------|------------|
| .0000 | .000 | .00000 | 2 |

Ilustración 160. Tratamiento estadístico de la precipitación pluvial del 21 de mayo del 2022.

Intraclass Correlation Coefficient

| | Intraclass Correlation ^b | 95% Confidence Interval | | F Test with True Value 0 | | | Sig |
|------------------|-------------------------------------|-------------------------|-------------|--------------------------|------|------|-------|
| | | Lower Bound | Upper Bound | Value | df1 | df2 | |
| Single Measures | .123 ^a | .073 | .174 | 1.283 | 1438 | 1438 | <.001 |
| Average Measures | .220 ^c | .135 | .296 | 1.283 | 1438 | 1438 | <.001 |

Two-way mixed effects model where people effects are random and measures effects are fixed.

- The estimator is the same, whether the interaction effect is present or not.
- Type A intraclass correlation coefficients using an absolute agreement definition.
- This estimate is computed assuming the interaction effect is absent, because it is not estimable otherwise.

Ilustración 161. Tratamiento estadístico de la precipitación pluvial del 22 de mayo del 2022.

Intraclass Correlation Coefficient

| | Intraclass Correlation ^b | 95% Confidence Interval | | F Test with True Value 0 | | | Sig |
|------------------|-------------------------------------|-------------------------|-------------|--------------------------|------|------|-------|
| | | Lower Bound | Upper Bound | Value | df1 | df2 | |
| Single Measures | .381 ^a | .335 | .426 | 2.259 | 1438 | 1438 | <.001 |
| Average Measures | .552 ^c | .502 | .598 | 2.259 | 1438 | 1438 | <.001 |

Two-way mixed effects model where people effects are random and measures effects are fixed.

- a. The estimator is the same, whether the interaction effect is present or not.
- b. Type A intraclass correlation coefficients using an absolute agreement definition.
- c. This estimate is computed assuming the interaction effect is absent, because it is not estimable otherwise.

Ilustración 162. Tratamiento estadístico de la precipitación pluvial del 23 de mayo del 2022.

Intraclass Correlation Coefficient

| | Intraclass Correlation ^b | 95% Confidence Interval | | F Test with True Value 0 | | | Sig |
|------------------|-------------------------------------|-------------------------|-------------|--------------------------|------|------|-------|
| | | Lower Bound | Upper Bound | Value | df1 | df2 | |
| Single Measures | .220 ^a | .170 | .269 | 1.579 | 1438 | 1438 | <.001 |
| Average Measures | .361 ^c | .291 | .424 | 1.579 | 1438 | 1438 | <.001 |

Two-way mixed effects model where people effects are random and measures effects are fixed.

- a. The estimator is the same, whether the interaction effect is present or not.
- b. Type A intraclass correlation coefficients using an absolute agreement definition.
- c. This estimate is computed assuming the interaction effect is absent, because it is not estimable otherwise.

Ilustración 163. Tratamiento estadístico de la precipitación pluvial del 24 de mayo del 2022.

Intraclass Correlation Coefficient

| | Intraclass Correlation ^b | 95% Confidence Interval | | F Test with True Value 0 | | | Sig |
|------------------|-------------------------------------|-------------------------|-------------|--------------------------|------|------|------|
| | | Lower Bound | Upper Bound | Value | df1 | df2 | |
| Single Measures | .000 ^a | -.052 | .052 | 1.000 | 1437 | 1437 | .500 |
| Average Measures | .000 ^c | -.109 | .098 | 1.000 | 1437 | 1437 | .500 |

Two-way mixed effects model where people effects are random and measures effects are fixed.

- a. The estimator is the same, whether the interaction effect is present or not.
- b. Type A intraclass correlation coefficients using an absolute agreement definition.
- c. This estimate is computed assuming the interaction effect is absent, because it is not estimable otherwise.

Ilustración 164. Tratamiento estadístico de la precipitación pluvial del 25 de Mayo del 2022.

| Intraclass Correlation Coefficient | | | | | | | |
|------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------|-------------|--------------------------|------|------|-------|
| | Intraclass Correlation ^b | 95% Confidence Interval | | F Test with True Value 0 | | | Sig |
| | | Lower Bound | Upper Bound | Value | df1 | df2 | |
| Single Measures | .399 ^a | .352 | .443 | 2.356 | 1438 | 1438 | <.001 |
| Average Measures | .570 ^c | .521 | .614 | 2.356 | 1438 | 1438 | <.001 |

Two-way mixed effects model where people effects are random and measures effects are fixed.

- a. The estimator is the same, whether the interaction effect is present or not.
- b. Type A intraclass correlation coefficients using an absolute agreement definition.
- c. This estimate is computed assuming the interaction effect is absent, because it is not estimable otherwise.

Ilustración 165. Tratamiento estadístico de la precipitación pluvial del 26 de mayo del 2022.

| Precipitación pluvial | | |
|-----------------------|-------------|----------------------|
| | Día | Valor de correlación |
| 1 | 17-may-2022 | 0,20 |
| 2 | 18-may-2022 | 0,57 |
| 3 | 19-may-2022 | 0,23 |
| 4 | 20-may-2022 | 0,43 |
| 5 | 21-may-2022 | 0,00 |
| 6 | 22-may-2022 | 0,22 |
| 7 | 23-may-2022 | 0,55 |
| 8 | 24-may-2022 | 0,36 |
| 9 | 25-may-2022 | 0,00 |
| 10 | 26-may-2022 | 0,57 |

5.5.11 Tabla de valores de correlación intraclass de cada día.

El valor promedio de estas medidas es 0.31. Lo cual se puede interpretar como una correlación baja.

5.6 Análisis de las gráficas de precipitación diaria

Podemos observar el comportamiento gráfico de la precipitación diaria de cada día entre la estación Weather shield y la estación Vantage Pro. Se ve como el comportamiento diario de los parámetros atmosféricos varían de forma paralela. En cada grafica de se puede apreciar picos las cuales señalan los momentos de precipitación durante el día. La anchura de los picos

se puede interpretar como la duración de la lluvia. En el caso de algunas graficas estas tienen el valor cero constante debido a que durante ese día no hubo precipitación.

El análisis de correlación de los datos, recolectados en la segunda etapa, se realizó utilizando el software estadístico SPSS.

| | Intraclass Correlation ^b | 95% Confidence Interval | | F Test with True Value 0 | | | Sig |
|------------------|-------------------------------------|-------------------------|-------------|--------------------------|------|------|-------|
| | | Lower Bound | Upper Bound | Value | df1 | df2 | |
| Single Measures | .496 ^a | .442 | .545 | 3.071 | 1438 | 1438 | <.001 |
| Average Measures | .663 ^c | .613 | .705 | 3.071 | 1438 | 1438 | <.001 |

Two-way mixed effects model where people effects are random and measures effects are fixed.

- a. The estimator is the same, whether the interaction effect is present or not.
- b. Type A intraclass correlation coefficients using an absolute agreement definition.
- c. This estimate is computed assuming the interaction effect is absent, because it is not estimable otherwise.

Ilustración 166. Tratamiento estadístico de la precipitación diaria del 17 de mayo del 2022.

| | Intraclass Correlation ^b | 95% Confidence Interval | | F Test with True Value 0 | | | Sig |
|------------------|-------------------------------------|-------------------------|-------------|--------------------------|------|------|------|
| | | Lower Bound | Upper Bound | Value | df1 | df2 | |
| Single Measures | .933 ^a | .926 | .939 | 28.791 | 1438 | 1438 | .000 |
| Average Measures | .965 ^c | .961 | .969 | 28.791 | 1438 | 1438 | .000 |

Two-way mixed effects model where people effects are random and measures effects are fixed.

- a. The estimator is the same, whether the interaction effect is present or not.
- b. Type A intraclass correlation coefficients using an absolute agreement definition.
- c. This estimate is computed assuming the interaction effect is absent, because it is not estimable otherwise.

Ilustración 167. Tratamiento estadístico de la precipitación diaria del 18 de mayo del 2022.

Intraclass Correlation Coefficient

| | Intraclass Correlation ^b | 95% Confidence Interval | | F Test with True Value 0 | | | Sig |
|------------------|-------------------------------------|-------------------------|-------------|--------------------------|------|------|-------|
| | | Lower Bound | Upper Bound | Value | df1 | df2 | |
| Single Measures | .566 ^a | .530 | .600 | 3.611 | 1439 | 1439 | <.001 |
| Average Measures | .723 ^c | .693 | .750 | 3.611 | 1439 | 1439 | <.001 |

Two-way mixed effects model where people effects are random and measures effects are fixed.

- The estimator is the same, whether the interaction effect is present or not.
- Type A intraclass correlation coefficients using an absolute agreement definition.
- This estimate is computed assuming the interaction effect is absent, because it is not estimable otherwise.

Ilustración 168. Tratamiento estadístico de la precipitación diaria del 19 de mayo del 2022.

Intraclass Correlation Coefficient

| | Intraclass Correlation ^b | 95% Confidence Interval | | F Test with True Value 0 | | | Sig |
|------------------|-------------------------------------|-------------------------|-------------|--------------------------|------|------|-------|
| | | Lower Bound | Upper Bound | Value | df1 | df2 | |
| Single Measures | .620 ^a | .587 | .651 | 4.272 | 1438 | 1438 | <.001 |
| Average Measures | .765 ^c | .740 | .788 | 4.272 | 1438 | 1438 | <.001 |

Two-way mixed effects model where people effects are random and measures effects are fixed.

- The estimator is the same, whether the interaction effect is present or not.
- Type A intraclass correlation coefficients using an absolute agreement definition.
- This estimate is computed assuming the interaction effect is absent, because it is not estimable otherwise.

Ilustración 169. Tratamiento estadístico de la precipitación diaria del 20 de mayo del 2022.

Case Processing Summary

| | | N | % |
|-------|-----------------------|------|-------|
| Cases | Valid | 1439 | 100.0 |
| | Excluded ^a | 0 | .0 |
| | Total | 1439 | 100.0 |

- Listwise deletion based on all variables in the procedure.

Scale Statistics

| Mean | Variance | Std. Deviation | N of Items |
|-------|----------|----------------|------------|
| .0000 | .000 | .00000 | 2 |

Ilustración 170. Tratamiento estadístico de la precipitación diaria del 21 de mayo del 2022.

Intraclass Correlation Coefficient

| | Intraclass Correlation ^b | 95% Confidence Interval | | F Test with True Value 0 | | | |
|------------------|-------------------------------------|-------------------------|-------------|--------------------------|------|------|------|
| | | Lower Bound | Upper Bound | Value | df1 | df2 | Sig |
| Single Measures | .924 ^a | .916 | .931 | 25.369 | 1438 | 1438 | .000 |
| Average Measures | .961 ^c | .956 | .964 | 25.369 | 1438 | 1438 | .000 |

Two-way mixed effects model where people effects are random and measures effects are fixed.

- The estimator is the same, whether the interaction effect is present or not.
- Type A intraclass correlation coefficients using an absolute agreement definition.
- This estimate is computed assuming the interaction effect is absent, because it is not estimable otherwise.

Ilustración 171. Tratamiento estadístico de la precipitación diaria del 22 de mayo del 2022.

Intraclass Correlation Coefficient

| | Intraclass Correlation ^b | 95% Confidence Interval | | F Test with True Value 0 | | | |
|------------------|-------------------------------------|-------------------------|-------------|--------------------------|------|------|------|
| | | Lower Bound | Upper Bound | Value | df1 | df2 | Sig |
| Single Measures | .918 ^a | .909 | .926 | 23.520 | 1419 | 1419 | .000 |
| Average Measures | .957 ^c | .952 | .961 | 23.520 | 1419 | 1419 | .000 |

Two-way mixed effects model where people effects are random and measures effects are fixed.

- The estimator is the same, whether the interaction effect is present or not.
- Type A intraclass correlation coefficients using an absolute agreement definition.
- This estimate is computed assuming the interaction effect is absent, because it is not estimable otherwise.

Ilustración 172. Tratamiento estadístico de la precipitación diaria del 23 de mayo del 2022.

Intraclass Correlation Coefficient

| | Intraclass Correlation ^b | 95% Confidence Interval | | F Test with True Value 0 | | | |
|------------------|-------------------------------------|-------------------------|-------------|--------------------------|------|------|------|
| | | Lower Bound | Upper Bound | Value | df1 | df2 | Sig |
| Single Measures | .978 ^a | .976 | .980 | 90.491 | 1438 | 1438 | .000 |
| Average Measures | .989 ^c | .988 | .990 | 90.491 | 1438 | 1438 | .000 |

Two-way mixed effects model where people effects are random and measures effects are fixed.

- The estimator is the same, whether the interaction effect is present or not.
- Type A intraclass correlation coefficients using an absolute agreement definition.
- This estimate is computed assuming the interaction effect is absent, because it is not estimable otherwise.

Ilustración 173. Tratamiento estadístico de la precipitación diaria del 24 de mayo del 2022.

Case Processing Summary

| | | N | % |
|-------|-----------------------|------|-------|
| Cases | Valid | 1438 | 100.0 |
| | Excluded ^a | 0 | .0 |
| | Total | 1438 | 100.0 |

a. Listwise deletion based on all variables in the procedure.

Scale Statistics

| Mean | Variance | Std. Deviation | N of Items |
|-------|----------|----------------|------------|
| .0000 | .000 | .00000 | 2 |

Ilustración 174. Tratamiento estadístico de la precipitación diaria del 25 de mayo del 2022.

Intraclass Correlation Coefficient

| | Intraclass Correlation ^b | 95% Confidence Interval | | F Test with True Value 0 | | | |
|------------------|-------------------------------------|-------------------------|-------------|--------------------------|------|------|------|
| | | Lower Bound | Upper Bound | Value | df1 | df2 | Sig |
| Single Measures | .921 ^a | .913 | .929 | 24.538 | 1438 | 1438 | .000 |
| Average Measures | .959 ^c | .955 | .963 | 24.538 | 1438 | 1438 | .000 |

Two-way mixed effects model where people effects are random and measures effects are fixed.

- a. The estimator is the same, whether the interaction effect is present or not.
- b. Type A intraclass correlation coefficients using an absolute agreement definition.
- c. This estimate is computed assuming the interaction effect is absent, because it is not estimable otherwise.

Ilustración 175. Tratamiento estadístico de la precipitación diaria del 26 de mayo del 2022.

| Precipitación diaria | | |
|----------------------|-------------|----------------------|
| | Día | Valor de correlación |
| 1 | 17-may-2022 | 0,66 |
| 2 | 18-may-2022 | 0,96 |
| 3 | 19-may-2022 | 0,72 |
| 4 | 20-may-2022 | 0,76 |
| 5 | 21-may-2022 | 0,00 |
| 6 | 22-may-2022 | 0,96 |
| 7 | 23-may-2022 | 0,96 |
| 8 | 24-may-2022 | 0,98 |
| 9 | 25-may-2022 | 0,00 |
| 10 | 26-may-2022 | 0,96 |

5.6.11 Tabla de valores de correlación intraclase de cada día.

El valor promedio de estas medidas es 0.70. Lo cual se puede interpretar como una correlación regular/buena.

Tabla de correlación intraclase de cada parámetro.

| Datos finales de correlación | | |
|------------------------------|------------------------------------|--|
| Parametro | Promedios de indice de correlación | Interpretación del indice de correlación |
| Temperatura | 0,90 | Muy buena |
| Humedad relativa | 0,96 | Muy buena |
| Presión atmosférica | 0,92 | Muy buena |
| Rapidez del viento | 0,65 | Regular/ buena |
| precipitación pluvial | 0,31 | Baja |
| precipitación diaria | 0,70 | Regular/ buena |

5.7.1 Tabla de valores de correlación intraclase de cada parámetro.

Capítulo 6

Conclusión y recomendaciones

6.1 Conclusión

Con el trabajo realizado se logró el objetivo principal, que era el de validar una estación meteorológica de bajo costo, que nos permite medir parámetros atmosféricos. Al igual podemos dar seguimiento al comportamiento ambiental en un tiempo específico. El sistema resultó ser de alta confiabilidad.

La utilización de Arduino como base, trajo en sí sus beneficios, tales como la compatibilidad con el Sparkfun Weather shield, la sencilla programación y fácil montaje del sistema.

La recolección de datos se logró por un periodo de 15 días consecutivos, a excepción de los datos de lluvia que fueron 10 días por motivos del clima. Cada día se recolectaron datos por un periodo de 24 horas consecutivas. Luego de esto se procedió a graficar cada parámetro y darle un tratamiento de correlación intraclase utilizando el software estadístico IBM SPSS Statistics.

Para el parámetro de temperatura se puede concluir que la confiabilidad de los datos obtenidos basándonos en el índice de correlación fueron casi perfectos, de igual forma los parámetros de humedad relativa y los parámetros de presión atmosférica. Mientras que para el parámetro de velocidad del viento la confiabilidad de los datos obtenidos basándonos en el índice de correlación e utilizando la figura 2.3 se interpreta que estos fueron sustanciales. Significando que los datos obtenidos por la estación Weather shield son muy parecidos a los datos obtenidos por la estación comercial. Para el parámetro de precipitación pluvial la confiabilidad de los datos obtenidos basándonos en el índice de correlación e utilizando la figura 2.3 se puede concluir que estos fueron ligeros. Significando que los datos obtenidos por la estación Weather shield tienen una dispersión pequeña en comparación a los datos

obtenidos por la estación comercial. Sin embargo, para el parámetro de precipitación diaria la confiabilidad de los datos obtenidos basándonos en el índice de correlación e utilizando la figura 2.3 se puede interpretar que estos fueron sustanciales.

Aclaremos, este tipo de sistemas es factible en casos de recolección de datos para proyectos comunes y en cierto caso para el diario vivir.

Este estudio nos permitió adecuar, probar y validar la confiabilidad de una estación meteorológica de bajo costo y fácil ejecución, utilizando Sparkfun Weather Shield con Arduino. Dado que el principal problema de la implementación y masificación de las estaciones meteorológicas son sus altos costos, debido a que sus precios tienen un aproximado de \$1 500.00 .

6.2 Recomendaciones

- Recomendamos hacer las mediciones durante el período de un año en diferentes estaciones.

Referencias

- Atlas nacional de la Republica de Panama*. (1988). Espana: Instituto Geografico Nacional "Tommy Guardia".
- Cardenas, R. (2018). *El Clima, Caracteres, Causas, Clasificaciones, Fenomenos y alteraciones climaticas*. Lima Peru: Universidad Nacional de Educacion.
- Carlos Mantero, L. G. (2018). *Confiabilidad, precisión o reproducibilidad de las mediciones. Métodos de valoración, utilidad y aplicaciones en la práctica clínica*. Chile: Rev Chilena Infecto.
- Castillo, C., Corssen, C., Breinbaur, H., & Namoncuro, C. (2008). *Validación del método*. Chile: Médico, Servicio de Otorrinolaringología Hospital San Juan de Dios.
- Everlight. (2013). *Ambient Light Sensor*. Everlight.
- Fleiss, J. L. (1999). *The Design and Analysis of Clinical Experiments*. New york: 1986 John Wiley & Sons, Inc.
- Freescale Semiconductor,inc. (2012). *I2C Precision Altimeter*. freescale Xtrinsic.
- Garcia, G. M., Grageda, J. G., Corral, J. A., & Gonzalez, A. D. (2008). *Uso de estaciones Metereologicas en la Agricultura*. Mexico: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agricolas y Pecuarias.
- Grande, I. M. (4 de Abril de 2022). *uscmakingdigital*. Obtenido de uscmakingdigital: <https://www.uscmakingdigital.com/todo-sobre-spss/>
- Gualda, J. E. (2008). *DISEÑO DE UN SISTEMA INTEGRADO PARA EL CONTROL DE CALIDAD DE DATOS DE ESTACIONES METEOROLÓGICAS AUTOMÁTICAS*. Córdoba: Universidad de Córdoba.
- Llamas, L. (18 de Octubre de 2016). *RELOJ Y CALENDARIO EN ARDUINO CON LOS RTC DS1307 Y DS3231*. Obtenido de Luisllamas.es: <https://www.luisllamas.es/reloj-y- calendario-en-arduino-con-los-rtc-ds1307-y-ds3231/>
- Manterola, C., Grande, L., Otzen, T., Garcia, N., Salazar, P., & Quiroz, G. (2018). *Confiabilidad, precisión o reproducibilidad de las mediciones. Métodos de valoración, utilidad y aplicaciones en la práctica clínica*. Temuco, Chile: Centro de Estudios Morfológicos y Quirúrgicos (CEMyQ) Universidad de La Frontera. .
- P.Peixoto, J., & Oort, A. (1992). *Physics of climate*. New york: American Institute of Physics.

Polo Bravo, C. A., Torres Muro, H. A., Rios Marquezado, J. C., Coaquera, R. B., & Contreras, A. D. (2017). *"DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y SISTEMATIZACIÓN DE UNA ESTACIÓN METEOROLÓGICA DE REGISTRO AUTOMÁTICO Y PROCESAMIENTO DE TRES PARÁMETROS BASADO EN LA IMPLEMENTACIÓN DE HARDWARE LIBRE.* Tacna Peru: Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann.

Rodrigues, M. A. (2012). *Fundamentos de Climatologia.* Universidad dela Rioja.

Silicon Laboratories. (2022). *I2C Humidity and temperature Sensor.* Silicon Laboratories.

Sparkfun. (2017). *Arduino Weather Shield Hookup Guide V12.* Obtenido de Sparkfun.com:
<https://learn.sparkfun.com/tutorials/arduino-weather-shield-hookup-guide-v12>

Tapia Ayala, C. H., & Manzano , H. M. (2013). *EVALUACIÓN DE LA PLATAFORMA ARDUINO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL DE POSICIÓN HORIZONTAL.* Guayaquil: Universidad Politecnica Salesiana.

Villalta, A. H. (2013). *Implementacion de una estacion metereologica.* Salvador: Universidad del salvador.

World Meteorological Organization (WMO). (2022). *Time.* Obtenido de World Meterological Organization: <https://public.wmo.int/en/our-mandate/climate/global-seasonal-climate-update>

Anexos

El esquema del código de manejo y adquisición para la obtención de los parámetros atmosféricos.

```
#include <Wire.h> //I2C needed for sensors
#include <RTC.h>
#include "SparkFunMPL3115A2.h" //Pressure sensor - Search "SparkFun MPL3115" and install from Library Manager
#include "SparkFun_Si7021_Breakout_Library.h" //Humidity sensor - Search "SparkFun Si7021" and install from Library Manager

MPL3115A2 myPressure; //Create an instance of the pressure sensor
Weather myHumidity; //Create an instance of the humidity sensor

static DS1307 RTC;

//Hardware pin definitions
//-----
// digital I/O pins
const byte WSPEED = 3, RAIN = 2, STAT1 = 7, STAT2 = 8;
int pinCS = 4; //es el pin donde esta conectado el SD card

// analog I/O pins
const byte REFERENCE_3V3 = A3, LIGHT = A1, BATT = A2, WDIR = A0;

//-----

//Global Variables
//-----
long lastSecond, lastWindCheck = 0; //The millis counter to see when a second rolls by
byte seconds, seconds_2m, minutes, minutes_10m, windspdavg[120]; //When it hits 60, increase the current minute

//long lastWindCheck = 0;
volatile long lastWindIRQ = 0, windClicks = 0;
//volatile byte windClicks = 0;

//byte windspdavg[120]; //120 bytes to keep track of 2 minute average
int winddiravg[120]; //120 ints to keep track of 2 minute average
float windgust_10m[10]; //10 floats to keep track of 10 minute max
//int windgustdirection_10m[10]; //10 ints to keep track of 10 minute max
volatile float rainHour[60], dailyrainin = 0; //60 floating numbers to keep track of 60 minutes of rain

//These are all the weather values that wunderground expects:
float windspeedmph = 0, windspdavg_2m = 0, windgustmph = 0, windgustmph_10m = 0, humidity = 0, tempf = 0, rainin = 0, batt_lvl = 11.8, light_lvl = 455, pressure = 0;
// [mph instantaneous wind speed]

// volatiles are subject to modification by IRQs
volatile unsigned long raintime, rainlast, raininterval, rain;
//-----
```

```

//Interrupt routines (these are called by the hardware interrupts, not by the main code)
//-----
void rainIRQ()
// Count rain gauge bucket tips as they occur
// Activated by the magnet and reed switch in the rain gauge, attached to input D2
{
  raintime = millis(); // grab current time
  raininterval = raintime - rainlast; // calculate interval between this and last event

  if (raininterval > 10) // ignore switch-bounce glitches less than 10mS after initial edge
  {
    dailyrainin += 0.011; //Each dump is 0.011" of water
    rainHour[minutes] += 0.011; //Increase this minute's amount of rain

    rainlast = raintime; // set up for next event
  }
}

void wspeedIRQ()
// Activated by the magnet in the anemometer (2 ticks per rotation), attached to input D3
{
  if (millis() - lastWindIRQ > 10) // Ignore switch-bounce glitches less than 10ms (142MPH max reading) after the reed switch closes
  {
    lastWindIRQ = millis(); //Grab the current time
    windClicks++; //There is 1.492MPH for each click per second.
  }
}

void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  Serial.println("WS Example");

  //pinMode(STAT1, OUTPUT); //Status LED Blue
  //pinMode(STAT2, OUTPUT); //Status LED Green
  pinMode(WSPPEED, INPUT_PULLUP); // input from wind meters windspeed sensor
  pinMode(RAIN, INPUT_PULLUP); // input from wind meters rain gauge sensor
  pinMode(REFERENCE_3V3, INPUT);
  // pinMode(LIGHT, INPUT);

  RTC.begin();
  Serial.print("Clock Run: ");
  if (RTC.isRunning())
  {
    Serial.println("Yes");

    if (RTC.getHourMode() == CLOCK_H12)
    {
      switch (RTC.getMeridiem()) {
        case HOUR_AM:
          Serial.print(" AM");
          break;
        case HOUR_PM:
          Serial.print(" PM");
          break;
      }
    }
  }
}
//parte de micro sd card primero
pinMode(pinCS, OUTPUT);

//Configure the pressure sensor
myPressure.begin(); // Get sensor online
myPressure.setModeBarometer(); // Measure pressure in Pascals from 20 to 110 kPa
myPressure.setOversampleRate(7); // Set Oversample to the recommended 128
myPressure.enableEventFlags(); // Enable all three pressure and temp event flags

//Configure the humidity sensor
myHumidity.begin();

seconds = 0;
lastSecond = millis();

// attach external interrupt pins to IRQ functions
attachInterrupt(0, rainIRQ, FALLING);
attachInterrupt(1, wspeedIRQ, FALLING);

// turn on interrupts
interrupts();

```

```

Serial.println("Weather Shield online!");
}

void loop()
{
  //Keep track of which minute it is
  if (millis() - lastSecond >= 1000)
  {
    //digitalWrite(STAT1, HIGH); //Blink stat LED
    lastSecond += 1000;
    //Take a speed and direction reading every second for 2 minute average
    if (++seconds_2m > 119) seconds_2m = 0;
    //Calc the wind speed and direction every second for 120 second to get 2 minute average
    float currentSpeed = get_wind_speed();
    windspeedmph = currentSpeed; //update global variable for windspeed when using the printWeather() function
    //Check to see if this is a gust for the minute
    if (currentSpeed > windgust_10m[minutes_10m])
    {
      windgust_10m[minutes_10m] = currentSpeed;
    }
  }

  //Check to see if this is a gust for the day
  if (currentSpeed > windgustmph)
  {
    windgustmph = currentSpeed;
  }

  if (++seconds > 59)
  {
    seconds = 0;

    if (++minutes > 59) minutes = 0;
    if (++minutes_10m > 9) minutes_10m = 0;

    rainHour[minutes] = 0; //Zero out this minute's rainfall amount
    windgust_10m[minutes_10m] = 0; //Zero out this minute's gust
  }

  printWeather();
  delay(60000);
}

}

//smartdelay(800); //Wait 1 second, and gather GPS data

//Calculates each of the variables that wunderground is expecting
void calcWeather()
{
  //Calc windspeedmph_avg2m
  float temp = 0;
  for (int i = 0 ; i < 120 ; i++)
    temp += windspeedavg[i];
  temp /= 120.0;
  windspeedmph_avg2m = temp;

  //Calc winddir_avg2m
  temp = 0; //Can't use winddir_avg2m because it's an int
  for (int i = 0 ; i < 120 ; i++)
    temp += winddiravg[i];
  temp /= 120;

  //Calc windgustmph_10m
  //Calc windgustdir_10m
  //Find the largest windgust in the last 10 minutes
  windgustmph_10m = 0;

  //Step through the 10 minutes
  for (int i = 0; i < 10 ; i++)
  {
    if (windgust_10m[i] > windgustmph_10m)
    {
      windgustmph_10m = windgust_10m[i];
    }
  }
}

//Calc humidity
humidity = myHumidity.getRH();
//float temp_h = myHumidity.readTemperature();
//Serial.print(" TempH:");
//Serial.print(temp_h, 2);

```

```

//Calc tempf from pressure sensor
tempf = myPressure.readTemp();
//Serial.print(" TempP:");
//Serial.print(tempf, 2);

//Total rainfall for the day is calculated within the interrupt
//Calculate amount of rainfall for the last 60 minutes
rainin = 0;
for (int i = 0 ; i < 60 ; i++)
    rainin += rainHour[i];

//Calc pressure
pressure = myPressure.readPressure();

//Calc dewptf

//Calc light level
light_lvl = get_light_level();

//Calc battery level
batt_lvl = get_battery_level();
}

//Returns the voltage of the light sensor based on the 3.3V rail
//This allows us to ignore what VCC might be (an Arduino plugged into USB has VCC of 4.5 to 5.2V)
float get_light_level()
{
    float operatingVoltage = analogRead(REFERENCE_3V3);

    float lightSensor = analogRead(LIGHT);

    operatingVoltage = 3.3 / operatingVoltage; //The reference voltage is 3.3V

    lightSensor = operatingVoltage * lightSensor;

    return (lightSensor);
}

//Returns the voltage of the raw pin based on the 3.3V rail
//This allows us to ignore what VCC might be (an Arduino plugged into USB has VCC of 4.5 to 5.2V)
//Battery level is connected to the RAW pin on Arduino and is fed through two 5% resistors:
//3.9K on the high side (R1), and 1K on the low side (R2)
float get_battery_level()
{
    float operatingVoltage = analogRead(REFERENCE_3V3);

    float rawVoltage = analogRead(BATT);

    operatingVoltage = 3.30 / operatingVoltage; //The reference voltage is 3.3V

    rawVoltage = operatingVoltage * rawVoltage; //Convert the 0 to 1023 int to actual voltage on BATT pin

    rawVoltage *= 4.90; //(3.9k+1k)/1k - multiple BATT voltage by the voltage divider to get actual system voltage

    return (rawVoltage);
}

//Returns the instataneous wind speed
float get_wind_speed()
{
    float deltaTime = millis() - lastWindCheck; //750ms

    deltaTime /= 1000.0; //Covert to seconds

    float windSpeed = (float)windClicks / deltaTime; //3 / 0.750s = 4

    windClicks = 0; //Reset and start watching for new wind
    lastWindCheck = millis();

    windSpeed *= 1.492; //4 * 1.492 = 5.968MPH

    return (windSpeed);
}

```

```

void printWeather()
{
float tempf = myPressure.readTemp();
Serial.print(tempf, 2);
Serial.print(F(" "));
float humidity = myHumidity.getRH();
Serial.print(humidity);
Serial.print(F("% "));
Serial.print(windspeedmph, 1);
Serial.print(F(" "));
float pressure = myPressure.readPressure();
Serial.print(pressure);
Serial.print(F(" "));
Serial.print(rainin, 2);
Serial.print(F(" ,"));
Serial.print(dailyrainin, 2);
Serial.print(F(" "));
Serial.print(RTC.getDay());
Serial.print(F("/"));
Serial.print(RTC.getMonth());
Serial.print(F(" "));
Serial.print(RTC.getHours());
Serial.print(F(":"));
Serial.print(RTC.getMinutes());
Serial.print(F(":"));
Serial.print(RTC.getSeconds());
Serial.print(F(""));
Serial.println();

//calcWeather(); //Go calc all the various sensors
}

```