

# EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO TÉRMICO DE ESCUDOS DE RADIACIÓN DE BAJO COSTO PARA SENSORES DE TEMPERATURA, HUMEDAD, PRESIÓN Y PARTICULADO ATMOSFÉRICO

Carlos A. López<sup>1</sup>, Diego Araneo<sup>1,2</sup>, Gabriela Lenzano<sup>1</sup>  
[clopez@mendoza-conicet.gob.ar](mailto:clopez@mendoza-conicet.gob.ar)

<sup>1</sup>IANIGLA – CONICET Mendoza

<sup>2</sup>FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES – UNCuyo

**Palabras clave:** Estación meteorológica, bajo costo, calibración de porta sensores

## 1) INTRODUCCIÓN

El presente estudio provee una evaluación comparativa a partir del diseño de tres prototipos de abrigo para sensores meteorológicos. Se empleó el mismo sensor de temperatura en todas las configuraciones. Para estimar la precisión en la lectura de cada prototipo, a fin de establecer cuáles diseños resultan más adecuados para sistemas de bajo costo, las mediciones fueron contrastadas en una estación meteorológica patrón, dependiente del Servicio Meteorológico Nacional Argentino.

## 2) METODOLOGIA

Los prototipos fueron diseñados en FreeCAD y fabricados mediante impresión 3D. Dicha impresión se realizó con una impresora ANET A6 v1.7 y el material utilizado fue Ácido Poliláctico (PLA) de alta densidad. Cada abrigo fue recubierto con una capa de pintura blanca, para evitar la biodegradación del material, así como el paso de rayos solares por translucidez con protección UV. De esta manera se minimizó la absorción de radiación solar y los daños en el material. La programación para la integración de los sensores, fue realizada en el entorno Arduino IDE, software de acceso público y libre. A continuación, se describen las principales características de cada uno:

- *Prototipo A:* Consiste en un abrigo meteorológico miniaturizado de 160mm x 60mm x 75mm, dividido en tres cámaras independientes (Fig. 1a). Las cámaras que almacenan los sensores están provistas de perforaciones rectangulares en las paredes y el suelo, con barras de protección a 45°, exteriores e interiores. Con esta configuración se pretende que el aire circule libremente, proporcionando protección contra precipitaciones y radiación directa y difusa. La cámara central es cerrada, almacenando toda la electrónica de conversión de voltaje, cargador, batería, microcontrolador, RTC y lecto/grabador de microSD. A la misma se puede acceder exteriormente, sin abrir la tapa principal, evitando la pérdida de estanqueidad cada vez que se quieren obtener datos. En la cámara izquierda, se aloja el sensor de polvo con una configuración similar a la primera cámara, sólo que la base no posee ningún tipo de protección exterior ni interior.
- *Prototipo B:* Mantiene la misma estructura central e izquierda, para la parte electrónica y sensor de polvo que el A. Los sensores de temperatura se encuentran separados, ubicados satelitalmente (Fig. 1b). La estructura es cilíndrica, con 5 placas de 70mm de diámetro, tipo "hongo". Esta configuración está basada en modelos como los de Young et al., 2014 y Djuni & Agung, 2020.
- *Prototipo C:* Similar al B, pero con un abrigo satélite de geometría rectangular, con 7 placas de 150mm x 100mm, optimizando la ventilación pasiva (Fig. 1c). Dicha

geometría se basó en los diseños de diferentes estaciones meteorológicas del mercado, como DAVIS (<https://www.estacionesdavis.es/>) y HOBO (<https://hobo.com/>).

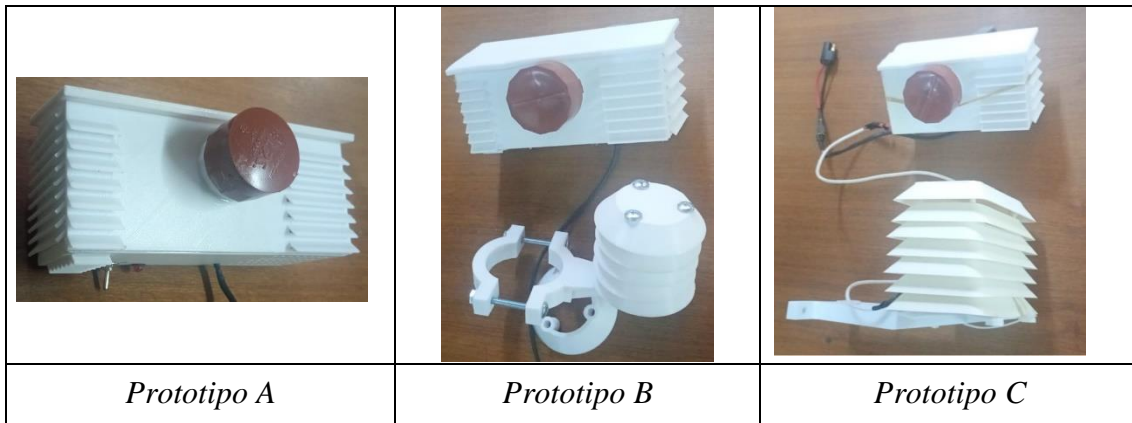


Figura 1. Fotos de los tres prototipos analizados.

## 2.1) Validación de prototipos

Los prototipos fueron ubicados en el predio de la estación Mendoza Observatorio del Servicio Meteorológico Nacional (SMN), a fin de comparar los datos obtenidos con los registrados de forma oficial. Para la colocación se siguieron los procedimientos recomendados por el SMN, especialmente en lo que se refiere a altura y orientación de los sensores (["https://www.argentina.gov.ar/smn"](https://www.argentina.gov.ar/smn)). Las pruebas realizadas fueron llevadas a cabo durante 7 días, y las variables meteorológicas fueron tomadas cada 10 minutos. Para simular el retardo térmico del termómetro convencional de la estación patrón (de bulbo de mercurio), se decidió programar la obtención del dato final como el promedio de los valores tomados cada 5 segundos, durante 2 minutos antes y 2 minutos después de la hora programada.

## 3) RESULTADOS

- *Prototipo A*: El error cuadrático medio (ECM) fue de  $4,92^{\circ}\text{C}$  en horario diurno, reduciéndose a  $0,64^{\circ}\text{C}$  durante la noche. Las mayores desviaciones se dieron cuando el sol incidía directamente en la estación (Fig 2). Esto se atribuye a la radiación solar directa sobre el abrigo, sumado a la ventilación deficitaria, acumulándose calor en exceso en la estructura. Esta diferencia disminuyó significativamente cuando la nubosidad era baja y de 4 octas o más.

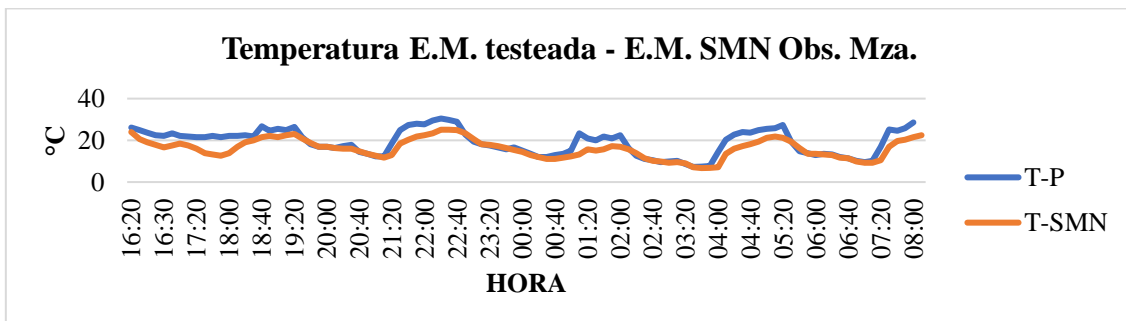


Figura 2. Comparación temporal entre el prototipo A (T-P) y la estación patrón (T-SMN).

- *Prototipo B*: Con este modelo se eliminó el pico matutino que se apreciaba en el prototipo A y se redujo el ECM a  $2,97^{\circ}\text{C}$  en el día (Fig. 3). El efecto de la nubosidad tuvo el mismo efecto en este prototipo. Durante la noche, el ECM se mantuvo en  $0,69^{\circ}\text{C}$ .

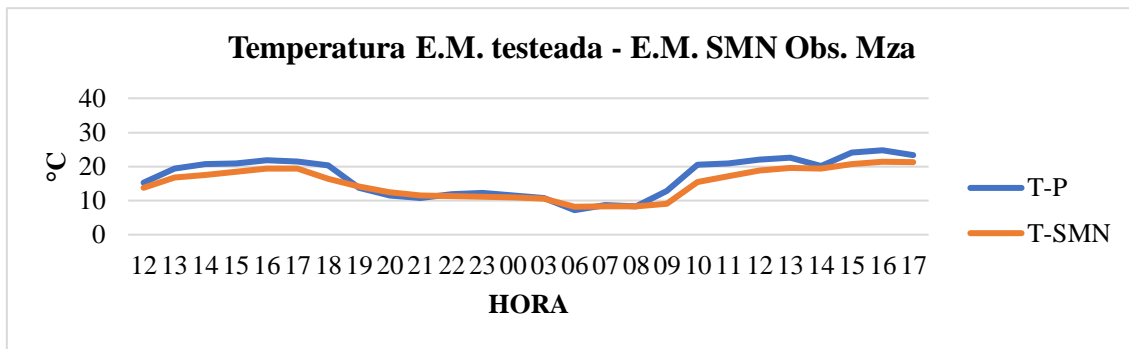


Figura 3. Comparación temporal entre el prototipo B (T-P) y la estación patrón (T-SMN).

- *Prototipo C*: Mostró el mejor desempeño, con un ECM de 1,82°C en el día y de 0,43°C en la noche (Fig. 4). El mayor volumen del abrigo satélite y su ventilación pasiva mejorada, contribuyeron a estabilizar la temperatura.

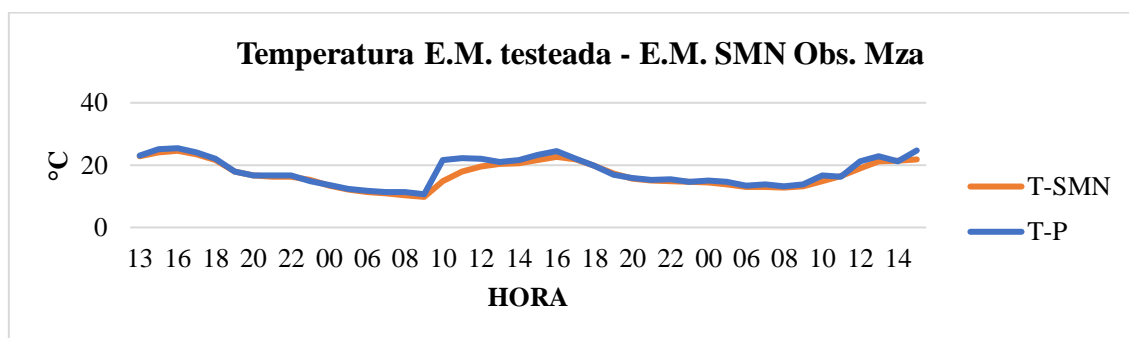


Figura 4. Comparación temporal entre el prototipo C (T-P) y la estación patrón (T-SMN).

#### 4) CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos a partir del análisis de los registros experimentales permiten concluir, que el diseño estructural y funcional del abrigo meteorológico ejerce una influencia determinante sobre la exactitud de las mediciones realizadas por el sensor de temperatura. En particular, se evidencia que variables tales como la geometría del abrigo, la elección de materiales, el grado de ventilación pasiva y la protección frente a la radiación solar directa afectan de manera directa la capacidad del sensor para reflejar con fidelidad la temperatura ambiente real, sin verse afectado por variaciones térmicas inducidos por el entorno inmediato. Esta conclusión subraya la importancia crítica de una adecuada ingeniería del abrigo meteorológico, no debiendo ser considerado como un componente meramente accesorio, sino como un elemento integral del sistema de medición, cuyo diseño debe basarse en principios de transferencia de calor, dinámica de fluidos y exposición radiativa, adaptados al entorno específico de implementación.

#### 5) REFERENCIAS

- Young, D. T., Chapman, L., Muller, C. L., Cai, X., & Grimmond, C. S. B. (2014). A Low-Cost Wireless Temperature Sensor: Evaluation for Use in Environmental Monitoring Applications. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, 31(4), 938–944. <https://doi.org/10.1175/JTECH-D-13-00217.1>
- Djuni, D., & Agung, I. G. A. P. R. (2020). *Design and Implementation of Arduino-Based Weather Monitoring System in Rural*. 3(2), 58. <https://doi.org/10.24843/JEEI.2019.V03.I02.P06>