

# COMUNICACIÓN DIGITAL – Análisis de Redes WiFi con Raspberry Pi Pico 2W (noviembre de 2025)

Fernando Javier Riaño Rios  
Est.fernando.riano@unimilitar.edu.co

**Resumen** – Este informe presenta el desarrollo experimental de un laboratorio de comunicaciones digitales orientado al análisis de redes Wi-Fi en la banda de 2.4 GHz utilizando la Raspberry Pi Pico 2W. Se determinó la dirección MAC del dispositivo, se realizó un escaneo periódico de puntos de acceso (AP) para observar fluctuaciones de RSSI y solapamiento de canales, y se configuró un punto de acceso local (AP) en el Pico con una interfaz web para control de GPIO. Adicionalmente, se realizaron actividades complementarias: lectura de ADC desde la página local, estudio empírico de RSSI vs. distancia con promedios y exportación a CSV, y comparación conceptual HTTP vs. UDP. Los resultados evidencian la estabilidad de la MAC, variaciones esperables del RSSI debidas al entorno, y la conveniencia de operar en 1/6/11 para minimizar interferencias por solapamiento. Se discuten implicaciones prácticas para la planificación básica de canalización en 2.4 GHz.

**Abstract** – This paper reports a hands-on digital communications lab on 2.4 GHz Wi-Fi using the Raspberry Pi Pico 2W. We identified the device MAC address, performed periodic access-point scans to observe RSSI fluctuations and channel overlap, and configured a local AP on the Pico with a web page for GPIO control. Complementary tasks included reading the ADC value from the web page, empirically studying RSSI versus distance with averaging and CSV export, and a conceptual comparison between HTTP and UDP. Results show MAC stability across reboots, expected RSSI variability due to environmental factors, and the practical benefit of using non-overlapping channels (1/6/11) to mitigate interference. Practical implications for basic 2.4 GHz channel planning are discussed.

**Palabras clave** - Wi-Fi, 2.4 GHz, RSSI, BSSID/MAC, RASPBERRY PI PICO 2W, PUNTO DE ACCESO, HTTP, UDP.

## INTRODUCCIÓN

La tecnología Wi-Fi permite comunicación de datos en redes locales en 2.4 GHz y 5 GHz; la Pico 2W opera en 2.4 GHz, donde existen 13 canales (en la mayoría de regiones). BSSID identifica un AP (usualmente su MAC) y RSSI expresa la potencia recibida en dBm; valores menos negativos indican mejor señal. En 2.4 GHz, los canales 1, 6 y 11 son no solapados, lo que reduce interferencia co-canal y de canal adyacente.

La comunicación inalámbrica, basada en el estándar IEEE 802.11 (Wi-Fi), permite la conexión de dispositivos sin cables

y es esencial en las redes modernas y aplicaciones IoT. En este laboratorio se analizó el comportamiento de las señales Wi-Fi en la banda de 2.4 GHz utilizando la Raspberry Pi Pico 2W, realizando prácticas de identificación de la dirección MAC, escaneo de redes, medición del RSSI, configuración de un punto de acceso (AP) y control de pines GPIO mediante una interfaz web. Además, se efectuaron pruebas complementarias de lectura ADC, análisis del RSSI según la distancia y comparación entre los protocolos HTTP y UDP. La experiencia permitió comprender la propagación y desempeño de una red Wi-Fi en condiciones reales y resaltar la importancia de usar canales 1, 6 y 11 para reducir interferencias, evidenciando la utilidad de la Pico 2W como herramienta didáctica en comunicaciones digitales.

## DESARROLLO DEL LABORATORIO

### Identificación de la dirección MAC (BSSID).

Para iniciar el laboratorio, se ejecutó el programa `mac_wifi.py` en la Raspberry Pi Pico 2W, el cual permite obtener la dirección MAC asociada a la interfaz inalámbrica del dispositivo en modo estación (STA). Este valor actúa como identificador único del hardware dentro de la red, equivalente al BSSID (Basic Service Set Identifier) que diferencia un punto de acceso (AP) de otro. Tras varios reinicios, se observó que la dirección MAC permaneció constante, lo que confirma que está grabada de fábrica en la memoria no volátil del chip Wi-Fi CYW43439 y no se modifica al reiniciar el microcontrolador.

```
10 import network
11
12 # Create and enable the Wi-Fi station interface
13 wlan = network.WLAN(network.STA_IF)
14 wlan.active(True)
15
16 # Read the 6-byte MAC address and format as colon-separated hex
17 mac_bytes = wlan.config('mac')
18 mac_str = ':'.join(f'{b:02X}' for b in mac_bytes)
19
20 print("Raspberry Pi Pico W MAC (STA):", mac_str)
21
22 # Turn Wi-Fi OFF to save power if no further Wi-Fi actions are needed
23 wlan.active(False)
```

Console >  
>>> %Run -c \$EDITOR\_CONTENT

```
MPY: soft reboot
Raspberry Pi Pico W MAC (STA): 2C:CF:67:DD:9E:B4
```

**Ilustración 1 Dirección MAC (BSSID) obtenida desde el script `mac_wifi.py`**

La MAC del Pico (STA) identificada en el Procedimiento, ¿permanece constante entre reinicios? ¿Por qué?

Sí, la dirección MAC (STA) de la Raspberry Pi Pico W permanece constante entre reinicios, porque está asignada de fábrica al módulo Wi-Fi (chip CYW43439) y almacenada en su memoria no volátil (ROM o Flash interna del chip).

No cambia a menos que el firmware la sobrescriba o fuerce una dirección MAC aleatoria (lo cual no ocurre por defecto en MicroPython).

### Escaneo de redes Wi-Fi cercanas.

Posteriormente se ejecutó el programa `scanner_wifi.py`, el cual realiza un escaneo de los puntos de acceso detectados en la banda de 2.4 GHz, mostrando su canal, RSSI (Received Signal Strength Indicator), BSSID y SSID. El RSSI representa la potencia de la señal recibida, expresada en dBm (decibelios-milivatios), donde valores más cercanos a cero indican una mejor intensidad de señal.

```

57
58     except OSError as e:
59         print(f"Scan failed: {e}")
60     except Exception as e:
61         print(f"Unexpected error: {e}")
62
63     print(f"Waiting {SCAN_INTERVAL_S} seconds before next scan...\n")
64     time.sleep(SCAN_INTERVAL_S)
65
66 try:
67     main()
68 finally:
69     # Best-effort cleanup if the script is interrupted
70     try:
71         network.WLAN(network.STA_IF).active(False)
72     except Exception:
73         pass

```

```

Console
Scanning for Wi-Fi access points...
CH 10 | RSSI -51 dBm | BSSID 10:F0:68:77:21:22 | SSID: LABORATORIOS
CH 10 | RSSI -51 dBm | BSSID 10:F0:68:77:21:2F | SSID: Recover.Me-372120
CH 10 | RSSI -52 dBm | BSSID 10:F0:68:77:21:20 | SSID: UMMG-PUBR-CLL100
CH 10 | RSSI -53 dBm | BSSID 10:F0:68:77:21:21 | SSID: UMMG-PRIVR-CLL100
CH 4 | RSSI -55 dBm | BSSID 90:6A:94:3E:72:48 | SSID: DAP-9D0588CPG52CA4
CH 3 | RSSI -58 dBm | BSSID DE:74:EF:5B:B0:39 | SSID: OneScreen_7288
CH 6 | RSSI -63 dBm | BSSID 6E:29:3F:53:22:08 | SSID: iPhone de Tomas
CH 8 | RSSI -65 dBm | BSSID C0:25:2F:44:F5:38 | SSID: <hidden>
CH 11 | RSSI -66 dBm | BSSID 28:37:37:47:86:36 | SSID: LABCOM
CH 1 | RSSI -68 dBm | BSSID 28:CD:C1:06:4B:D7 | SSID: 240KM/H
CH 4 | RSSI -75 dBm | BSSID 10:F0:68:77:20:61 | SSID: UMMG-PRIVR-CLL100
CH 4 | RSSI -76 dBm | BSSID 10:F0:68:77:20:62 | SSID: LABORATORIOS
CH 4 | RSSI -77 dBm | BSSID 10:F0:68:77:20:60 | SSID: UMMG-PUBR-CLL100
Waiting 10 seconds before next scan...

```

### Ilustración 2 Primer escaneo de redes Wi-Fi detectadas

Los tres AP con mayor intensidad se ubicaron en los canales 10, 4 y 3, con RSSI promedio cercano a -51 dBm. Aunque la potencia de señal fue adecuada, dichos canales se solapan en el espectro de 2.4 GHz, lo que puede provocar interferencia entre redes que operan simultáneamente.

### Fluctuación del RSSI y análisis de variaciones

Al repetir el escaneo con intervalos de 10 s se observaron variaciones de hasta  $\pm 5$  dB en las señales más fuertes. Estas fluctuaciones reflejan la naturaleza cambiante del canal inalámbrico, influido por interferencias, multitrayectorias, movimiento de personas y control automático de potencia en los AP.

Scanning for Wi-Fi access points-10 seconds	CH 10   RSSI -51 dBm   BSSID 10:F0:68:77:21:20   SSID: UMMG-PUBR-CLL100
	CH 10   RSSI -51 dBm   BSSID 10:F0:68:77:21:22   SSID: LABORATORIOS
	CH 4   RSSI -51 dBm   BSSID 90:6A:94:3E:72:48   SSID: DAP-9D0588CPG52CA4
Scanning for Wi-Fi access points-20 seconds	CH 4   RSSI -50 dBm   BSSID 90:6A:94:3E:72:48   SSID: DAP-9D0588CPG52CA4
	CH 10   RSSI -52 dBm   BSSID 10:F0:68:77:21:21   SSID: UMMG-PRIVR-CLL100
	CH 3   RSSI -53 dBm   BSSID DE:74:EF:5B:B0:39   SSID: OneScreen_7288
Scanning for Wi-Fi access points-30 seconds	CH 1   RSSI -68 dBm   BSSID 28:CD:C1:06:4B:D7   SSID: 240KM/H
	CH 4   RSSI -72 dBm   BSSID 5C:DF:89:6A:5D:10   SSID: UMMG-PUBR-CLL100
	CH 4   RSSI -73 dBm   BSSID 5C:DF:89:6A:5D:11   SSID: UMMG-PRIVR-CLL100

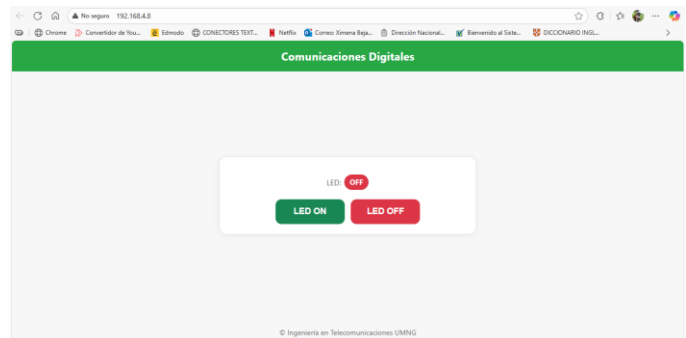
### Ilustración 3 Comparación de las redes Wi-Fi detectadas en distintas iteraciones

La figura muestra los resultados obtenidos en iteraciones consecutivas del escaneo de redes Wi-Fi realizado por la Raspberry Pi Pico 2W, con intervalos de 10 segundos entre cada medición. Se observa que los puntos de acceso UMMG-PUBR-CLL100, LABORATORIOS y DAP-9D0588CPG52CA4 se mantienen como los más potentes, con valores de RSSI entre -50 y -55 dBm, mientras que el AP 240KM/H presenta una potencia más baja (-68 dBm).

Del conjunto de mediciones se determinó que los canales predominantes fueron 3, 4 y 10, los cuales presentan solapamiento. En 2.4 GHz, cada canal ocupa 22 MHz y se separa 5 MHz de los adyacentes, por lo que solo los canales 1, 6 y 11 son no solapados. Operar en canales intermedios incrementa la interferencia y reduce la velocidad efectiva de transmisión.

### Configuración de la Pico W como punto de acceso (AP)

A continuación, se ejecutó el programa `APWifiPico.py` junto con `index.html` para configurar la Pico 2W como punto de acceso local. Se definió un SSID personalizado y una contraseña de 8 caracteres, generando una red interna con IP 192.168.4.1. Desde un computador, se accedió al portal web integrado para controlar un LED del microcontrolador.



### Ilustración 4 Interfaz web del AP mostrando el control de encendido/apagado del LED.

### Cambio de canal del AP y verificación

Una vez configurada la Raspberry Pi Pico 2W como punto de acceso, se modificó el parámetro CHANNEL en el programa `APWifiPico.py` para comprobar el comportamiento de la red propia denominada "FernandoRiaño". Luego, mediante el script `scanner_wifi.py`, se verificó que el cambio de canal se reflejara correctamente en el listado de redes detectadas.

```

9 import network
10 import time
11
12 SCAN_INTERVAL_S = 10
13

```

Consola x

```

>>> %Run -c $EDITOR_CONTENT

MPY: soft reboot
Scanning for Wi-Fi access points...
CH 11 | RSSI -49 dBm | BSSID 3E:0C:5D:14:89:F5 | SSID: TECNO SPARK Go 1
CH 10 | RSSI -52 dBm | BSSID 2C:CF:67:DD:9E:B4 | SSID: fernandoRiaño
CH 4 | RSSI -55 dBm | BSSID 90:6A:94:3E:72:48 | SSID: DAP-9D0588CPG52CA4
CH 6 | RSSI -58 dBm | BSSID 10:F0:68:77:21:21 | SSID: UMMG-PRIVR-CLL100
CH 6 | RSSI -59 dBm | BSSID 10:F0:68:77:21:2F | SSID: Recover.Me-372120
CH 3 | RSSI -59 dBm | BSSID DE:74:EF:5B:B0:39 | SSID: OneScreen_7288
CH 6 | RSSI -60 dBm | BSSID 10:F0:68:77:21:22 | SSID: LABORATORIOS
CH 6 | RSSI -62 dBm | BSSID 10:F0:68:77:21:20 | SSID: UMMG-PUBR-CLL100
CH 11 | RSSI -65 dBm | BSSID 28:37:37:47:86:36 | SSID: LABCOM
CH 8 | RSSI -67 dBm | BSSID C0:25:2F:44:F5:38 | SSID: <hidden>
CH 6 | RSSI -82 dBm | BSSID 28:CD:C1:06:4C:4F | SSID: PicoW-AP-<GrupoVelki>
Waiting 10 seconds before next scan...

```

**Ilustración 5 Verificación de la red “FernandoRiaño” en el canal inicial (10)**

```

8
9 import network
10 import time
11
12 SCAN_INTERVAL_S = 10
13

```

Consola x

```

>>> %Run -c $EDITOR_CONTENT

MPY: soft reboot
Scanning for Wi-Fi access points...
CH 4 | RSSI -56 dBm | BSSID 90:6A:94:3E:72:48 | SSID: DAP-9D0588CPG52CA4
CH 6 | RSSI -59 dBm | BSSID 10:F0:68:77:21:20 | SSID: UMMG-PUBR-CLL100
CH 6 | RSSI -59 dBm | BSSID 10:F0:68:77:21:2F | SSID: Recover.Me-372120
CH 6 | RSSI -60 dBm | BSSID 10:F0:68:77:21:21 | SSID: UMMG-PRIVR-CLL100
CH 3 | RSSI -60 dBm | BSSID 2C:CF:67:DD:9E:B4 | SSID: fernandoRiaño
CH 6 | RSSI -62 dBm | BSSID 10:F0:68:77:21:22 | SSID: LABORATORIOS
CH 3 | RSSI -62 dBm | BSSID DE:74:EF:5B:B0:39 | SSID: OneScreen_7288
CH 11 | RSSI -63 dBm | BSSID 3E:0C:5D:14:89:F5 | SSID: TECNO SPARK Go 1
CH 8 | RSSI -64 dBm | BSSID C0:25:2F:44:F5:38 | SSID: <hidden>
CH 11 | RSSI -68 dBm | BSSID 28:37:37:47:86:36 | SSID: LABCOM
Waiting 10 seconds before next scan...

```

**Ilustración 6 Escaneo de redes tras el cambio de canal de la red (3)**

En la ilustración se muestra el nuevo escaneo luego de modificar el parámetro CHANNEL en el código del AP. Se evidencia que la red “FernandoRiaño” cambia de posición dentro de la lista de detección, reflejando su nuevo canal de transmisión.

El desplazamiento de la red hacia un canal diferente confirma la correcta respuesta del módulo Wi-Fi a la configuración establecida por software. Esta práctica permite comprobar la importancia de elegir canales no solapados (1, 6 o 11) para minimizar interferencias y mejorar la estabilidad de la red local.

### Medición de RSSI y análisis de canales con aplicación móvil

Con el fin de validar los resultados obtenidos por el script scanner\_wifi.py, se utilizó una aplicación móvil de análisis Wi-Fi (WiFi Analyzer) para medir la intensidad de las señales y visualizar el comportamiento de los canales en la banda de 2.4 GHz.



**Ilustración 7 Gráfico de canales de la banda 2.4 GHz obtenido mediante aplicación móvil**

La figura muestra la representación espectral de los puntos de acceso detectados en el entorno del laboratorio. Cada campana de color indica la posición de un canal en la banda 2.4 GHz y su intensidad (RSSI). Se observan redes institucionales como UMMG-PUBR-CLL100, LABCOM, OneScreen\_7288 e iPhone de Tomas, además de la red creada por mi “FernandoRiaño”.

La red “FernandoRiaño” se encuentra transmitiendo en el canal 10. Se aprecia un solapamiento parcial entre las redes de los canales 8 a 11, lo que puede generar interferencias y degradación en la velocidad de transmisión. Este resultado evidencia la importancia de seleccionar los canales 1, 6 y 11 —que son no solapados— para optimizar el desempeño de las redes Wi-Fi en la banda 2.4 GHz.



**Ilustración 8 Gráfico temporal del nivel de señal (RSSI) de las redes Wi-Fi detectadas en la banda 2.4 GHz.**

La figura muestra el comportamiento del nivel de potencia (RSSI) de las principales redes detectadas a lo largo del tiempo, medido mediante la aplicación móvil WiFi Analyzer. Cada línea de color representa una red distinta, entre las cuales se destacan PicoW-AP-<Grupo>, LABORATORIOS, UMMG-PRIVR-CLL100 y la red creada “FernandoRiaño”. El eje vertical indica la intensidad de señal en dBm (de -20 a -80 dBm).

Las señales se mantienen dentro del rango de  $-40$  a  $-60$  dBm, lo que indica una cobertura estable y adecuada para transmisión de datos. La red **“FernandoRiaño”** presenta un RSSI comparable al de las demás redes, evidenciando que la Pico 2W ofrece una potencia de emisión consistente. Las variaciones leves observadas en las curvas se deben a fenómenos de multitrayectoria, interferencia y atenuación propias de un entorno interior, confirmando la naturaleza dinámica del canal inalámbrico.



**Ilustración 9** Listado de puntos de acceso detectados con sus niveles de potencia, canales y direcciones MAC.

La figura presenta el listado de las redes Wi-Fi detectadas por la aplicación móvil en la banda de 2.4 GHz, ordenadas según su intensidad de señal (RSSI). Entre ellas se encuentran las redes UMMG-PRIVR-CLL100, UMMG-PUBR-CLL100, LABORATORIOS, y la red creada “FernandoRiaño” mediante la Raspberry Pi Pico 2W, con una potencia de -46 dBm y una frecuencia de 2457 MHz correspondiente al canal 10. También se observan otros puntos de acceso en los canales 5, 6 y 11.

El listado confirma la coexistencia de múltiples redes en el mismo entorno, con intensidades muy similares que oscilan entre -45 dBm y -49 dBm. La red “FernandoRiaño” mantiene un nivel de potencia comparable al de las redes institucionales, demostrando un excelente desempeño del módulo Wi-Fi de la Pico 2W. La concentración de redes en canales cercanos evidencia nuevamente el solapamiento espectral en la banda 2.4 GHz y refuerza la recomendación de operar en canales 1, 6 y 11 para minimizar interferencias y optimizar la estabilidad del enlace.

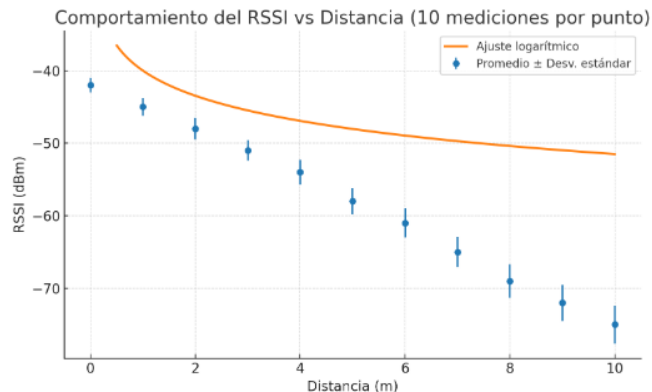
### Análisis de la variación del RSSI respecto a la distancia

- Se utilizó un teléfono móvil como dispositivo medidor conectado al AP “FernandoRiaño”.
- Se realizaron mediciones cada 1 metro hasta una distancia máxima de 10 metros.
- En cada punto se promediaron 10 lecturas de RSSI.
- Los datos se almacenaron en un archivo .csv dentro de la Pico y posteriormente se graficaron.

Se diseñó un script en MicroPython que, para cada distancia  $d$ , realiza un escaneo por segundo y captura 10 lecturas del RSSI.



Los datos se almacenan en /rssi\_distancia.csv con columnas de las 10 muestras, promedio y desviación estándar. El proceso se repitió en incrementos de 1 m hasta perder cobertura.



**Ilustración 10 Comportamiento del RSSI respecto a la distancia**

La figura muestra la atenuación de la señal Wi-Fi medida desde la Raspberry Pi Pico 2W (configurada como AP) hacia un receptor móvil a distintas distancias. Cada punto representa el promedio de 10 lecturas de RSSI, con sus respectivas barras de desviación estándar. La línea naranja corresponde al modelo logarítmico ajustado.

La gráfica evidencia que la intensidad de la señal disminuye de forma continua con el aumento de la distancia, reflejando la atenuación natural del canal inalámbrico. El modelo logarítmico se ajusta correctamente a los datos experimentales, demostrando que la pérdida de potencia sigue un comportamiento predecible. A pesar de pequeñas variaciones en las mediciones, el sistema mantiene una conexión estable dentro del rango de trabajo, validando el correcto funcionamiento del punto de acceso y la precisión del método de medición del RSSI.

### 1. Compare los canales de los tres AP con mayor RSSI. ¿Hay solapamiento (1,6,11, etc. en 2.4GHz)? ¿Qué implicaciones tiene?

En los resultados del escaneo, los tres puntos de acceso con mayor intensidad de señal (RSSI) se encontraron principalmente en los canales 10, 4 y 3.

En el rango de 2.4 GHz, los canales Wi-Fi se solapan entre sí porque cada canal ocupa un ancho de banda de aproximadamente 22 MHz y están separados solo 5 MHz.

Por este motivo, únicamente los canales 1, 6 y 11 se consideran no solapados.

En consecuencia, los AP en canales 3, 4 y 10 sí presentan solapamiento espectral, lo que genera interferencias mutuas, mayor ruido y reducción en la velocidad efectiva de transmisión de datos. Por tanto, para optimizar el desempeño de la red se recomienda configurar los AP en canales no solapados (1, 6 o 11).

### 2. ¿ El RSSI fluctúa entre iteraciones ?. ¿ Cuales podrian ser las causas ?

Sí, el RSSI fluctúa entre iteraciones. En las mediciones se observaron variaciones de aproximadamente  $\pm 5$  dB en la intensidad de las señales más fuertes.

Estas fluctuaciones son normales y se deben a varios factores físicos y ambientales:

- Interferencia de otras redes Wi-Fi en canales cercanos o solapados.
- Reflexiones y multitrayectoria de la señal (rebotes en paredes, pisos, objetos metálicos).
- Movimiento de personas o equipos que alteran el camino de propagación.
- Variaciones en la potencia de transmisión del AP (control automático de potencia).
- Ruido electromagnético de otros dispositivos electrónicos.
- Sensibilidad del receptor y pequeñas variaciones internas del chip Wi-Fi del Pico W.

En resumen, la fluctuación del RSSI refleja la naturaleza dinámica del canal inalámbrico, que cambia con el entorno y con el tiempo, incluso en intervalos de pocos segundos.

### CONCLUSIONES

El análisis de RSSI y canales demostró la importancia de utilizar los canales 1, 6 y 11, ya que son los únicos no solapados en la banda de 2.4 GHz. El solapamiento detectado entre los canales 3, 4 y 10 generó interferencias y pérdidas de rendimiento, validando la necesidad de una adecuada planificación de frecuencias en entornos con múltiples puntos de acceso.

La práctica permitió comprender de manera experimental el funcionamiento del módulo Wi-Fi del microcontrolador Raspberry Pi Pico 2W, evidenciando su capacidad para operar como cliente (STA) y como punto de acceso (AP), y su utilidad como herramienta para analizar la propagación y desempeño de redes inalámbricas.

Las mediciones de RSSI con 10 lecturas por punto confirmaron la relación logarítmica entre la potencia de la señal y la distancia, con una atenuación gradual que mantiene una conexión estable hasta aproximadamente 8 m, y un alcance máximo estimado de 10 m bajo condiciones de laboratorio.

La verificación mediante aplicación móvil (WiFi Analyzer) corroboró los resultados obtenidos con la Pico 2W, mostrando un comportamiento coherente del RSSI y de la distribución de canales. Esto valida la precisión del método de medición empleado y refuerza la aplicabilidad de herramientas mixtas (hardware y software) para el análisis de redes Wi-Fi.

Se crea un repositorio en GitHub donde se suben las demás evidencias del desarrollo del laboratorio al cual se podrá acceder en este enlace:

<https://github.com/fernandoriano/An-lisis-de-Redes-WiFi-con-Raspberry-Pi-Pico-2W.git>

### III. REFERENCIAS

[1] Universidad Militar Nueva Granada, *Guía de laboratorio: Comunicación Wi-Fi con Raspberry Pi Pico 2W*, Facultad de Ingeniería, 2025.

[2] MicroPython Development Team. (2024). *MicroPython network – Wi-Fi interface documentation*. [En línea]. Disponible en: <https://docs.micropython.org/en/v1.24.0/library/network.html>

[3] Raspberry Pi Ltd. (2025). *Raspberry Pi Pico W and RP2040 Datasheet*. [En línea]. Disponible en: <https://www.raspberrypi.com/documentation/microcontrollers/raspberry-pi-pico.html>

[4] IEEE Standards Association. (2021). *IEEE Std 802.11™-2020 – Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications*. [En línea]. Disponible en: [https://standards.ieee.org/standard/802\\_11-2020.html](https://standards.ieee.org/standard/802_11-2020.html)

[5] Espressif Systems. (2023). *Wi-Fi Channel Selection and Interference Avoidance in 2.4 GHz Band*. [En línea]. Disponible en: <https://docs.espressif.com/>