

# Construcción de termohigrómetro prototipo con base datalogger en placa Arduino para interior de edificaciones

Construction of prototype thermo-hygrometer with data logger base on Arduino board for interior of buildings

Recibido: junio 24 de 2017 | Revisado: octubre 12 de 2017 | Aceptado: noviembre 18 de 2017

GROVER MARÍN MAMANI<sup>1</sup>  
RUSSEL A. LOZADA VILCA<sup>1</sup>  
CARLOS A. HUAMÁN CARREON<sup>2</sup>  
RAMIRO A. BOLAÑOS CALDERÓN<sup>2</sup>

## RESUMEN

Se construyó un termohigrómetro prototipo con base datalogger en placa Arduino para medir la temperatura y humedad al interior de edificaciones. Este prototipo consta de un microprocesador Arduino Mega 2560 de 256K memoria, 16MHZ de frecuencia, sensor DHT 22 con precisión:  $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$  y  $\pm 1^{\circ}\text{C}$  y 10s de respuesta para temperatura, así como  $\pm 2\%$  de humedad relativa de precisión con 5s de respuesta para humedad relativa. Finalmente, se adicionó un módulo lector SD con 32GB de memoria para el registro datalogger. Se registró la temperatura y humedad cada 10 minutos durante 24 horas y observó diferencias, estadísticamente, significativas ( $p > 0,05$ ) para la humedad. No obstante, a pesar de las diferencias no esperadas de la variable humedad en la que se requiere seguir procedimientos metodológicos para su optimización, es posible gracias a la construcción de este termohigrómetro prototipo registrar valores similares para la temperatura de los diseños validados en el ámbito comercial. Nuestro prototipo obtenido tiene un menor costo mostrándose viable para realizar estudios sobre medición de la temperatura interior en construcciones.

**Palabras clave:** termohigrómetro, datalogger, DHT 22, Arduino mega 2560

## ABSTRACT

A prototype thermohygrometer was built with data logger base on an Arduino board to measure temperature and humidity inside buildings, which consisted of an Arduino Mega 2560 256K memory microprocessor, 16MHZ frequency, DHT 22 sensor with precision:  $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ ,  $\pm 1^{\circ}\text{C}$  and 10s of response for temperature, as well as  $\pm 2\%$  of relative humidity of precision with 5s of response for relative humidity. Finally, an SD reader module with 32GB of memory for the data logger registry was added. The temperature and humidity

<sup>1</sup> Universidad Nacional de Juliaca - Puno, Perú  
gmarin@unaj.edu.pe  
r.lozada@unaj.edu.pe

<sup>2</sup> Universidad Andina Néstor Cáceres Vélasquez - Puno, Perú  
arq\_huamancarreon@yahoo.es  
arq\_rbc@hotmail.com

were measured every 10 minutes for 24 hours where the functionality of the thermo-hygrometer was checked; however, statistically significant differences were obtained ( $p > 0.05$ ) for humidity. However, in spite of the unexpected differences with the humidity variable which it is necessary to follow methodological procedures for its optimization, was possible to build a prototype thermo-hygrometer that registered similar values for the temperature to designs validated in the commercial thermo-hygrometer market. The built prototype thermo-hygrometer was feasible and with a lower cost, which means it can be used in studies on indoor temperature measurement in buildings.

**Keywords:** thermo-hygrometer, data logger, DHT 22, Arduino mega 2560

## Introducción

La medición de temperatura y humedad constituyen variables fundamentales en los procesos de diseño bioclimático, donde los instrumentos de monitoreo que se usan, por lo general, son de tipo analógico, (Fisher & Kebede, 2010; Vilar *et al.*, 2015). A pesar del avance y desarrollo en la electrónica, existe una limitación en el mercado de instrumentos y sensores que almacena los datos; aunque sus costos son elevados, y esto es uno de los retos actuales en los cuales radica la fabricación con bajo costo de inversión sin desviar la precisión y exactitud en las mediciones (Azúa, Vázquez & Hernández, 2017).

Dentro de la implementación de sistemas de adquisición de datos, la plataforma Arduino posibilita la disminución de los costos (Fernández *et al.*, 2013) y en que cualquier medición con esta plataforma puede ser realizada en condiciones *in situ*. Además, la respuesta siempre será obtenida en tiempo real (Schmale,

Fehrenbacher, Shrivastava & Pfefferkorn, 2016). Por tanto, la plataforma Arduino resulta adecuada para llevar a cabo la adquisición y manejo de las señales provenientes de los sensores DHT (Férrandez *et al.*, 2013; Chase *et al.*, 2012).

El sensor de tipo DHT 22 es preciso e ideal, con su integración con la plataforma Arduino (Jordão *et al.*, 2017). Tanto el Arduino como sus componentes soportan condiciones ambientales extremas frente a la humedad y temperatura ( $>70^{\circ}\text{C}$ ). Asimismo, un software y hardware de código abierto permiten al usuario tener una interfaz a plena disposición (Papantoniou & Kolokotsa, 2016). En procesos complejos, los controladores de las microcomputadoras Arduino reemplazan a otros sistemas complejos de alto costo como es el *Building Energy Management Systems* (por sus siglas en inglés: BENS). El propósito de la investigación fue construir un termohigrómetro prototipo sobre base datalogger en placa Arduino para medir temperaturas y humedad en interiores de edificaciones.

## Materiales y métodos

Se desarrolló un dispositivo basado en la plataforma Arduino Mega 2560, al que se integró a los sensores de temperatura y humedad relativa. Asimismo, fueron incorporados un módulo reloj DS1307 RTC, un lector de tarjetas micro SD Arduino (data logger) y una memoria SD de 4GB para la reserva de datos. Se utilizaron una pantalla LCD serial, placa electrónica y cables conectores, además, de algunos componentes de fuente para la alimentación del sistema. Se consideró una placa micro-controlador AT mega 2560 (voltaje de operación de 5 volts), regulador de voltaje integrado (alimentación externa con fuente de 7-12 volts y consumo de corriente de 40 mA), capacidad de memoria de 256 K para alojar el programa que se ejecutó y frecuencia de reloj de 16 MHz. Tales condiciones

de trabajo son recomendadas por Azúa *et al.*, (2017).

Se estimó la utilización de un sensor DHT 22 que ofrece mayor precisión (Kasaei *et al.*, 2011; Scarpa *et al.*, 2017). El módulo lector micro SD Arduino tiene la principal función de valer como interface entre la placa Arduino y la memoria SD. El consumo de memoria es bajo y puede almacenarse por más de un año un gran censo de datos para una minoría de 4GB (Torrente, 2013; Vázquez, *et al.*, 2014).

## Resultados y discusión

En la Figura 1, se muestran las conexiones de los módulos: (a) Arduino Mega 2560, (b) sensor DHT 22, (c) lector micro SD Arduino, (d) reloj DS1307 RTC y (e) display LCD HD44780 y en la Figura 2, el prototipo de termohigrómetro con datalogger.

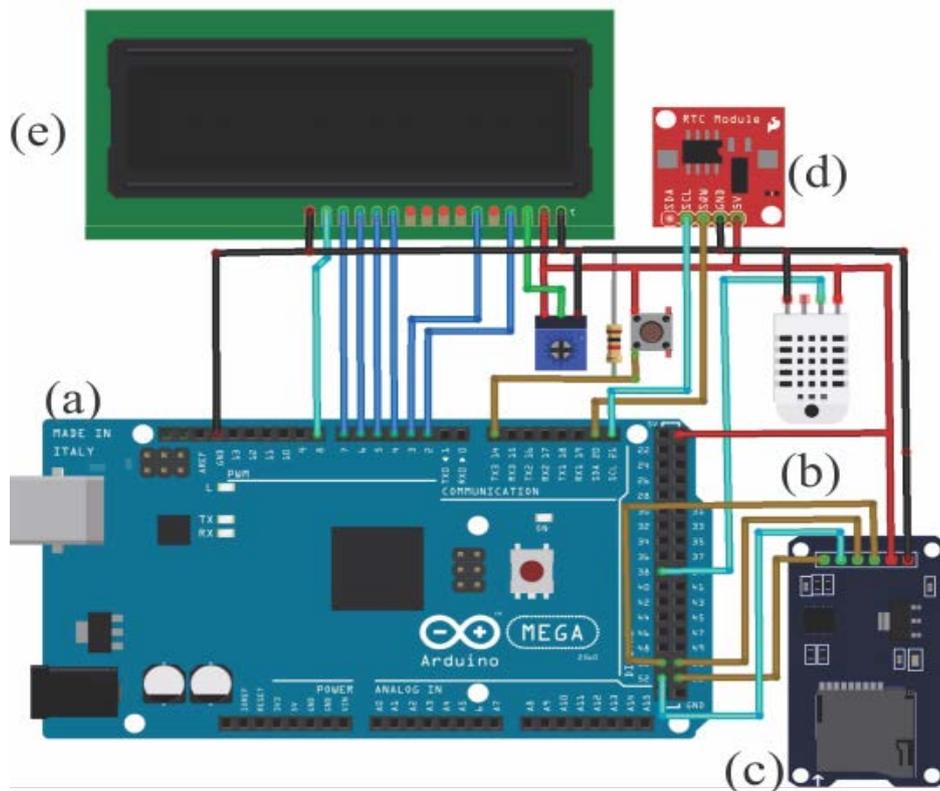


Figura 1. Prototipo de termohigrómetro

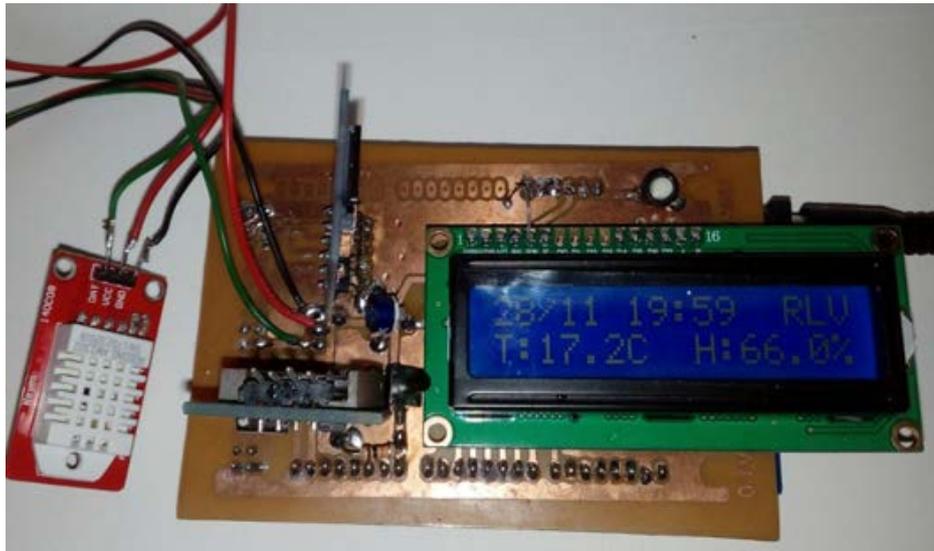


Figura 2. Prototipo termohigrómetro con datalogger

Se tomaron datos de temperatura y humedad durante 24 horas con intervalos de 10 minutos, los que fueron almacenados en una tarjeta micro SD de Arduino en formato txt.

La Tabla 1 muestra los valores registrados tanto de control y de experimento

para la temperatura y humedad del termohigrómetro. El valor experimental se registró en la estación de monitoreo, estacionario, automático 472CF72C, ubicada en la ciudad de Juliaca, Puno que tiene como georreferencia: 15°28'15,8'' de latitud sur y 70°10'16,4'' longitud este y altura de 3826 m.s.n.m.

Tabla 1

*Valores de temperatura y humedad (grupo control y experimental)*

<b>Parámetro</b>	<b>control*</b>	<b>experimental</b>
Temperatura (°C)	8.63	8.70
Humedad (%)	79.58	93.49

Fuente. Datos certificados por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú: SENAMI

La Tabla 2 muestra el resumen estadístico para la temperatura y la humedad.

Tabla 2

*Resumen estadístico / temperatura y humedad obtenido del termohigrómetro*

<b>Temperatura</b>		
Estadígrafos	Experimental	Control
Promedio	8.63	8.7
Desviación estándar	0.01	0.1
Coefficiente de variación	0.12%	1.15%
Mínimo	8.62	8.6
Máximo	8.64	8.8
Rango	0.02	0.2
Sesgo estandarizado	0.0	0.0

<b>Humedad</b>		
Estadígrafos	Experimental	Control
Promedio	79.58	93.49
Desviación estándar	0.01	0.01
Coefficiente de variación	0.01%	0.01%
Mínimo	79.57	93.48
Máximo	79.59	93.5
Rango	0.02	0.02
Sesgo estandarizado	0.0	-4.52194E-12

El valor del sesgo estandarizado se encontró dentro del rango esperado en los datos, lo que corresponde a una distribución normal, tal como se demuestra a continuación:

• **Comparación de medias / temperatura**

- Intervalos de confianza del 95% para la media de temperatura experimental: 8,7 +/- 0,3 [8,5; 8,9]
- Intervalos de confianza del 95% para la media de temperatura control: 8,63 +/- 0,02 [8,6; 8,7]

- Intervalos de confianza del 95% intervalo de confianza para la diferencia de medias
- Suponiendo varianzas iguales: 0,07 +/- 0,16 [-0,09; 0,23]

• **Prueba t para comparar medias / temperatura**

- Hipótesis nula: media1 = media2
- Hipótesis Alt.: media1 <> media2
- Suponiendo varianzas iguales: t = 1.2 valor-P = 0.3

Puesto que el intervalo contiene el valor de 0, no hay diferencia significativa entre las medias de la temperatura control y experimental de dos muestras de datos con un nivel de confianza del 95%.

• **Comparación de medias / humedad**

- Intervalos de confianza del 95% para la media de temperatura experimental: 79,58 +/- 0,03 [79,56; 79,61]
- Intervalos de confianza del 95% para la media de temperatura control: 93,49 +/- 0,03 [93,46; 93,51]
- Intervalos de confianza del 95% intervalo de confianza para la diferencia de medias
- Suponiendo varianzas iguales: -13,91 +/- 0,02 [-13,93; -13,89]

• **Prueba t para comparar medias / humedad**

- Hipótesis nula: media1 = media2
- Hipótesis Alt.: media1 <> media2
- Suponiendo varianzas iguales:  
t = -1703,62 valor-P = 0,0

Puesto que el intervalo no contiene el valor 0, existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de la humedad control y experimental con un nivel de confianza del 95%.

La Tabla 3 muestra una comparación entre costos de termohigrómetros comerciales y el termohigrómetro prototipo construido aquí (S. / y \$ USD). La diferencia menor es de S./ 116.20 soles o \$ 60.54 USD y corresponde con el termohigrómetro Datalogger T° y H Unit-t USB.

Tabla 3

*Comparación entre costos de termohigrómetro comerciales y el termohigrómetro prototipo*

<b>Prototipo</b>	<b>Precio S/</b>	<b>Precio \$USD</b>
Arduino Mega 2560	50,00	15,40
Sensor DHT 22	30,00	9,25
Reloj RTC DS1307	10,00	3,08
LCD HD44780 16*2	10,00	3,08
Accesorios	20,00	6,17
Total	130,00	40,12
<b>Comerciales</b>		
Datalogger T° y H Unit-t USB	246,20	75,94
Termo higrómetro Et-175	424,75	131,00
Termo higrómetro Extech Rht20	462,35	142,60
Datalogger Cem Dt 172	505,35	155,86

Se explica que los sistemas de almacenamiento de datos a través de la plata-

forma Arduino pueden ser construidos a costos factibles y los dispositivos acceso-

rios se hallan disponibles en el mercado electrónico con los que se obtienen datos fechados y ordenados en columnas en formato txt. Adicionalmente, la versatilidad y confiabilidad de la plataforma Arduino posibilita las reprogramaciones *in situ*, corregir errores de programación de forma rápida en periodos largos de monitoreo evitando así, se evita la pérdida de datos en las interrupciones del suministro de la red.

Finalmente, el termohigrómetro prototipo construido en este trabajo es adaptable a una batería recargable de 9 volts con panel solar (12 volts como fuente de alimentación secundaria).

## Conclusiones

A pesar de la diferencia no esperada, en la variable humedad, donde se requiere seguir procedimientos para su optimización, fue posible la construcción de un termohigrómetro prototipo que registró valores similares para la temperatura en comparación con los termohigrómetros comerciales.

La construcción del termohigrómetro prototipo fue factible y a menor costo, lo que implica su empleo en estudios de medición sobre la temperatura interior en construcciones como principal finalidad.

## Referencias

- Azúa-Barrón, M., Vázquez-Peña, M. A., & Hernández-Saucedo, R.A.R. (2017). Sistema de adquisición de datos de bajo costo con la plataforma arduino. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 8, 1–12.
- Chase, A. O., Sampaio, M. H. K., Almeida, J. F. & Brito, de S. J. R. (2012). Data acquisition system: an approach to the amazonian environment. *Latin America Transactions, IEEE*, 10(2), 1616-1621.
- Fernández Sánchez, S., Osorio Hernández, E., Alvarez Sánchez, E., & Velázquez López, R. (2013). Control de Temperatura de un Invernadero a Escala mediante Programación en Arduino. *Congreso Nacional de Control Automático*, Baja California, México.
- Fisher, D. K. & Kebede, H. 2010. A low-cost microcontroller-based system to monitor crop temperature and water status. *Computers and electronics in agricultura*, 74, 168-173.
- Jordão, M. D. L., Paiva, K. De, Firmo, H. T., Inácio, C. T., Filho, O. C. R., & Lima, T. D. A. (2017). Low-cost automatic station for compost temperature monitoring. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola E Ambiental*, 21(11), 809–813.
- Kasaei, S. H., Kasaei, S. M. & Kasaei, S. A. (2011). Design and development a control and monitoring system for greenhouse conditions based-on multi agent system. *Broad Res. Art. Intel. Neur. (BRAIN)*, 2(4), 28-35.

- Papantoniou, S., & Kolokotsa, D.-D. (2016). Prediction of outdoor air temperature using neural networks: Application in 4 European cities. *Energy and Buildings*, 114, 72–79. doi:<https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2015.06.054>
- Scarpa, M., Ravagnin, R., Schibuola, L., & Tambani, C. (2017). Development and testing of a platform aimed at pervasive monitoring of indoor environment and building energy. *Energy Procedia*, 126, 282–288. doi: <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.08.155>
- Schmale, J., Fehrenbacher, A., Shrivastava, A., & Pfefferkorn, F. E. (2016). Calibration of dynamic tool-workpiece interface temperature measurement during friction stir welding. *Measurement: Journal of the International Measurement Confederation*, 88, 331–342. doi: <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2016.02.065>
- Torrente, A. O. (2013). *Arduino. Curso práctico de formación*. Madrid, España: Alfaomega.
- Vázquez, R., Robledo, A., Toledo, P., Mason, L., Mariguetti, J. & Canali, L. (2014). Desarrollo de un procedimiento para construir un datalogger de bajo presupuesto utilizando un dispositivo genérico. II Jornada de Investigación en Ingeniería del NEA y países limítrofes, Argentina.
- Vilar, A. B., de Jesus, V. L. B., de Matos, R. G., Marques, L. C. O., Zuim, F. A., Souza, J. M. de, & Salgado, R. P. (2015). Medição de temperatura: O saber comum ignorado nas aulas experimentais. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 37(2), 2507-1-2507–5. doi: <https://doi.org/10.1590/S1806-11173721770>