

Síntesis Ejecutiva con Evidencia Gráfica Rendimiento Wi-Fi 5 GHz (20/40 MHz)

Antonio Pérez

Septiembre 2025

1) Lo esencial, resumen

Dispositivo / SSID	Estándar / Enlace	Ancho	NSS	Techo útil (Mb/s)	Speedtest (Mb/s) y coherencia
Mac — Student (VLAN 511)	802.11ax (Wi-Fi 6)	40 MHz / 20 MHz efectivos	2	380-420 (40 MHz) / 180-220 (20 MHz)	320-360 con tramos 250-300; OFDMA reduce ancho efectivo por momentos.
Mac — IoT (VLAN 510)	802.11ax (Wi-Fi 6)	40 MHz / 20 MHz efectivos	2	380-420 (40 MHz) / 180-220 (20 MHz)	256/323; misma ubicación y mismo AP (canal 48); DL menor por mayor proporción de RU 20 MHz; UL dentro de rango.
Promethean	802.11ac (Wi-Fi 5)	40 MHz	2	270-320	180-250; SoC ac 2x2 con más retris y posible 20 MHz efectivo.
VM cableada	1 GbE cobre	N/A	N/A	950 (LAN local)	340-370 (Internet); límite en ruta/ISP e hipervisor.

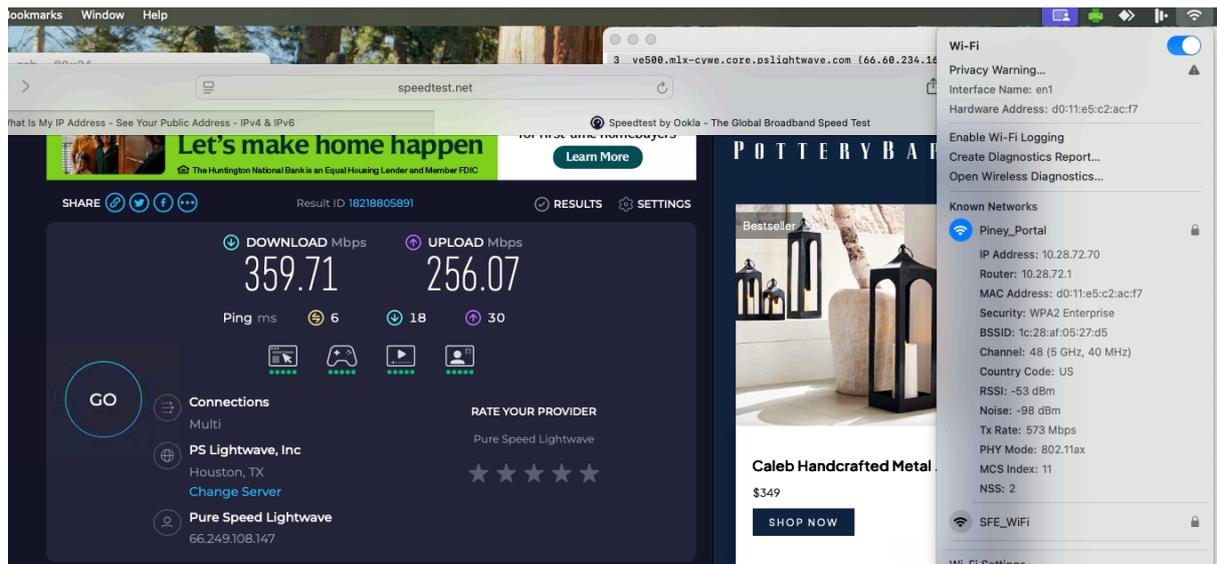


Figura 1: Mac en SSID de alumnos (VLAN 511): Speedtest ~360/256 Mb/s con idle 6 ms; panel Wi-Fi muestra PHY ax, NSS 2 y Tx Rate 573 Mb/s (canal 48, 40 MHz).

2) Latencia y “jitter” bajo carga (ELC)

Dispositivo / SSID	Estándar	NSS	Idle	DL lat	UL lat	ELC_DL / ELC_UL
VM cableada	1 GbE	N/A	27 ms	30 ms	31 ms	3 ms / 4 ms
Mac — Student	802.11ax	2	9 ms	21 ms	28 ms	12 ms / 19 ms
Mac — IoT	802.11ax	2	8 ms	15 ms	28 ms	7 ms / 20 ms
Promethean	802.11ac	2	12-20 ms	40 ms	50 ms	20-28 ms / 30-38 ms

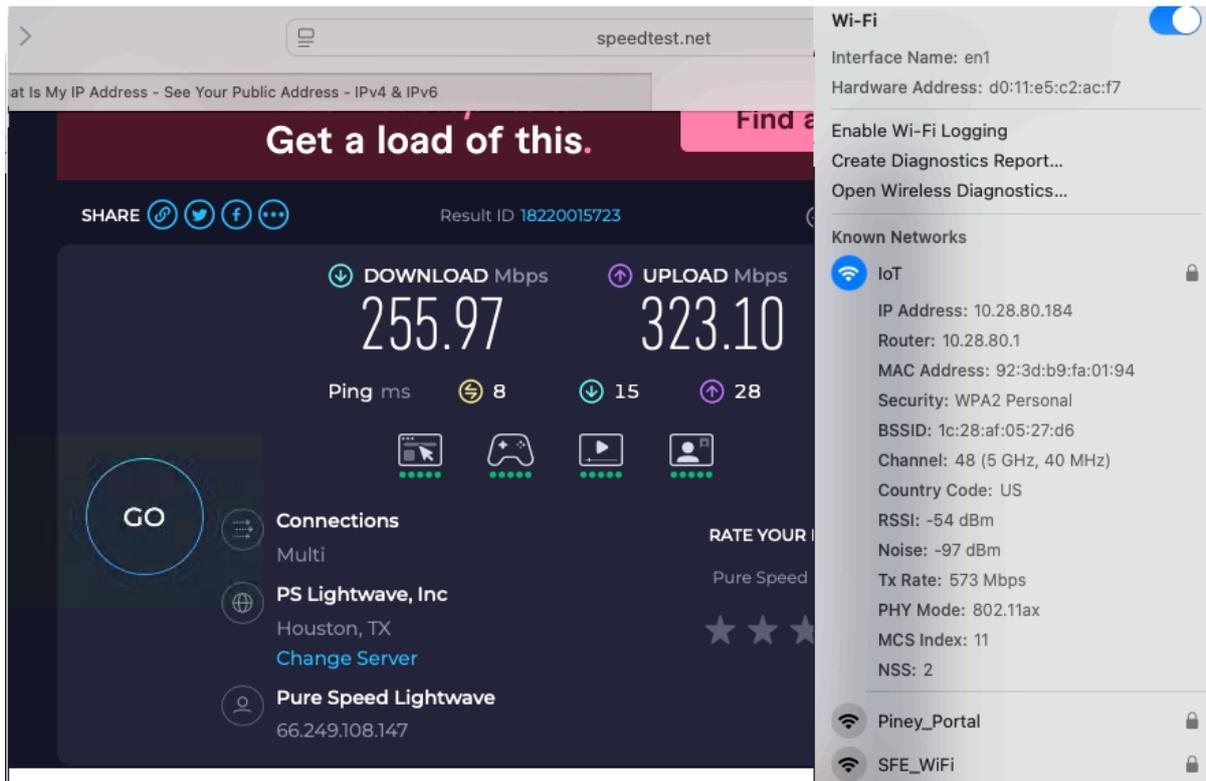


Figura 2: Mac en SSID IoT (VLAN 510) y mismo AP (BSSID 1c:28:af:05:27:d*), canal 48 a 40 MHz, NSS 2, MCS 11: Speedtest 255.97/323.10 Mb/s, idle 8 ms. Cohere con ax 2x2 cuando el scheduler usa con mayor frecuencia RU de 20 MHz en descarga.

Lectura de los resultados. La columna *Idle* es la referencia de latencia sin transferencia; es el tiempo de ida y vuelta en reposo. En la **VM cableada** ese valor aparece más alto que en Wi-Fi (27 ms), pero lo relevante es que, al cargar el enlace, la latencia apenas aumenta ($ELC_{DL} \approx 3$ ms y $ELC_{UL} \approx 4$ ms). Esto indica que, aun con tráfico sostenido, no se forman colas significativas en el tramo cableado; el *Idle* elevado responde más a la ruta o a la propia virtualización que a congestión bajo carga.

En la **Mac — Student** se observa un comportamiento típico de Wi-Fi actual: *Idle* bajo y, al iniciar descarga y subida, la latencia sube moderadamente hasta 21/28 ms ($ELC_{DL} \approx 12$ ms y $ELC_{UL} \approx 19$ ms). Ese incremento es normal en un medio compartido: hay contención, reintentos y el punto de acceso reparte el tiempo de aire entre clientes. La subida suele penalizarse un poco más que la bajada porque el cliente compite por transmitir, de ahí que ELC en UL quede por encima de DL.

En la **Mac — IoT** la descarga resulta algo más favorable (15 ms de DL, $ELC_{DL} \approx 7$ ms), mientras que la subida se mantiene similar a Student (28 ms de UL, $ELC_{UL} \approx 20$ ms). Es coherente con momentos en los que el punto de acceso asigna un trozo de canal más generoso a la descarga o simplemente encuentra menos competencia en ese instante. En cualquier caso, son cifras esperables en un entorno real con varios clientes.

El **Promethean (802.11ac)** muestra latencias bajo carga más altas (40/50 ms) y ELC amplios. No implica necesariamente un problema: suele reflejar radios 11ac menos eficientes, controladores más antiguos o una señal algo peor. Para navegación y vídeo en streaming funciona correctamente; en aplicaciones muy sensibles al retardo (pizarra interactiva en tiempo real, vídeo en subida con interacción) puede sentirse menos fluido que la Mac 11ax.

Conclusión. En conjunto, los valores son coherentes: el cableado se mantiene estable con poco aumento bajo carga y, en Wi-Fi, el incremento es moderado y mayor en subida que en bajada. Mientras la **ELC** es la *latencia extra bajo carga* se mantenga en el orden de decenas de milisegundos y no crezca de forma sostenida, el estado puede considerarse saludable para uso general. Si en algún punto la latencia bajo carga se dispara de forma persistente, conviene revisar señal, competencia en el canal y, en la salida a Internet, el efecto del límite de cien megabits.

Definición de ELC (Extra Latency under Load) **ELC** es la *latencia extra bajo carga*: el incremento de la latencia respecto al estado en reposo (*Idle*) cuando el enlace está ocupado. Se reporta en milisegundos y se calcula por dirección:

$$\text{ELC_DL} = \text{DL lat} - \text{Idle}, \quad \text{ELC_UL} = \text{UL lat} - \text{Idle}.$$

Valores pequeños indican colas cortas y buen comportamiento; valores grandes y persistentes sugieren congestión en Wi-Fi o en la salida a Internet.

3) Mac: por qué veo 574 y 287 (dos caminos en ax)

Situación (interfaz)	Estándar	NSS	Qué pasa en radio y qué veo en pruebas
574 Mb/s	802.11ax	2	Ancho 40 MHz con MCS alto (SNR buena). Usuario: picos 380-420 Mb/s .
287 Mb/s	802.11ax	2	OFDMA asigna 20 MHz efectivos (o SMPS favorece 1 RU ancha). Usuario: tramos 180-220 Mb/s y promedios 250-350.

3.1) Porcentajes: por qué no llego a la velocidad negociada con el AP

Componente	Descripción	Impacto típico
Cabeceras y control 802.11	MAC, QoS/WMM, seguridad (AES), BlockAck, preámbulos, IFS	15–25 %
Overhead IP/TCP/UDP/VLAN	L3/L4 y VLAN en marcos	3–6 %
Contención y backoff	Airtime compartido (CSMA/CA), colisiones, reintentos	5–15 %
Rate adaptation	Ajustes de MCS por variación de SNR	0–10 %
OFDMA (RU < 40 MHz)	RU de 20 MHz o inferiores en parte del tráfico	hasta 50 % del ancho efectivo

Ejemplos con datos de las figuras.

Caso	PHY estimado	Throughput	Eficiencia	Lectura
Student (DL)	573 Mb/s	~360 Mb/s	~63 %	Dentro del rango 60–70 % típico de ax 40 MHz.
Student (UL)	573 Mb/s	~256 Mb/s	~45 %	UL más sensible a contención y tamaño de RU.
IoT (DL)	573 Mb/s	~256 Mb/s	~45 %	Mayor proporción de RU 20 MHz en descarga.
IoT (UL)	573 Mb/s	~323 Mb/s	~56 %	Coherente con ax y RU mixtas.

Referencia de eficiencia (ax 2×2)

Condición	PHY de referencia	Eficiencia típica $\eta = \frac{\text{throughput}}{\text{PHY}} \Rightarrow$ throughput esperado
40 MHz (RU 484)	573–574 Mb/s	60–70 % \Rightarrow 380–420 Mb/s
20 MHz (RU 242)	286–287 Mb/s	60–75 % \Rightarrow 180–220 Mb/s

OFDMA y RU (Resource Units) En Wi-Fi 6 (802.11ax) el punto de acceso puede dividir el canal en **RU** (*Resource Units*) y atender a varios clientes a la vez en una misma transmisión. Cada RU es un conjunto de subportadoras dentro del canal y su tamaño determina el *ancho efectivo* asignado al cliente en ese instante. Tamaños típicos: 26, 52, 106, **242** (\approx 20 MHz), **484** (\approx 40 MHz), **996** (\approx 80 MHz) y 2×996 (\approx 160 MHz).

- Si el scheduler asigna **RU 484** (\approx 40 MHz) a un cliente 2×2 con MCS alto, el **PHY** típico ronda \sim 573 Mb/s.
- Si, por carga o equidad, el AP reduce temporalmente a **RU 242** (\approx 20 MHz), el **PHY** baja a \sim 286 Mb/s para ese cliente, aunque el canal físico sea de 40 MHz.

- **PHY** (*Physical layer data rate*): tasa **física** negociada entre cliente y AP (depende de MCS, número de streams *NSS* y ancho). No es el throughput de aplicación.
- **DL / UL**: *Downlink* (del AP al cliente) / *Uplink* (del cliente al AP).
- **RU**: *Resource Unit*. Porción del canal OFDMA asignada a un cliente en una transmisión; define su ancho efectivo momentáneo.

En resumen. La diferencia entre la **tasa negociada (PHY)** y el **throughput de usuario** proviene de tres factores principales: (1) **overhead de protocolo** y temporizaciones propias de 802.11 e IP, (2) **contención y reintentos** en un medio compartido, y (3) en Wi-Fi 6, la **asignación OFDMA por RU**, que puede reducir temporalmente el *ancho efectivo* a 20 MHz u otros tamaños. Por ello, ver **60–70 % del PHY** con RU equivalente a 40 MHz y **60–75 % del PHY** con RU equivalente a 20 MHz es totalmente **normal y saludable**.

INCREASED DATA RATES

Wi-Fi 6 delivers significantly higher peak data rates than Wi-Fi 5 (802.11ac) in 5GHz and 802.11n in 2.4GHz. Note that support for 8SS was not widely adopted with Wi-Fi 5, but is expected to be more common with Wi-Fi 6.

CHANNEL BANDWIDTH	1 SS	2 SS	3 SS	4 SS	8 SS
20 MHz 802.11n (2.4 GHz)	72 Mbps	144 Mbps	217 Mbps	289 Mbps	N/A
20 MHz 802.11ac (5 GHz)	87 Mbps	173 Mbps	289 Mbps	347 Mbps	693 Mbps
20 MHz 802.11ax (2.4/5 GHz)	143 Mbps	287 Mbps	430 Mbps	574 Mbps	1147 Mbps
40 MHz 802.11n (2.4 GHz)	150 Mbps	300 Mbps	450 Mbps	600 Mbps	N/A
40 MHz 802.11ac (5 GHz)	200 Mbps	400 Mbps	600 Mbps	800 Mbps	1600 Mbps
40 MHz 802.11ax (2.4/5 GHz)	287 Mbps	574 Mbps	860 Mbps	1147 Mbps	2294 Mbps
80 MHz 802.11ac (5 GHz)	433 Mbps	867 Mbps	1300 Mbps	1733 Mbps	2167 Mbps
80 MHz 802.11ax (5 GHz)	600 Mbps	1201 Mbps	1801 Mbps	2402 Mbps	4804 Mbps
160 MHz 802.11ac (5 GHz)	867 Mbps	1733 Mbps	2340 Mbps	3467 Mbps	6933 Mbps
160 MHz 802.11ax (5 GHz)	1201 Mbps	2402 Mbps	3603 Mbps	4804 Mbps	9608 Mbps

* Data rate may vary depending on client availability.

Figura 3: Referencia de tasas pico: **ax 2x2 40 MHz** → 574 Mb/s y **ax 2x2 20 MHz** → 287 Mb/s; techos útiles de **380–420** y **180–220** Mb/s.

4) Dónde queda Promethean (ac 2x2 a 40 MHz)

Conexión/Estado	Estándar	Ancho	NSS	Explicación y consecuencia práctica
Nivel actual típico	802.11ac	40 MHz	2	PHY ≈ 400–433 Mb/s (MCS8-9, GI corto) en ac 2x2 40 MHz. Techo útil: 270–320 Mb/s.
Siguiente nivel hacia abajo (NSS)	802.11ac	40 MHz	1	Si cae a 1 stream (SM Power Save, condiciones): PHY ≈ 200 Mb/s. Útil: 120–150 Mb/s.
Siguiente nivel hacia abajo (ancho)	802.11ac	20 MHz efectivos	2	Por contención/política RF: PHY ≈ 173 Mb/s. Útil: 105–130 Mb/s.
Promedios observados	802.11ac	40 MHz (variable)	2 (a veces 1)	180–250 Mb/s; coherentes con retries/contención y episodios de 1x1 o 20 MHz efectivos.

5) Lo que NO es el problema

Ítem	Evidencia	Conclusión
PoE / potencia AP-515	LLDP 25.5 W ofrecidos; draw ~9 W idle; 2930F 2/16 Class 4	PoE OK; la diferencia 574/287 es ancho efectivo (OFDMA), no energía.
Cobertura/SNR Mac	RSSI -53 dBm (Student) y -54 dBm (IoT), Ruido -97/-98 dBm ⇒ SNR ~45 dB	MCS altos sostenibles; ambas pruebas en mismo AP y misma ubicación.

6) Cambios realizados

Decisión	Justificación con cuadros	Resultado esperado
Se mantiene 40 MHz en producción	Balance celda/picos (Tablas 1, 2 y 4) con clientes NSS=2	Promedios 280–350 Mb/s por cliente 2x2.
Se probó 80 MHz en laboratorio	Para demostrar >500 Mb/s por cliente ax 2x2 (Tablas 1 y 3)	Confirmar picos >500 Mb/s en Mac cerca del AP.
Afinar QoS/WMM y DMO	Baja ELC; mejora vídeo y tiempos de respuesta (Tabla 2)	Menos latencia bajo carga.
Medidas en Connections=Single	Evita sesgos multi-conn/ruta (Tabla 1)	Métrica homogénea y comparable.

Con 5 GHz a 40 MHz, la Mac ax 2x2 (NSS 2) entrega 320–360 Mb/s en Student y 256/323 Mb/s en IoT, ambos coherentes con ax 2x2 cuando el scheduler asigna RU de 20 MHz con mayor frecuencia en descarga (IoT). Promethean ac 2x2 (NSS 2) tiene PHY ≈ 400–433 Mb/s a 40 MHz y rinde 180–250, coherente con su estándar y contención. AP-515/PoE está correcto; el 4x4 suma capacidad de celda, y el throughput por usuario lo determinan NSS del cliente y el ancho efectivo. Las eficiencias observadas (45–65% del PHY según el caso) están dentro de lo esperado para Wi-Fi 6 con OFDMA y carga real.

7) Por qué la Serie Aruba AP 300 se ve más estable que la 500

Aspecto	Serie 200 (Aruba AP-205/AP-215) — 11ac Wave-1	Serie 300 (Aruba AP-315/AP-325) — 11ac Wave-2	Serie 500 (Aruba AP-505/AP-515/AP-535/AP-555) — 11ax Wi-Fi 6
Físico / estándar	802.11ac W1; SU-OFDM; 20/40/80 MHz.	802.11ac W2; SU-OFDM + MU-MIMO DL ; 20/40/80 MHz.	802.11ax ; OFDMA DL+UL + MU-MIMO; 20/40/80/160 MHz; BSS Coloring, TWT.
Unidad de asignación	<i>Canal completo</i> por TXOP (sin RU).	<i>Canal completo</i> por TXOP (sin RU).	RU 26/52/106/242/484/996 (y 2×996): <i>el ancho efectivo varía por cliente.</i>
Estabilidad de tasa por cliente	Alta (poca variación instantánea).	Alta–media (al- go de variación por MU-MIMO DL).	Media–baja en pruebas individuales: oscilación por cambios de RU (p. ej., 40→20 MHz).
Latencia bajo carga (ELC)	Media/alta.	Mejor que 200 por MU-MIMO DL.	Más baja por OFDMA y <i>scheduling</i> fino.
DL vs UL	SU DL/UL.	MU-MIMO DL ; UL SU.	OFDMA DL muy activo; UL-OFDMA según soporte del cliente y <i>scheduler</i> .
Compatibilidad clientes antiguos	Total (11n/ac).	Total.	Total; legados usan SU; mezclas pueden forzar más protección/overhead.
Percepción “estabilidad”	Muy estable.	Estable.	Más “oscilante” por RU; mejor mediana en alta densidad.

- **Serie 300 (802.11ac):** sin OFDMA. El cliente usa el *canal completo* (20/40/80 MHz) en su TXOP ⇒ **tasa por cliente estable** (pocos saltos).
- **Serie 500 (802.11ax): OFDMA DL+UL.** El AP reparte el canal en *RU*; si alterna *RU 484* (≈40 MHz) y *RU 242* (≈20 MHz), el PHY oscila ~ 573 ↔ 286 Mb/s aun con canal físico de 40 MHz.
- Esto es **normal** en 11ax: prioriza **latencia y capacidad total** en entornos con muchos clientes, a costa de una tasa instantánea menos “suave” por cliente.
- El aparente “*cambio de canal*” suele ser **cambio de RU/Dynamic Bandwidth**, no un ARM/DFS real.
- **Cómo distinguirlo:** ARM/DFS deja eventos. Revisa `show ap arm history ap-name "<AP>"` y `show log system 1` (buscar ARM/DFS). Si no hay cambios, asume variación por RU/DBO.
- **Mitigación para demos más planas:** mantener 40 MHz; un solo cliente ax con SNR alto y tráfico constante; en laboratorio, opcional *desactivar UL-OFDMA* para medir una curva más estable.