

Construcción de Datalogger

DANIEL ROBERTO GARCIA MIRANDA

Carrera de Física, Universidad Mayor de San Andrés

25 de octubre de 2025

Resumen

Se construyó un datalogger utilizando Raspberry Pi y Arduino para tomar datos de varios sensors, específicamente, 3 termistores, 3 sensores LM35 y DS18B20. Con los datos de varios días, se estudió el comportamiento de la temperatura ambiente de la oficina, de un bidón de agua dentro y del exterior, con el objetivo de estudiar las coincidencias entre sensores e interpretación de los datos.

I. Introducción

I. Dataloggers

Es un dispositivo electrónico que registra datos en el tiempo o en relación con la ubicación por medio de instrumentos y sensores propios o conectados externamente. Usualmente están basados en microcontroladores, comunicados con un ordenador personal y utilizan un software específico para activar el registrador de datos, ver y analizar los datos corregidos, mientras unos tienen un dispositivo de interfaz local y pueden ser utilizados como dispositivos independientes.

II. Sensores

Un sensor es un elemento o dispositivo capaz de reaccionar ante cambios en una determinada variable, usualmente transformándolos en cambios sobre una segunda variable, la cual es más fácil de ser interpretada como un valor de medida. Estos se pueden clasificar de acuerdo a diferentes criterios: tipo de variable que miden (temperatura, presión, humedad, distancia, etc), la naturaleza de la variable de salida (digital o analógico), o el tipo de variable que se tiene en la salida (resistivo, capacitivo e inductivo). El último criterio es el más útil, pues según la forma de la variable de salida, la forma de uso y el acondicionamiento del mismo, varía [1].

III. Raspberry Pi

La Raspberry Pi es una mini computadora mono-placa (SBC en inglés), desarrollada por la fundación Raspberry Pi, con el objetivo de incentivar la enseñanza en las escuelas. Sin embargo, su potencial y capacidades la llevaron a ser utilizada en aplicaciones industriales, como robots, criptominería y clusters, entre otras.

Está formada por una placa con varios componentes equivalentes a los de una computadora normal: Puerto Ethernet, HDMI, USB, entrada para tarjeta de memoria Micro SD, Puerto Audio/Video, entradas y salidas digitales de propósito general (GPIO), y conexiones a componentes específicos para la Raspberry, [2].

En esta práctica se utilizará una tarjeta Arduino con múltiples sensores, conectada a la Raspberry Pi, su conjunto conformará nuestro DataLogger, los sensores conectados a Arduino serán de temperatura, entre termistores típicos, LM35 y Termistores NTC DS18B20. Se analizarán datos de temperatura de aproximadamente 2 días.

II. Metodología

El DataLogger consiste en una placa Arduino conectada a la Raspberry Pi. El circuito de la placa Arduino, tendrá los 7 sensores, 3 LM35 y 1 Termistor de 10 KOhm y 3 Termistores

DS18B20. En las entradas analógicas A0, A1, A2 y A3 irán conectados los LM35 y los termistores, debido al protocolo 1-wire podemos conectar los 3 termistores DS18B20 a una sola entrada digital. En la figura 1 se muestra el esquema del datalogger basado en Arduino y la Raspberry. En la figura 2 y se muestra el circuito construido.

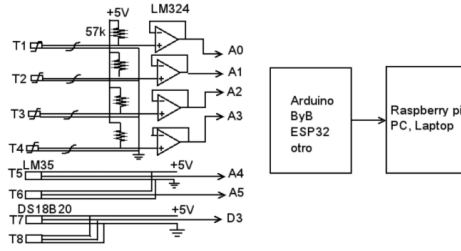


Figura 1: Sistema del Datalogger, se conectan los termistores, LM35 y DS18B20 al arduino y desde las Raspberrypi se almacenan los datos.

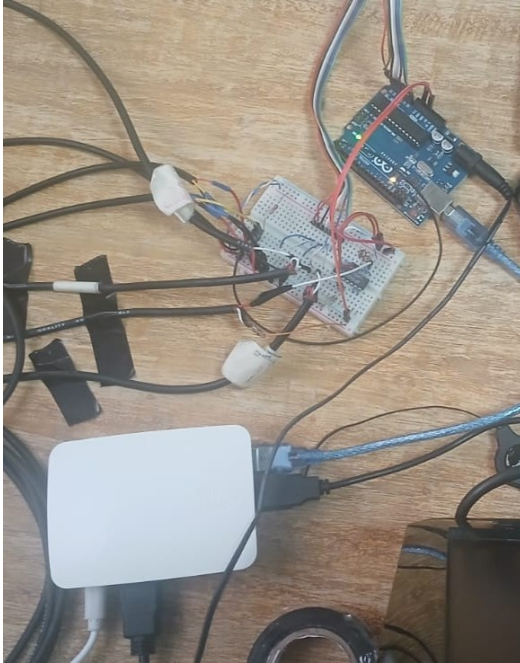


Figura 2: Circuito completo, se conectaron 3 LM35 1 termistor y 3 DS18B20 al arduino y desde la Raspberrypi se almacenaron los datos, luego de 12 horas se cambió a 3 termistores y 1 LM35.

I. Termistor

Un termistor es un tipo de resistencia cuyo valor varía en función de la temperatura en forma más acusada que una resistencia común. Su funcionamiento se basa en la variación de la resistividad que presenta un semiconductor con la temperatura. La variación de la resistencia con la temperatura no es lineal. Para un termistor NTC la característica es exponencial. Para pequeños incrementos de temperatura, se darán grandes incrementos de resistencia:

$$R = R_0 e^{B(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0})}$$

Donde B es la llamada temperatura característica del material, su valor depende linealmente de la temperatura, aunque puede ser tomado constante en el intervalo de 2000 a 5000 K.

II. LM35

Los sensores de temperatura de circuito integrado de precisión de la serie LM35 tienen un voltaje de salida directamente proporcional a la temperatura en grados Celsius. Por lo que no es necesario restar un gran voltaje constante de su salida para obtener una escala centígrada conveniente. No requiere calibración externa para ofrecer precisiones de 0.25°C a temperatura ambiente y 0.75°C en un rango de temperatura completo de -55°C a 150°C. La baja impedancia de salida, la salida lineal y la precisa calibración inherente del LM35 facilitan enormemente su conexión a circuitos de lectura o control.

III. Ds18B20

El DS18B20 es un termómetro digital que proporciona mediciones de temperatura en grados Celsius, con una resolución de 9 a 12 bits. Se comunica a través de un bus 1-Wire que, por definición, requiere de una sola línea de datos (además de tierra) para la comunicación con un microprocesador central. Además, puede...

Cada DS18B20 tiene un código de serie único de 64 bits, lo que permite que varios dispositivos funcionen en el mismo bus 1-Wire. Así, se puede

utilizar un solo microprocesador para controlar múltiples sensores DS18B20.

III. Análisis de resultados

Se tomó datos durante 2 días, entre estos días los termistores DS18B20 tomaron datos conti-

nuamente, mientras que la primera mitad del tiempo total, 3 LM35 y un termistor tomaron datos, la otra mitad 3 termistores y un LM35 tomaron datos, todos estos distribuidos entre la oficina, un bidon de agua y el exterior. Graficando los datos crudos se obtiene la figura 3.

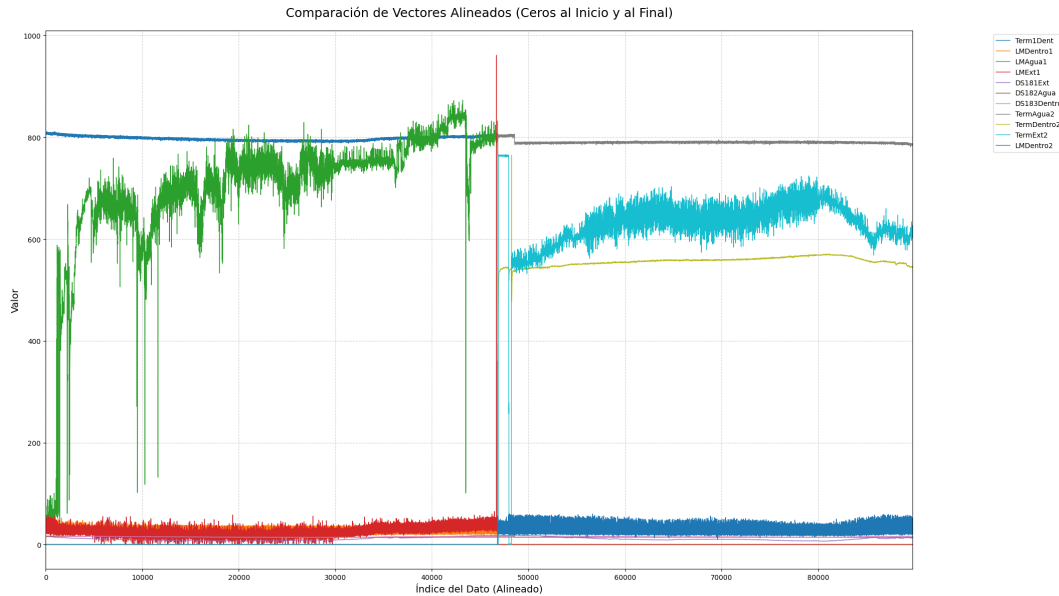


Figura 3: Datos crudos graficados de todos los sensores que tomaron datos.

Convirtiendo los valores de ADC de los LM35 y termistores, podemos calcular sus estadísticas, tabla 1.

Tabla 1: Estadísticas Completas por Sensor

Tipo	Sensor	count	mean	std	min	25 %	50 %	75 %	max
DS18B20	DS181Ext	89785.0	11.05	3.17	6.50	8.56	10.19	13.44	18.25
	DS182Agua	89785.0	14.66	0.57	14.06	14.31	14.38	14.88	21.25
	DS183Dentro	89785.0	15.33	0.86	13.94	14.56	15.31	15.94	23.44
LM35	LMDentro1	46813.0	13.47	2.34	5.86	11.72	13.18	15.14	25.88
	LMDentro2	42970.0	13.52	3.52	4.88	11.23	12.70	14.65	29.79
	LMEExt1	46745.0	12.74	5.22	0.49	9.77	12.21	15.62	469.24
Termistores	Term1Dent	46809.0	36.67	0.23	36.16	36.48	36.64	36.86	37.54
	TermAgua2	42976.0	36.27	0.16	35.79	36.21	36.26	36.32	37.14
	TermDentro2	42945.0	26.57	0.33	20.93	26.42	26.63	26.74	34.99
	TermExt2	41552.0	29.35	1.26	25.71	28.54	29.60	30.18	33.07

Sobre estas estadísticas, se pueden graficar sus diagramas de cajas, individuales y totales, figuras 5 y 4.

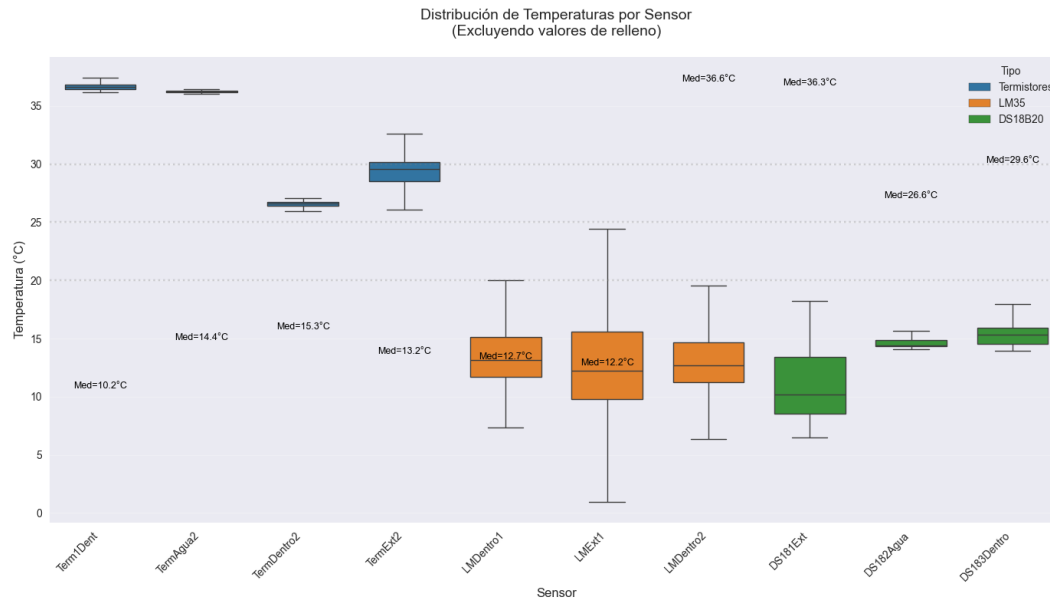


Figura 4: Diagramas de cajas individuales por string de dato

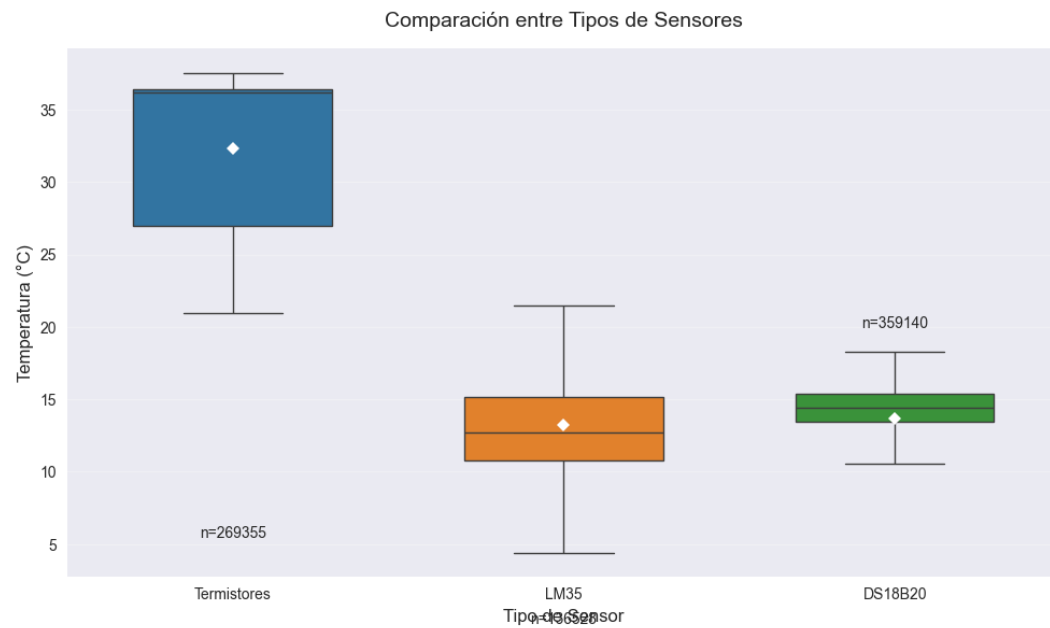


Figura 5: Diagramas de cajas promedio de cada tipo de sensor: termistor, LM35, DS28B20.

En los diagramas de cajas se observan cierta equivalencia entre las cajas de los sensores DS18B20 y LM35, las temperaturas altas predichas por los termistores, cuentan mucho error debido a la conversión de sus valores ADC.

Realizando un análisis con las medias variables para diferentes ventanas de tiempo, podemos visualizar las curvas de temperatura suavizadas de cada sensor:

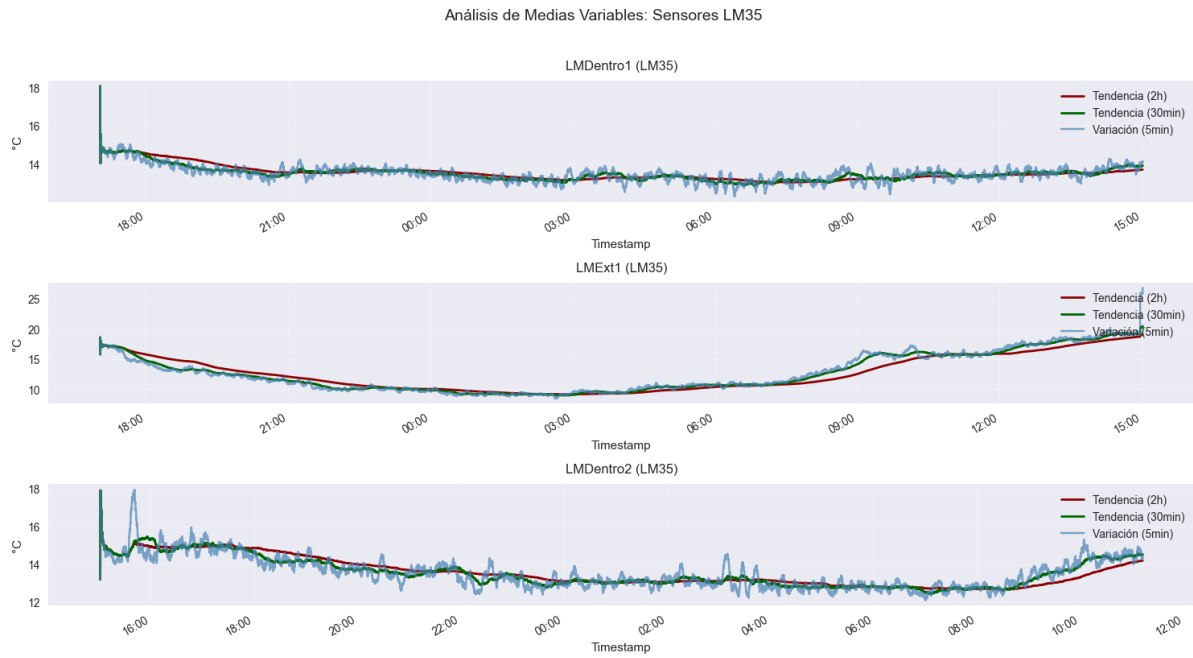


Figura 6: Curva suavizada calculando la media variable de los datos con diferentes ventanas de tiempo.

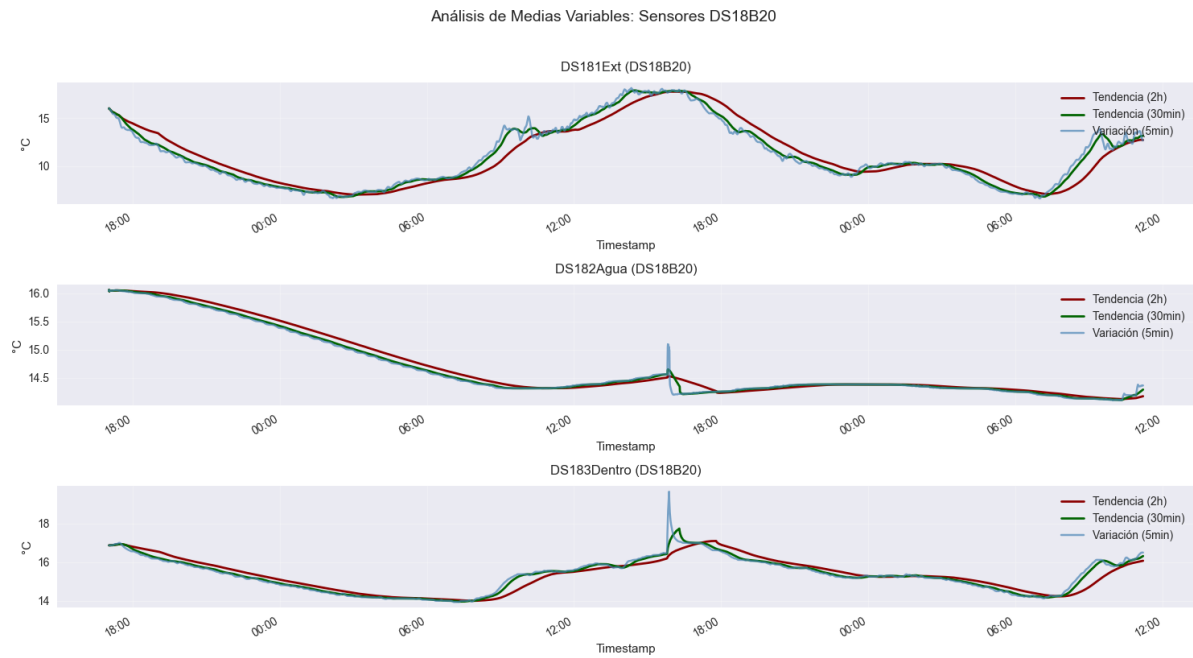


Figura 7: Curva suavizada calculando la media variable de los datos con diferentes ventanas de tiempo.

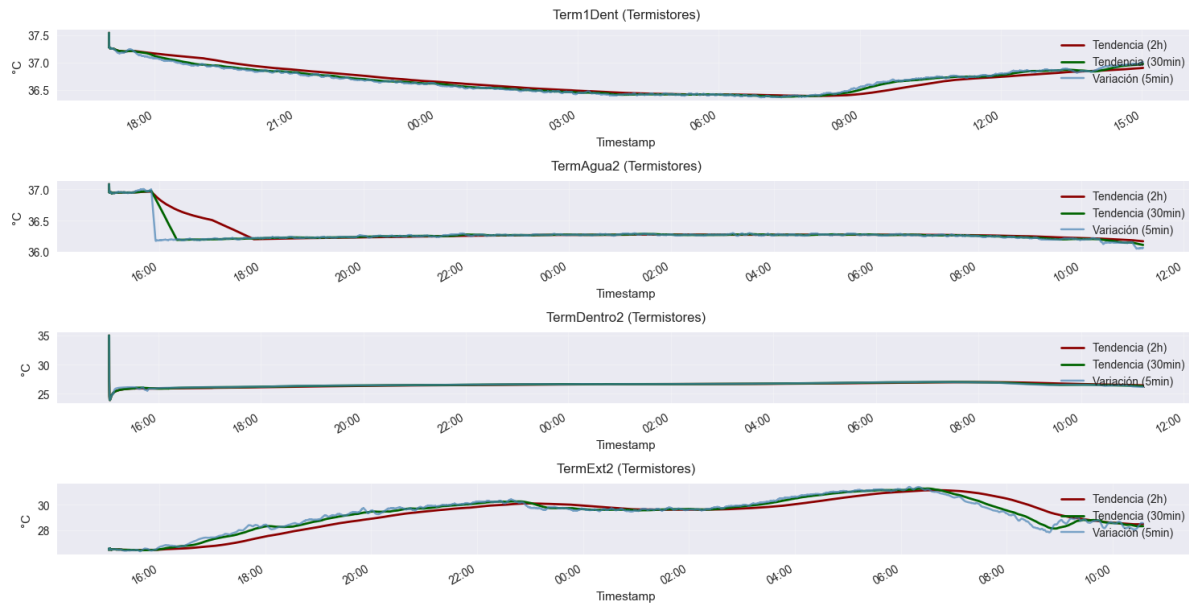


Figura 8: Curva suavizada calculando la media variable de los datos con diferentes ventanas de tiempo.

Sobre todas estas figuras, deberían parecerse, en forma al menos, las curvas asociadas al interior de la oficina, a su exterior o al agua. Las curvas de los termistores, son comparables hasta cierto punto con las demás, ya que muchas son de diferentes horas las que se muestran, a excepción de la curva del termistor que se encontraba en la oficina (TermDentro2), todas las demás rescatan parecidos significativos con las curvas del DS18B20.

El LM35 igual es comparable hasta cierto punto, debido a la diferencia de hora. No se tomó en cuenta los datos del LM35 del agua ya que en la figura 3 se ve como este sensor muestra un comportamiento anormal a los demás.

Sobre las medias variables se puede construir también su histograma para determinada ventana de tiempo, figuras 9 y 10.

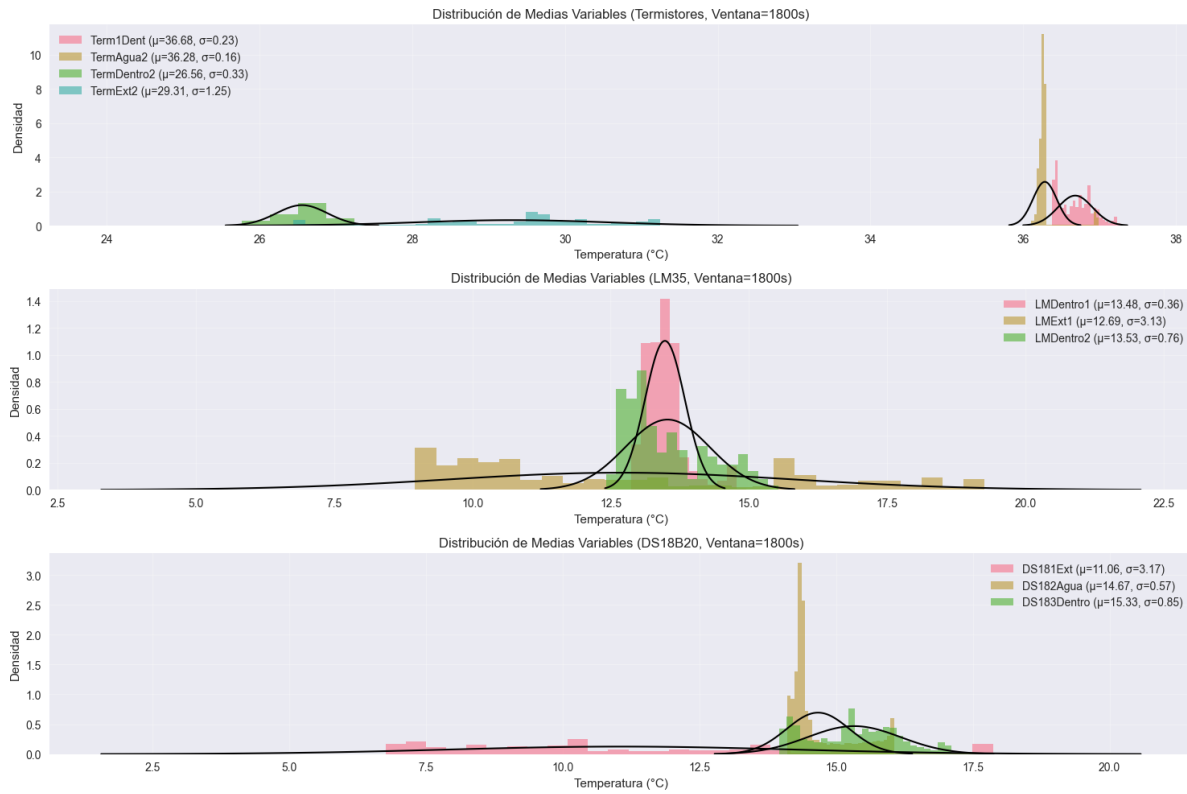


Figura 9: Histogramas de las medias variables con una ventana de 30min (1800s).

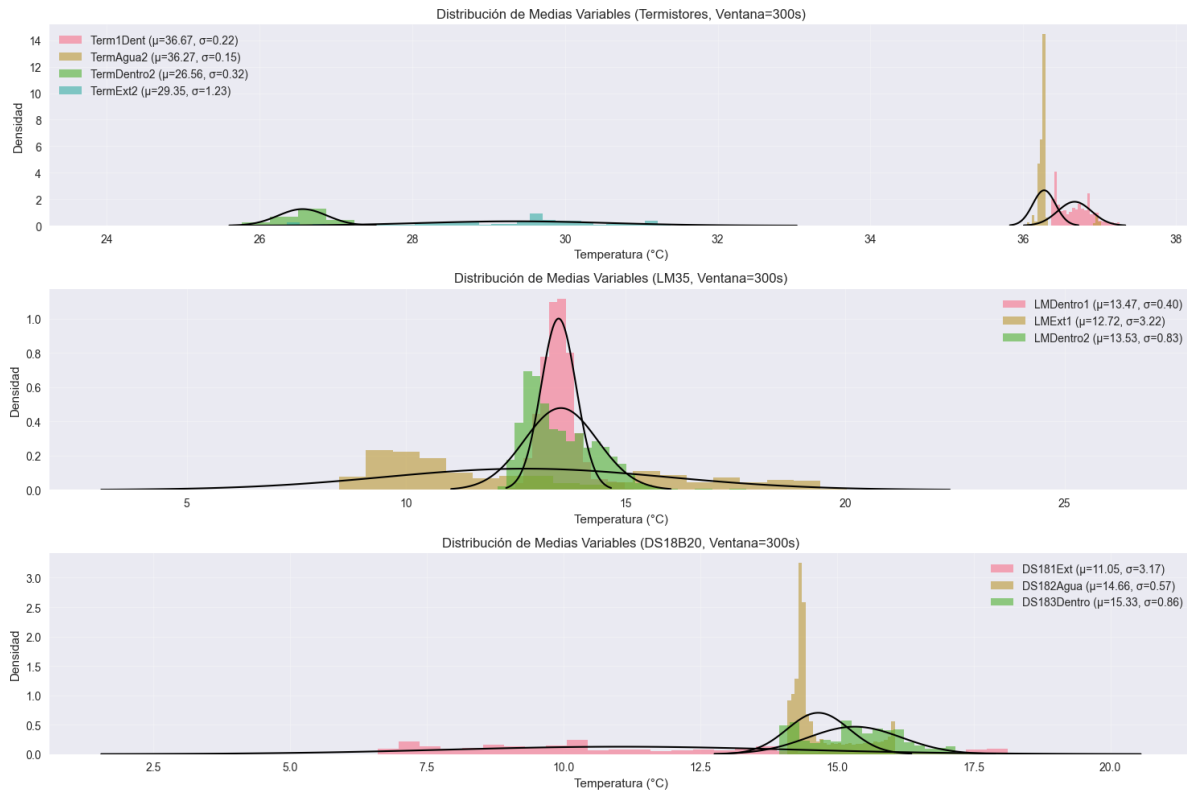


Figura 10: Histogramas de las medias variables con una ventana de 5min (300s).

En estos histogramas se ajusta una gaussiana a cada curva, y solamente el LM35 puesto en el interior muestra un comportamiento Gaussiano para cada ventana. según la forma de los demás histogramas sugieren seguir una distribución de Poisson, pero solamente el LM35 externo y el DS18B20 externo pueden ser distribuciones de Poisson porque su media es aproximadamente el cuadrado de su desviación estándar.

Aunque se graficó estos histogramas para diferentes ventanas de tiempo, se observa que no cambian mucho para cada ventana.

Por último, comparamos las gráficas suavizadas de medias variables, para observar el comportamiento de la temperatura según cada sensor, figuras 11 y 10, cada figura muestra el mismo gráfico para diferentes ventanas de tiempo.

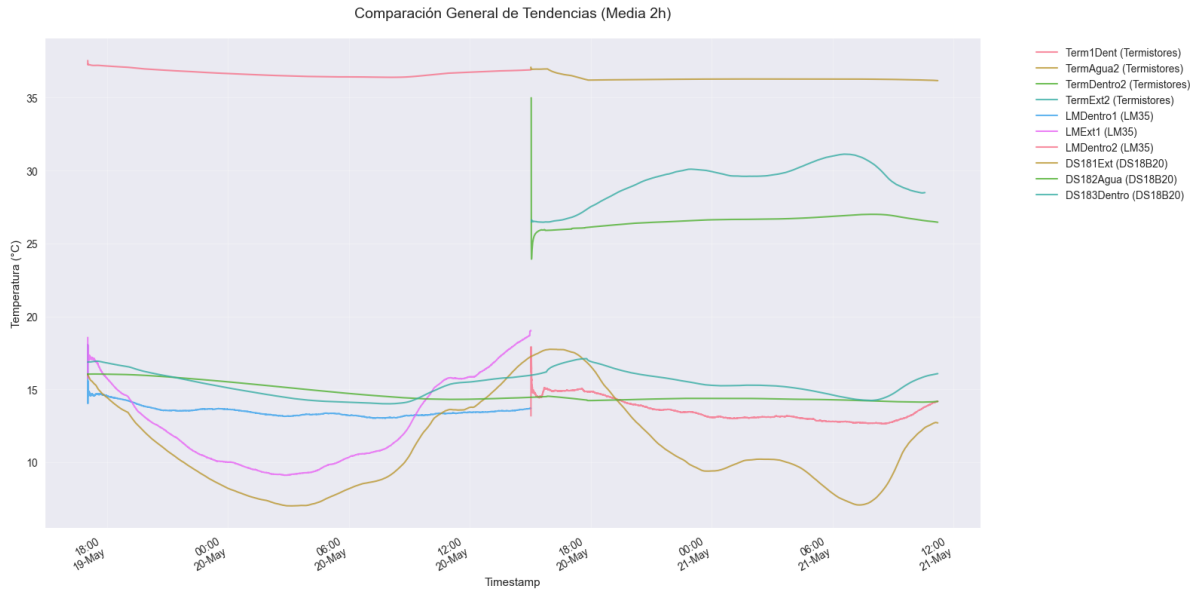


Figura 11: Reconstrucción con la media variable de todos los datos, con una ventana de 2h.

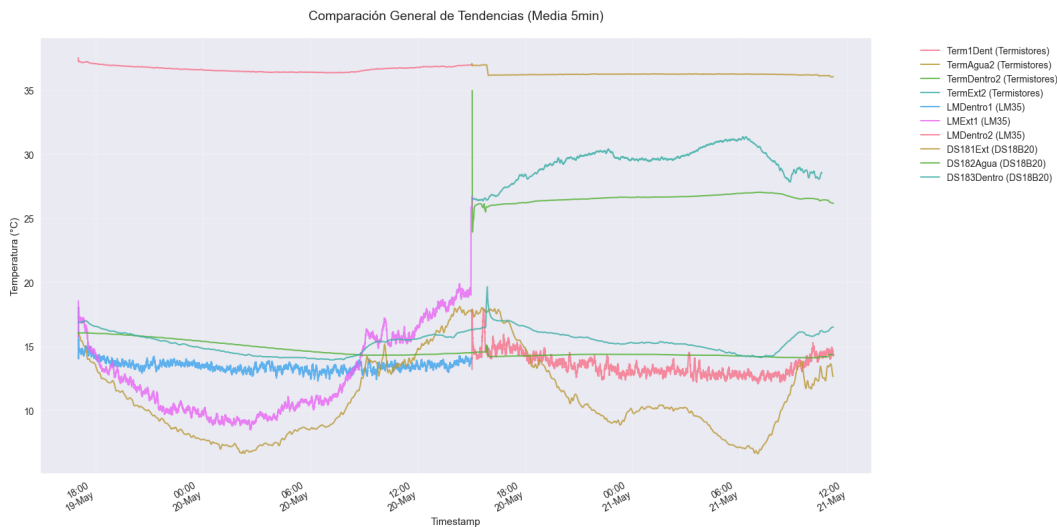


Figura 12: Reconstrucción con la media variable de todos los datos, con una ventana de 5min.

En estas gráficas sí se puede observar el efecto de las ventanas de tiempo. Ahora sí es posible distinguir las formas de las diferentes curvas de temperatura para cada sensor. En forma, se pue-

de apreciar que la curva asociada al LM35 externo sigue un comportamiento muy similar al del DS18B20 externo. En la gráfica con ventana de 5 minutos se puede apreciar que existen coincidencias en algunos picos de ambas curvas. Las curvas asociadas al interior de la oficina y del agua no presentan comportamientos complejos y aleatorios como el de la temperatura externa, por lo que, en forma, sí se parecen en gran parte.

Anteriormente se observó que los termistores presentaban discrepancias significativas debido al cálculo de la temperatura equivalente. Sin embargo, en estas gráficas se observa que tampoco siguen un comportamiento parecido al de las demás curvas. Las curvas asociadas a la temperatura interna y del agua pueden considerarse válidas, pero la externa sigue un comportamiento inusual. Parecería que pueda estar invertida, ya que se tomaron valores ADC, los cuales se debieron invertir al pasar por el amplificador operacional utilizado para conectarlos.

Existen algunos picos al inicio de algunas curvas. Estos aparecen debido a la discontinuidad de la toma y recolección de datos.

IV. Conclusiones

El manejo, uso y construcción de dataloggers son habilidades de alta demanda en ciencia y tecnología. En esta experiencia se desarrolló, desde lo fundamental, el datalogger, pensando primero en qué datos se iban a tomar, qué sensores serían necesarios, cuánto tiempo, etc. En estas circunstancias, la Raspberry Pi fue la herramienta principal para la toma y guardado de datos de los diversos sensores.

Los análisis realizados previamente muestran el potencial uso que se puede dar a los dataloggers en experimentos o proyectos más sofisticados. Los gráficos más interesantes son los histogramas de las medias variables, figuras 10 y 9. Como se mencionó en el análisis, los histogramas de las temperaturas tomadas fuera de la oficina siguen una distribución de Poisson, mientras que las de dentro de la oficina y del agua, una Gaussiana.

Cuando se tienen eventos aleatorios uno tras otro, que a su vez son independientes, estos eventos siguen una distribución de Poisson, donde su parámetro (λ) es igual a la media poblacional y a la varianza. En los histogramas, solamente las temperaturas externas siguen esta distribución, indicando que afuera de la oficina ocurren eventos aleatorios que alteran la temperatura detectada por el sensor. Esto es bastante cierto, ya

que no se sabe si habrá un viento fuerte, si lloverá o si algún rayo caerá muy cerca del termistor, calentándolo. Al contrario, las temperaturas dentro de la oficina siguen una distribución normal, ya que la temperatura dentro está sujeta a eventos aleatorios más controlados, como el calor por convección de las paredes.

La comparación entre las curvas suavizadas sirvió para detectar posibles errores sistemáticos en el manejo de los sensores y/o los datos. Como se mencionó, las curvas de los termistores no se acercan en lo mínimo a las temperaturas de los demás sensores. Sin embargo, el comportamiento de la temperatura debería tener la misma forma. En los gráficos 11 y 12 no se aprecia que las curvas asociadas a las temperaturas dentro de la oficina no se parezcan a las de los demás sensores, pero la curva del termistor externo sí tiene la forma de las otras curvas de los sensores externos, aunque invertida. Esto sugiere que el termistor no está dañado o que el circuito tenga algún defecto, sino que simplemente se deben tomar en cuenta otros parámetros para estimar la temperatura.

Esta práctica brinda un importante panorama general sobre el uso y desarrollo de dataloggers. Si bien no se realizó un tratamiento de datos muy sofisticado, estos análisis de datos propios abren el camino a desarrollar dataloggers más modernos y sofisticados.

Referencias

- [1] Tablero al Parque. Curso de adquisición de datos.

-
- [2] Tecnología e Innovación de la Ciudad de México Secretaría de Educación, Ciencia. Módulo 1. curso aprende y diviértete, introducción a raspberry pi.