



DISEÑO DE UNA ESTACIÓN DE TEMPERATURA CORPORAL PARA COVID19

Jorge Armando Sánchez Nava

*Universidad Autónoma Metropolitana
2173072843@correo.ler.uam.mx*

Miguel Hernández Bolaños

*Instituto Politécnico Nacional-CIDETEC
mbolanos@ipn.mx*

Luis Alberto Tovar Ortiz

*Instituto Politécnico Nacional-CIDETEC
luistovar53@gmail.com*

Jacobo Sandoval Gutiérrez

*Universidad Autónoma Metropolitana
j.sandoval@correo.ler.uam.mx*

Abstract

The measurement of body temperature in people entering a public space is one of the prevention measures implemented for the COVID19 pandemic since 2020. To this end, a design consisting of a station with automatic sensing and recording of body temperature using an AMG8833 sensor and the Internet of Things is proposed in the present research.

Palabras clave: COVID19, Termómetro, Internet de las cosas, Sistema embebido, Temperatura corporal, Calibración, Técnicas de medición.

Para evitar el COVID19 en los espacios públicos, se implementó en los establecimientos un filtro sanitario. Una de las acciones es tomar la temperatura corporal a través de un termómetro, comprobando que la exactitud y la calibración sean las

determinadas por el fabricante con base en los Lineamientos del Gobierno de Ciudad de México (2020). La técnica manual o automática utilizada para realizar la medición de temperatura corporal implica desventajas. En la primera técnica manual, el personal del

filtro utiliza un termómetro tipo pistola para hacer la medición al usuario a una distancia menor a 1.5 m, es decir menor a la sana distancia (Sana Distancia y medidas generales de higiene, IMSS 2021). En la segunda técnica automática, al dejar al usuario la tarea de medirse por sí mismo, no se puede corroborar que la persona se encuentra a la distancia o posición correcta. En ambos casos, tampoco se cuenta con un registro que permita realizar un registro histórico de las mediciones. Por lo tanto, al no existir los suficientes elementos que puedan verificar el cumplimiento de la normatividad con respecto a la detección de síntomas COVID19 se ponen en riesgo a las personas en los espacios públicos. En la figura 1, a la izquierda podemos observar el uso de la técnica manual y a la derecha la forma automática. La termografía infrarroja es un sistema rápido, sin contacto y no invasivo para el monitoreo de la temperatura corporal de acuerdo con Pretz (2020) y Lahiri (2012). Por ello, algunas investigaciones han propuesto optimizar las técnicas de medición de temperatura.



a) Técnica manual. b) Automática.

Figura 1. Técnicas para la medición de temperatura en espacios públicos.

Como lo indica Fletcher et Al. (2018), se evaluaron las especificaciones técnicas dadas por los fabricantes; en la tabla 1 se muestran estos rangos de operación y precios de al menos 2 termómetros.

Tabla 1. Características de termómetros y sus precios

Característica	Precio USD \$28	Precio USD \$85
Rango °C	22-44	36-39
Resolución °C	0.1	0.1
Precisión °C	±0.3	±0.2
Distancia cm	≤3	≤3

Una medición de temperatura corporal dada por $T > 37^{\circ}\text{C}$ se considera como un parámetro de alerta de acuerdo con los estudios clínicos de COVID19 (Qiu et al. 2020). Por otro lado, de acuerdo con Wright y MacKowiak (2019), donde se muestra la importancia de considerar los factores ambientales para determinar los umbrales de la fiebre asociada a los termómetros infrarrojos. Asimismo, en Costanzo (2020), se desarrolló una plataforma de monitoreo de temperatura sin contacto, utilizando un sistema infrarrojo y un sensor de humedad capacitivo para mejorar el desempeño. En Baskaran (2020), se desarrolló un sistema preventivo de ambiente para COVID19 utilizando una computadora Raspberry Pi para sincronizarse a una hoja de datos en una red local.

Parte de las investigaciones mostradas abordan los diferentes aspectos de las mediciones de temperatura, sin embargo, no han considerado desarrollar una aplicación de salud con la tecnología del Internet de las Cosas (Bonilla et al. 2016). Con lo anterior, definimos áreas de oportunidad donde se podría aportar a la investigación de las estaciones de medición de temperatura sin contacto:

- Encontrar un sistema asequible para los establecimientos de poco aforo y masificar el uso para intercambiar la información.
- Utilizar una base de datos que permita concentrar el histórico de las

mediciones y su visualización en la web.

- Realizar un muestro con un mayor número de puntos y mejorar el umbral de detección.

Para cumplir el objetivo y realizar la validación del prototipo se planteó un diseño bajo el paradigma del Internet de las Cosas, un lugar de prueba real y una validación de funcionamiento.

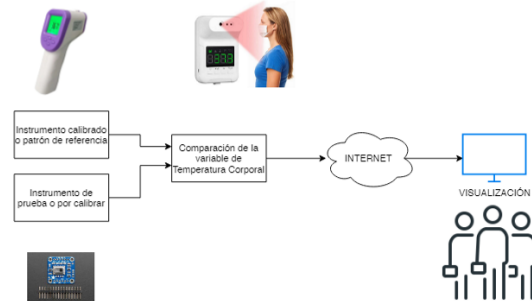


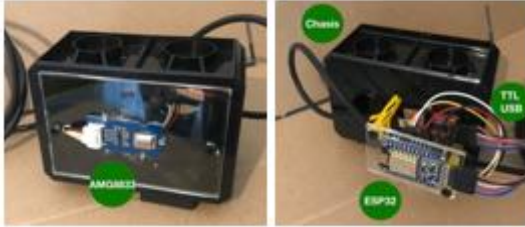
Figura 2. Metodología del proyecto de sensor de temperatura. Elaboración propia.

II. Metodología

La metodología se realizó mediante la elección de un sensor de temperatura de costo asequible, con un bajo consumo energético y longitud reducida en los datos. Se eligió un módulo de comunicación inalámbrico para enviar los datos al conectarse directamente a un punto de acceso WiFi. Se estableció un sistema de calibración para determinar una desviación estándar poblacional con base en la temperatura corporal del cuerpo humano. Se estableció un lugar público de pruebas sin controlar las variables ambientales. Se realizó un muestreo de mediciones entre el termómetro manual y el propuesto. Derivado de lo anterior, se comparó y corrigió la calibración para otras pruebas de validación. Se estableció una plataforma de visualización para el internet de las cosas. En la figura 2 podemos observar el diagrama de la metodología.

El sensor elegido fue el modelo AMG8833 (Adafruit Industries, 2018), considerando que las características son: un arreglo de 8 x 8 de sensores térmicos infrarrojos, un protocolo de comunicación I2C. Una dimensión compacta de 25 x 25 mm. Una distancia de lectura de hasta 7 m. El rango de lectura reportado para el AMG8833 es de 0 a 80 °C con una precisión de ± 2.5 °C. Lo anterior, implica que la temperatura corporal tiene un rango aproximado de 1 °C entonces deberíamos hacer una aproximación por software para reducir el rango y aumentar la resolución.

El sistema embebido utilizado para recibir los datos del sensor fue de la familia ESP32, modelo Adafruit HUZZAH32 Breakout. Para soportar y permitir el mantenimiento al lente de la estación de temperatura corporal, se realizó una carcasa compatible con las medidas de soportes para celulares, 80 x 110 x 50 mm. El sistema completo y ensamblado se muestra en la figura 3.



a) Sensor AMG8833. b) Tarjeta ESP32.
Figura 3. Vista frontal de la estación. Elaboración propia.

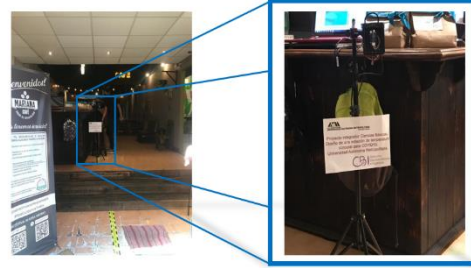


Figura 4. Ubicación de la estación en la cafetería como caso de estudio. Elaboración propia.

En la etapa de calibración se recurrió al uso de una interfaz con una laptop convencional con el Software MATLAB para capturar la matriz de datos y comparar los datos con el termómetro utilizado por el personal del lugar de prueba como con el termómetro de frente Microlife FR1DM1 (Microlife, 2021). Las características del sistema específica medir en la frente y arriba de la ceja a una distancia de 10 mm. La calibración da un rango de medición de 34 a 42.2 °C con una resolución de 0.1 °C en una temperatura ambiente de 16 a 40 °C. Una vez determinado los valores de ajuste se procedió a colocar la estación para su experimentación y análisis en una cafetería ubicada en la localidad: Tenancingo, Estado de México, donde se logró hablar con los responsables del lugar para que se diera el permiso de realizar y validar esta investigación en el período de la primera semana de febrero de 2021. En la parte del almacenamiento de los datos se configuró la nube para tener un canal público y acceso a los registros con el servicio ThingSpeak.

En el lugar de las pruebas fue necesario establecer la ubicación, orientación y respetar las medidas impuestas por la cafetería. En la figura 4 se observa la ubicación de la estación diseñada.

III. Pruebas y Resultados

En la etapa de calibración se obtuvo un código capaz de procesar y ajustar los datos, mediante las herramientas de MATLAB. Este programa permitió la sincronización de un arreglo de 8x8 elementos, 64 bytes a una tasa de 10 Hz. En la figura 5 se muestra una imagen de la ventana de trabajo de MATLAB y una visualización del mapa de calor.

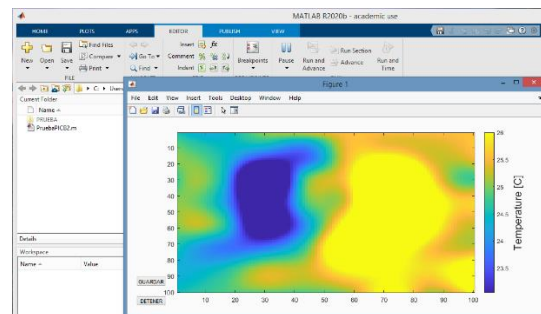


Figura 5. Ventana de MATLAB con el mapa de calor. Elaboración propia.

En esta etapa, se lograron registrar las lecturas del termómetro tipo pistola propio del establecimiento y comparar los resultados con los registros de la estación. En la prueba sólo se trabajó tres días tomando y anotando datos de mediciones de aproximadamente 8 horas por día, para así tener un número de pruebas considerables mayores a 10 personas. Desde esta prueba ya se utilizó el envío de

datos a la nube. La página en internet que se construyó es:

<https://thingspeak.com/channels/1266870>.

En la figura 6 se pueden observar los registros almacenados de manera automática.

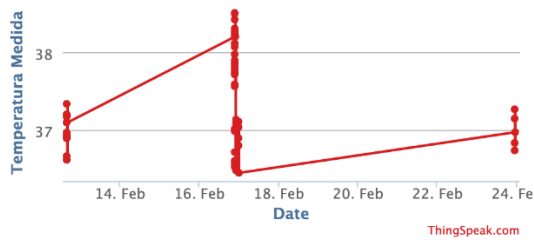
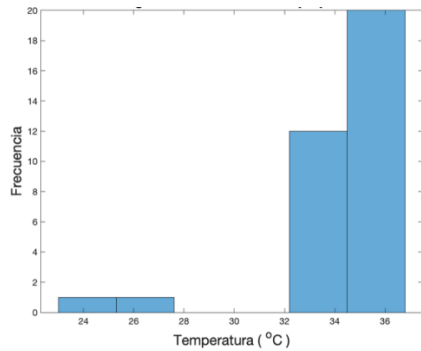
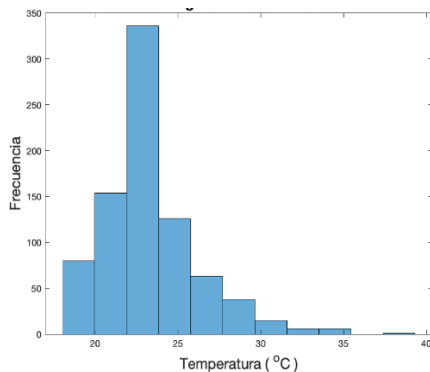


Figura 6. Valores de temperatura corporal obtenidos con la estación. *Elaboración propia.*

En la figura 7 se muestran los histogramas de los resultados de ambas mediciones.



a) Tipo pistola.



b) Estación propuesta sin corrección.

Figura 7. Histogramas de los termómetros. *Elaboración propia.*

El resultado de los valores fue similar con el tipo de función X^2 con 5 grados de libertad. Para ajustar la estación se aplicó una corrección mediante una función $y = mx + b$. Con los valores $m=10.569$ y $b=-361.49$.

Finalmente, se sustituyó el intermediario MATLAB y se empleó la ESP32 directamente. Una nueva comparación se hizo con el termómetro Microlife FR1DM1 logrando una incertidumbre absoluta de ± 0.44 °C. Un valor central de 36.43 °C y una desviación estándar de 0.01 °C. También, se encontró una muestra con un valor atípico de 37.9°C. En la figura 8 se muestran los resultados alcanzados al probar la nueva configuración en tiempo real. Los datos históricos se incluyeron en esta gráfica para mostrar la consistencia de la nueva calibración.

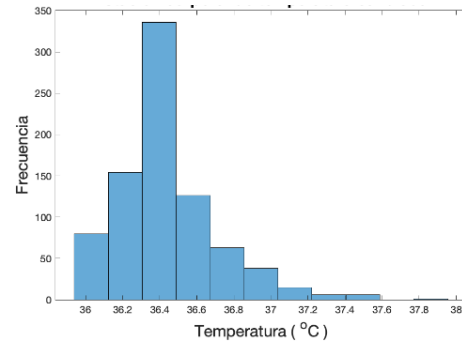


Figura 8. Resultados finales con la estación calibrada y en funcionamiento. *Elaboración propia.*

IV. Conclusiones

Las pruebas analizadas indican que el diseño de la estación fue exitosa, así mismo, las pruebas mostraron que se pueden almacenar los datos y enviar correctamente a internet. También se consiguió construir el prototipo con un presupuesto menor a USD \$50. Con respecto al termómetro que se utilizaba en el establecimiento, se encontró



una falta de mantenimiento, errores y situaciones que daban un resultado erróneo para la aplicación de la medición corporal. Considerando que la temperatura corporal normal va desde los 36.1 a 37.2 °C, se encontró una ecuación de ajuste capaz de implementarse en un sistema de recursos limitados de cómputo como es la tarjeta ESP32. El servicio de la nube *ThingSpeak* ofrece una cuenta útil para pruebas de concepto o prototipos sin realizar una inversión onerosa en comparación con otros tipos de nube similares. Aunque, la cuenta de servicio gratuito se limita a una tasa de intervalos de 15 s, estos no afectaron para el caso estudiado.

V. Referencias

- Adafruit Industries (agosto 2018). Adaptador de cámara termográfica infrarroja Adafruit AMG8833. URL: <https://www.adafruit.com/product/3538>.
- Bonilla-Fabela, Isaias., Tavizon-Salazar, Arturo., Morales-Escobar, Melisa., Guajardo-Muñoz, Luz Tania. & Laines-Alamina, Cristina Isabel., IOT, El internet de las cosas y la innovación de sus aplicaciones, VinculaTegica EFAN, 2016.
- Gobierno de Ciudad de México, Lineamientos de Medidas de Protección a la Salud que Deberán Cumplir los Establecimientos de Autoservicio para Reanudar Actividades Hacia un Regreso Seguro a la Nueva Normalidad en la Ciudad de México, Noviembre 2020. URL: https://medidassanitarias.covid19.cdmx.gob.mx/dHome/medidas_sanitarias/LINEAMIENTOSAUTOSERVICIOS.pdf. (Consultado: 08-04-2021).
- Sana Distancia y medidas generales de higiene, principales recomendaciones ante el retorno a la Nueva Normalidad. Acercando el IMSS al Ciudadano. URL: <http://www.imss.gob.mx/prensa/archivo/20206/382>. (Consultado: 18-05-2021).
- Costanzo, S.; Flores, A. A Non-Contact Integrated Body-Ambient Temperature Sensors Platform to Contrast COVID-19. *Electronics* 2020, 9, 1658. URL: <https://doi.org/10.3390/electronics91016>.
- K. Pretz, Thermal Cameras Are Being Outfitted to Detect Fever and Conduct Contact Tracing for COVID-19. URL: <https://spectrum.ieee.org/news-from-around-ieee/the-institute/ieee-member-news/thermal-cameras-are-being-outfitted-to-detect-fever-and-conduct-contact-tracing-for-covid19>.
- B. B. Lahiri, S. Bagavathiappan, T. Jayakumar, and J. Philip, Medical applications of infrared thermography: A review, *Infrared Phys. Technol.*, vol. 55, no. 4, pp. 221–235, Jul. 2012, doi: 10.1016/j.infrared.2012.03.007.
- H. Qiu, J. Wu, L. Hong, Y. Luo, Q. Song, and D. Chen, Clinical and epidemiological features of 36 children with coronavirus disease 2019 (COVID-19) in Zhejiang, China: an observational cohort study, *Lancet Infect. Dis.*, vol. 20, no. 6, pp. 689–696, Jun. 2020, doi: 10.1016/S1473-3099(20)30198-5.
- Fletcher, T., Whittam, A., Simpson, R., & Machin, G. (2018). Comparison of non-contact infrared skin thermometers. *Journal of medical engineering & technology*, 42(2), 65–71. URL: <https://doi.org/10.1080/03091902.2017.1409818>. (Consultado: 10-05-2021).
- W. F. Wright and P. A. MacKowiak, Why Temperature Screening for Coronavirus Disease 2019 with Noncontact Infrared Thermometers Does Not Work, *Open Forum Infectious Diseases*, vol. 8, no. 1. Oxford University Press, Jan. 01, 2021, doi: 10.1093/ofid/ofaa603.
- K. Baskaran, P. Baskaran, V. Rajaram and N. Kumarathan, IoT Based COVID Preventive System for Work Environment, 2020 Fourth International Conference on I-SMAC (IoT in Social, Mobile, Analytics and Cloud) (I-SMAC), 2020, pp. 65-71, doi: 10.1109/I-SMAC49090.2020.9243471.



FR 1DM1-Microlife AG. En URL:
<https://www.microlife.com/support/fever/fr-1dm1>. (Consultado: 08-03-2021).

La página en internet que se construyó para consultar los datos del sistema. URL:
<https://thingspeak.com/channels/1266870>.