
Implementando Wi-Fi 5, 6, y 7 en Instalaciones Educativas





Introducción

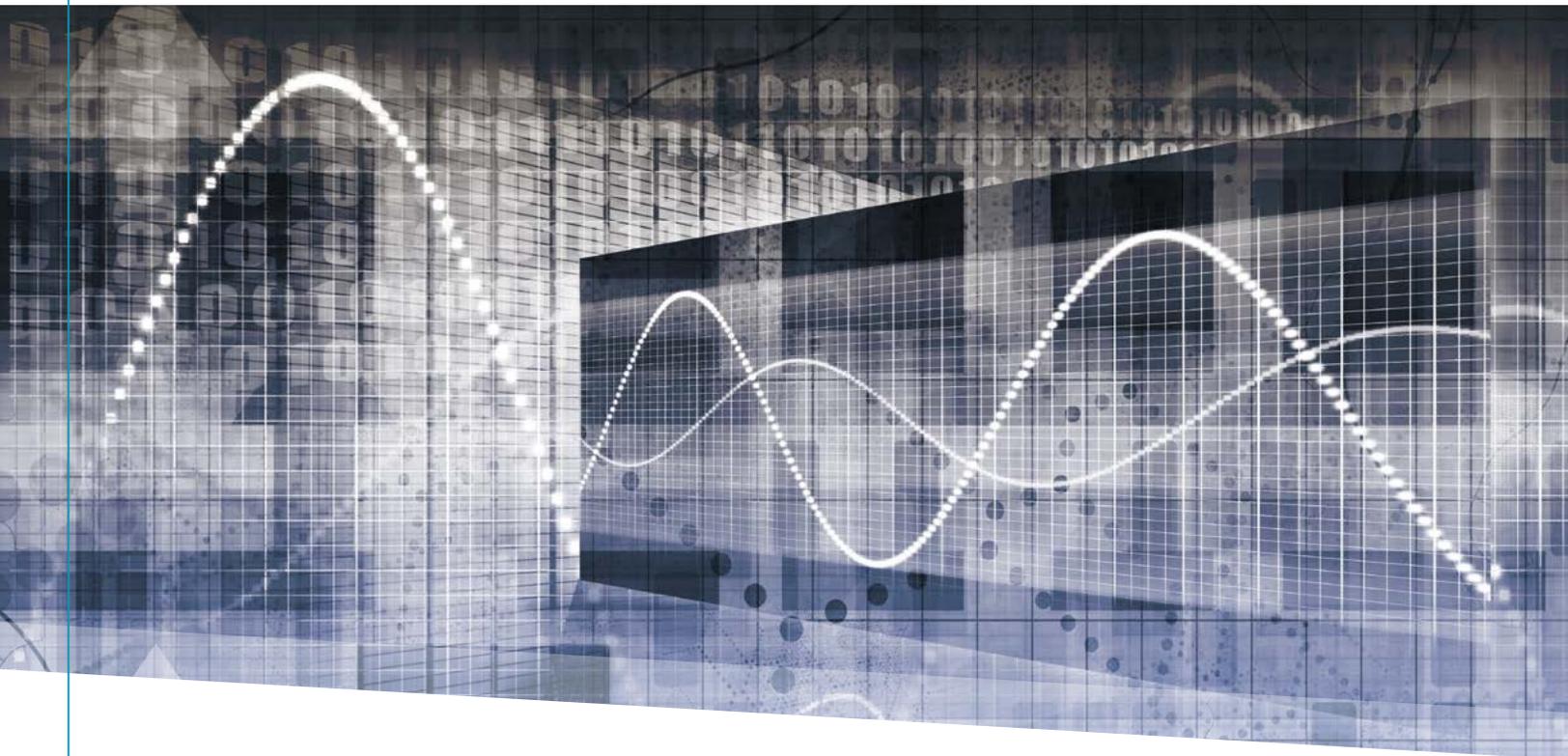
Los puntos de acceso inalámbricos (WAP, por las siglas de *Wireless Access Point*, en inglés) han experimentado un crecimiento explosivo en entornos educativos durante los últimos años debido a la proliferación de dispositivos inalámbricos. Los WAP han aumentado significativamente la cantidad de clientes que pueden admitir simultáneamente, desde decenas hasta más de 200 clientes por WAP para adaptarse a la cantidad cada vez mayor de dispositivos por persona. Para el año 2025, se espera que la cantidad promedio de dispositivos en red por persona en todo el mundo aumente a entre 6 y 10 por persona.¹

Los estándares y tecnologías que soportan WAP también han experimentado un tremendo progreso en un corto período de tiempo para adaptarse a este crecimiento de dispositivos inalámbricos. En el lapso de solo 10 años, la tecnología inalámbrica ha visto 802.11n, 802.11ac y ahora 802.11ax (actualmente denominadas Wi-Fi 4, 5 y 6 respectivamente por la Wi-Fi Alliance). Debido a que ofrece mejores velocidades de datos y duración de la batería para los dispositivos, aumento en la capacidad y rendimiento en entornos de alta densidad, así como una reducción en la latencia. El Wi-Fi 6 está preparado para convertirse en el estándar inalámbrico más grande y de más rápido crecimiento en la historia.

¹IoT: Número de Dispositivos Conectados en Todo el Mundo 2012-2015

<https://www.statista.com/statistics/471264/iot-number-of-connected-devices-worldwide>

https://www.cisco.com/c/dam/m/en_us/solutions/service-provider/vni-forecast-highlights/pdf/United_States_Device_Growth_Traffic_Profiles.pdf



Wi-Fi 4, 5 y 6 han experimentado mejoras significativas en la capacidad de alojar más dispositivos por punto de acceso, en velocidades mayores para los dispositivos, así como en densidades de puntos de acceso más altas. Si bien, el Wi-Fi 6 aún no se implementa comúnmente, incluso ahora los ingenieros están trabajando arduamente en un Wi-Fi 7 de próxima generación (802.11be) que ofrecerá mejoras significativas más allá del Wi-Fi 6. La Figura 1 destaca el crecimiento y el declive de las diferentes tecnologías de puntos de acceso inalámbricos. Como se muestra, se espera que el 802.11ax (Wi-Fi 6) tenga la adopción más rápida de cualquier estándar y la mayor cantidad de unidades vendidas.

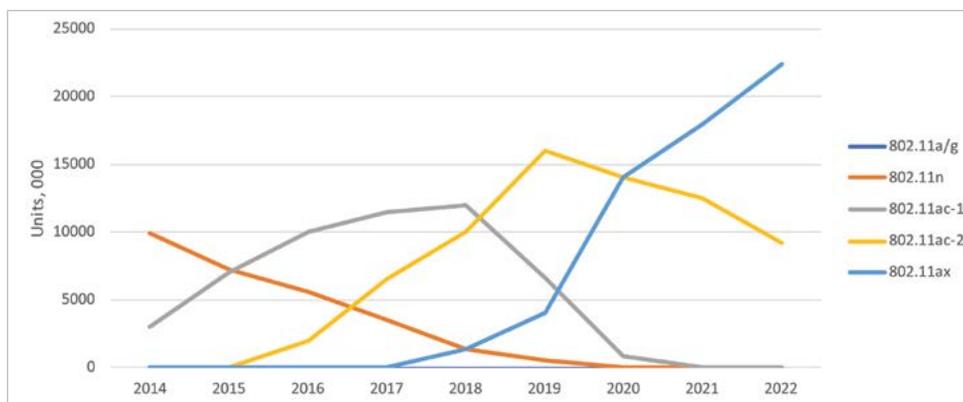


Figura 1. Crecimiento de los puntos de acceso inalámbricos. Se espera que el 802.11ax (Wi-Fi 6) crezca más y más rápido que cualquier otro estándar.²

²Fuente: 650 Group, 2017

Aunque la evolución de la tecnología inalámbrica continúa avanzando, la profundidad y la velocidad de su crecimiento han ejercido presión sobre la red subyacente y la infraestructura de cableado que la respalda.

El objetivo de este documento técnico es:

- Proporcionar una visión general de las tecnologías inalámbricas presentes y futuras
- Ayudar a los lectores a comprender el estándar actual del Wi-Fi 6 y hacia dónde se dirige el Wi-Fi 7
- Presentar explicaciones técnicas detalladas sobre características específicas del Wi-Fi 6 y Wi-Fi 7 que afectarán las velocidades de datos y las densidades de los puntos de acceso
- Emitir recomendaciones para la infraestructura de cableado subyacente en función de esta información

Resumen Tecnológico del Wi-Fi

La Tabla 1 resume las diferencias del Wi-Fi 4 hasta el Wi-Fi 7 futuro.

La velocidad de datos que se muestra en la Tabla 1 (6933 Mbps para Wi-Fi 5 y 9607,8 Mbps para Wi-Fi 6) se refiere a la velocidad de datos máxima que se requeriría para el puerto Wi-Fi. Este sería el caso al proporcionar las velocidades de datos más altas posibles para el número máximo de usuarios.

Tabla 1. Diferencias del Wi-Fi 4 al Wi-Fi 7

				Wi-Fi 7
Nombre Tradicional	802.11n	802.11ac	802.11ax	802.11be
Marca de Certificación de Wi-Fi Alliance				Aún no Definido
Bandas	2.4 or 5 GHz	Solo 5 GHz	2.4 GHz and 5 GHz Compatible con rango de 6 GHz	2.4, 5, and 6 GHz
Velocidad de Datos (Máximo Teórico)	576 Mbps	6933 Mbps	9607.8 Mbps	> 10 Gbps
Flujos de Datos Espaciales "Spatial Streams"	4	8 (teóricamente improbable que exceda 4)	8	Aún no Definido
Conformación de Haces "Beamforming"	Sí	Sí	Sí	Sí
Requisitos de Cableado	Categoría 6A	Categoría 6A	Categoría 6A	2x Categoría 6A
Requisitos de PoE (Punto de Acceso con Todas las Funciones)	Sin restricciones w/802.3af PoE	Sin restricciones con 802.3at PoE+	Sí	Sí
Requisitos de PoE (Punto de Acceso con Funciones Mejoradas)	—	—	Sin restricciones con 802.3bt PoE++	2x Category 6A

Wi-Fi® y el logotipo de Wi-Fi Certified son marcas registradas de Wi-Fi Alliance®.

Nota:

- 1) El usuario puede programar las restricciones en los WAP habilitados para la gestión de energía inteligente (IPM)
- 2) Un punto de acceso con características mejoradas está diseñado para entornos de muy alta densidad como grandes espacios públicos, hoteles y oficinas empresariales donde las características opcionales dentro del punto de acceso están habilitadas para admitir este tipo de configuración

Cableado Categoría 6A Requerido para Wi-Fi

Los cables de categoría 6A son el segmento de cableado de más rápido crecimiento en el mercado. Se recomiendan para implementaciones inalámbricas porque son requeridos para 10GBASE-T y tienen un rendimiento PoE óptimo. Para mejores prácticas, Panduit recomienda cables de categoría 6A para Wi-Fi 5 y más altos.

Wi-Fi 7 y el Futuro

La próxima generación de Wi-Fi 7 se conoce actualmente como de rendimiento extremadamente alto (EHP) y un grupo de trabajo IEEE 802.11be está desarrollando un estándar para ello. Si bien, el Wi-Fi 6 y el Wi-Fi 7 actualmente solo pueden operar en los espectros de 2.4 y 5 GHz, la FCC planea permitir que un nuevo espectro entre 5.925 y 7.125 GHz se abra para Wi-Fi. Este nuevo espectro tiene 1200 MHz de ancho de banda adicional en comparación con el ancho de banda de 500 MHz existente en el espectro de 5 GHz y el ancho de banda de 90 MHz en el espectro de 2,4 GHz. Además del nuevo ancho de banda, el grupo de trabajo IEEE 802.11be está explorando tecnologías de Wi-Fi 7, como acceso múltiple por división de frecuencias ortogonales (OFDMA) coordinado, dirección nula coordinada y MIMO distribuido para mejorar la conformación de haces y emplear múltiples entradas y múltiples salidas (MIMO) masivas.

El grupo de trabajo 802.11be tiene el objetivo establecido de utilizar dos cables Categoría 6A por punto de acceso para admitir el ancho de banda requerido y utilizar un tipo de cable común y existente.

Mejoras del Wi-Fi 5 al Wi-Fi 6

Ventajas del Wi-Fi 6

El Wi-Fi 6 tiene las siguientes ventajas sobre el Wi-Fi 5:

- **Las tasas de datos del dispositivo final mejoraron la velocidad de hasta por 4x.** El OFDMA, la conformación de haces, y su modulación mejorada permiten mayores velocidades de datos para dispositivos finales.
- **Una mayor capacidad.** El OFDMA, el MIMO mejorado y la conformación de haces ayudan a mejorar la capacidad total.
- **Un rendimiento mejorado en entornos con muchos dispositivos.** La conformación de haces y la utilización de la banda de 2,4 GHz ayudan con los dispositivos de IoT.
- **Una mayor duración de la batería para dispositivos finales.** El Wi-Fi 6 emplea una función de “tiempo de activación objetivo” o Target Wake Time (TWT) en la que le indica a la radio Wi-Fi cuándo dormir y despertarse para recibir su transmisión. Esto reduce el consumo de energía sin afectar el rendimiento.
- **Latencia reducida a menos de 1 ms.** Rendimiento de latencia mejorado con el uso de OFDMA.

Tres tecnologías clave que permiten muchas de estas capacidades son: la OFDMA, el aumento del número de bandas y la conformación de haces. El aumento del número de bandas y la conformación de haces permiten una mejor densidad del punto de acceso.



Bandas

Las bandas son el rango de frecuencia específico dentro del espectro sin licencia en el que opera el punto de acceso. El Wi-Fi 5 utiliza el rango de 5 GHz, mientras que el Wi-Fi 6 puede funcionar en los rangos de 2,4 GHz y de 5 GHz con el potencial de funcionar en el rango de 6 GHz. El Wi-Fi 7 funcionará en los rangos de 2,4, 5 y 6 GHz.

Operar en múltiples rangos de frecuencia le da al Wi-Fi 6 y Wi-Fi 7 la capacidad de atender a más usuarios y tener el potencial de un punto de acceso de mayor densidad. Además, la transmisión a la frecuencia de 2,4 GHz permite longitudes de onda más largas que son mejores para penetrar objetos sólidos como paredes y suelos.

OFDMA contra OFDM

Una de las mayores mejoras incorporadas en Wi-Fi 6 es la adición de OFDMA, que proporciona una mejora de 4 veces en su rendimiento, disminuyendo la latencia a 1 ms y permitiendo una red mucho más eficiente. Una forma sencilla de pensar en las diferencias entre el OFDMA y el OFDM es explorar el ejemplo de un semirremolque cargado con pallets. Con el Wi-Fi 5, los pallets solo se empacaban con un solo producto. Por lo general, no todos los pallets se llenaban a su capacidad con un solo producto. Con el OFDMA, los productos se pueden combinar en los pallets, llenando el semirremolque con más productos. Por lo tanto, los usuarios que requieren un ancho de banda alto obtendrían un ancho de banda adicional asignado a aquellos que requieren un ancho de banda bajo.

La Figura 2 da un ejemplo de las diferencias entre el OFDM contra el OFDMA.

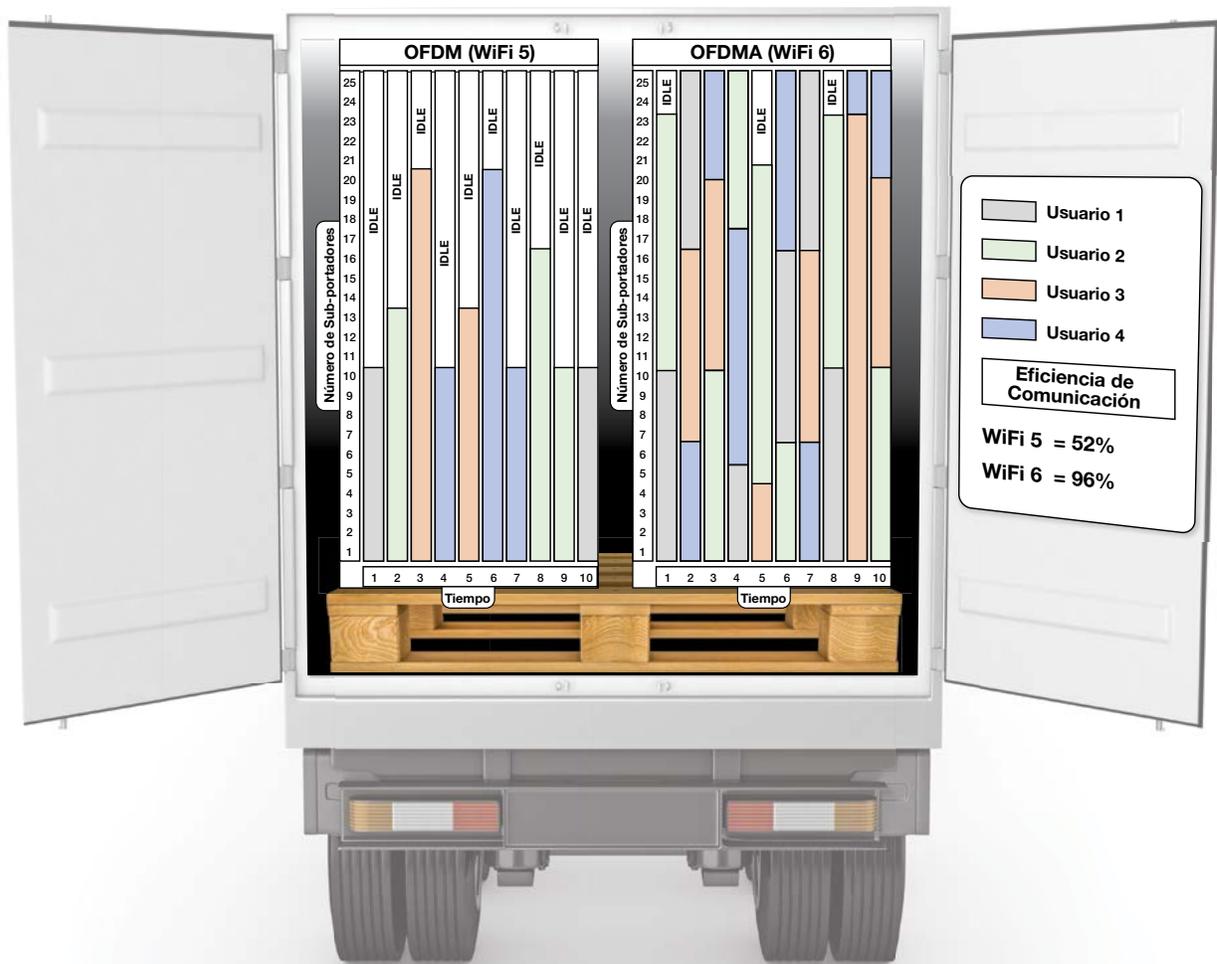


Figura 2. El OFDMA en Wi-Fi 6 permite un uso más eficiente del ancho de banda en comparación con el OFDM, como se visualiza con los *pallets* en un remolque. Esto mejora el rendimiento al tiempo que reduce la latencia.

Conformación de Haces y Flujos de Datos Espaciales

La conformación de haces da forma al patrón de radiación de un WAP de múltiples antenas para enfocar la energía hacia un dispositivo cliente con el que se están comunicando, como se muestra en la Figura 3 (*LTE Quick Reference – Beamforming*). Esto se logra modificando la fase de la señal de cada antena para causar interferencia constructiva y destructiva (creando los “haces”). Esto permite una potencia de señal mejorada (hasta 3dB) en aquellos dispositivos que pueden usarse para una mayor velocidad de datos, un mayor alcance y/o para discriminar espacialmente entre dispositivos cliente.

La tecnología de conformación de haces permite una mayor densidad de puntos de acceso inalámbricos, ya que disminuye las posibilidades de contención de puntos de acceso vecinos. Una transferencia de datos espaciales es una señal de datos de comunicación codificada en la que se pueden discriminar múltiples transferencias entre sí en un receptor a través de una(s) palabra(s) de código ortogonal. Cada antena puede soportar una transferencia espacial y se pueden transmitir múltiples transferencias dentro de un haz. Tanto el Wi-Fi 5 como el Wi-Fi 6 pueden admitir teóricamente hasta ocho transmisiones espaciales, aunque en la práctica solo se espera que las implementaciones de Wi-Fi 5 utilicen cuatro. Se pueden agregar múltiples transferencias espaciales en el receptor para aumentar linealmente la velocidad de datos por el número de transferencias que recibe. Si el número de transferencias espaciales es más grande, además de la mayor velocidad de datos, permite que la densidad de los puntos de acceso Wi-Fi 6 sea mayor que la densidad de los puntos de acceso Wi-Fi 5.



Figura 3. Ejemplo de conformación de haces con un flujo de datos espacial (izquierda) y tres flujos de datos espaciales (derecha)³.

¿Y el 5G?

Se ha especulado que el 5G reemplazará al Wi-Fi porque ofrecerá velocidades y confiabilidad similares a las del Wi-Fi. En lugar de suplantarlos, se espera que el 5G sea similar a las generaciones anteriores de celulares en el sentido de que el Wi-Fi seguirá siendo la red elegida dentro de las redes interiores Empresariales.

Ancho de Banda

El Wi-Fi opera dentro del espectro sin licencia. Tiene aproximadamente 90 MHz de ancho de banda dentro de la región de 2,4 GHz, cerca de 500 MHz de ancho de banda en la región de 5 GHz y cerca de 1200 MHz de ancho de banda en la región de 6 GHz para un ancho de banda total de aproximadamente 1790 MHz. El 5G opera en el espectro móvil con licencia donde a cada operador se le asigna su espectro y tendrá un ancho de banda de aproximadamente 200 MHz. En la Figura 4 se muestra una comparación.

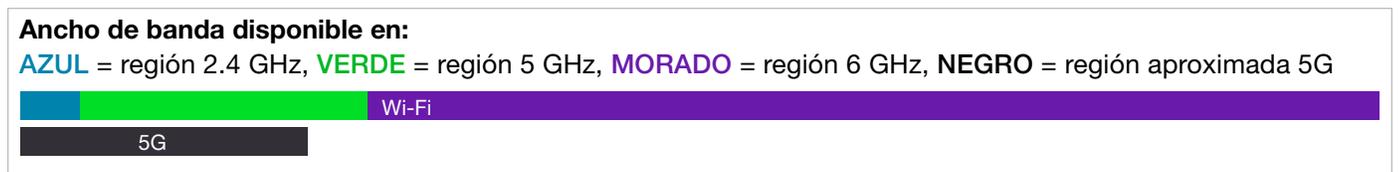


Figura 4. Comparación de anchos de banda disponibles de Wi-Fi y 5G

Capacidad

El diferenciador clave real entre 5G y Wi-Fi es la capacidad. El Wi-Fi seguirá siendo el preferido en áreas con alta densidad de usuarios (por ejemplo, una oficina, un estadio o una casa con muchos dispositivos en red). La capacidad de un sistema inalámbrico se puede medir en su densidad de velocidad de datos (es decir, Mb/s/m²). Para el Wi-Fi 6, se estima que proporciona unos 400 Mb/s/m². Se estima que el 5G es de unos 10 Mb/s/m². Una de las principales razones de la diferencia de capacidad es el hecho de que el Wi-Fi tiene un ancho de banda mucho mayor disponible.

Redes Interiores

Se espera que una red 5G interior requiera una red DAS activa donde el cableado de elección es el LAN estructurado. Esto significa que necesitará productos como celdas pequeñas de interiores, unidades de radio de interiores 5G, una conexión de banda base a radio y una conexión de red central. Sus productos deberán duplicarse para cada usuario que el edificio desee admitir en interiores y, por lo general, requiere una inversión sustancial.

³“LTE Quick Reference – BeamForming.” ShareTechnote. 2019.



El Wi-Fi es universal y puede funcionar con todos los dispositivos calificados para dicho protocolo inalámbrico. Por lo tanto, en las redes interiores, se espera que el Wi-Fi sea mucho menos costoso de implementar para la cobertura universal. Con el aumento del interés en Voice over Wi-Fi (VoWiFi), se espera que el Wi-Fi tienda a dominar el mercado empresarial de interiores.

Con base en estos factores, se espera que el porcentaje de tráfico descargado por dispositivos móviles al Wi-Fi desde la red celular *aumente* del 54% en 2017 al 59% en 2022. La descarga alivia las redes de datos móviles congestionadas con capacidad adicional. Con la entrada del 5G en el mercado, la descarga podría *aumentar aún más* al 71% para 2022.

Por tanto, se espera que el 5G y el Wi-Fi coexistan en un futuro previsible.

Impacto en el Diseño de Cableado

Diseñar una planta de cableado sólida para Wi-Fi 6 y posteriores, es fundamental para garantizar que:

- 1) La planta del cableado esté diseñada para adaptarse a las tasas de datos actuales y futuras, y a los requisitos de PoE
- 2) La planta de cableado tenga un diseño preparado para el futuro, con el fin de garantizar que pueda recibir la máxima vida útil y el retorno de su inversión

La información clave compartida en este documento incluye:

- 1) El Wi-Fi 6 de hoy tendrá necesidades de acceso de datos de hasta 10 Gbps
- 2) El Wi-Fi 6 y posteriores, mejorarán tecnologías como la conformación de haces y un mayor ancho de banda en múltiples bandas para permitir mayores densidades de puntos de acceso
- 3) Se proyecta que las tecnologías de Wi-Fi futuras como Wi-Fi 7 superen los 10 Gbps, por lo que Panduit recomienda dos cables de Categoría 6A por puerto de acceso para admitir velocidades de datos de hasta 20 Gbps

La primera implicación es que la Categoría 6A es el estándar, debido a su capacidad superior para manejar PoE y su capacidad para ejecutar velocidades de datos de hasta 10GBASE-T.

La segunda implicación es que las futuras tecnologías de Wi-Fi pueden requerir al menos dos cables de Categoría 6A para manejar las velocidades de datos necesarias más allá de los 10 Gbps.

La tercera implicación es que debido a tecnologías como la conformación de haces, es posible que estos puntos de acceso deban estar más cerca entre sí y verán una mayor densidad. Por lo tanto, se recomiendan dos cables adicionales de Categoría 6A para manejar los puntos de acceso inalámbricos agregados que funcionan a velocidades superiores a 10 Gbps.

Con base en estas implicaciones, la recomendación sería instalar al menos cuatro cables de Categoría 6A en cada punto de acceso. La Figura 5 destaca el uso de los cuatro cables en los Días 1, 2 y 3.

Conexiones Más Significativas

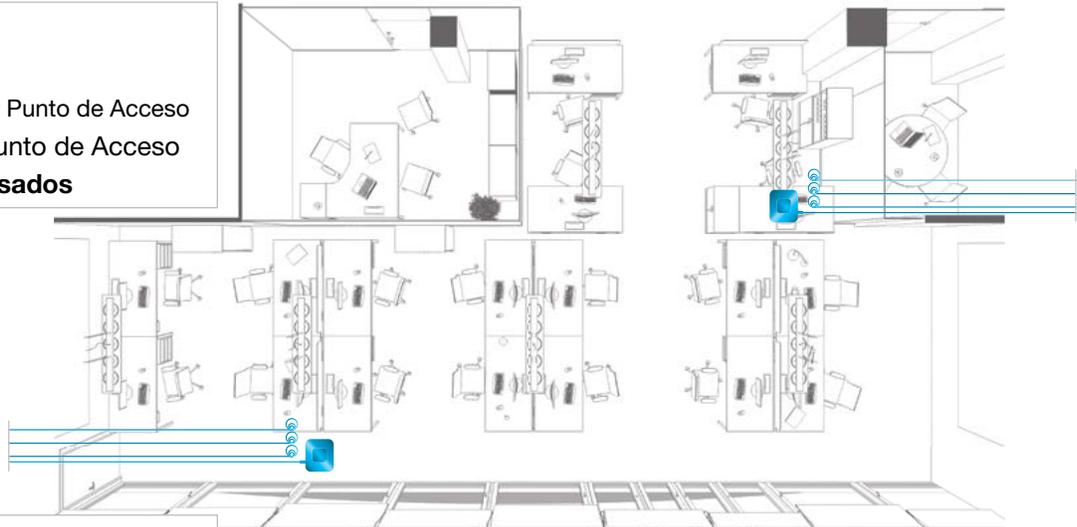
Día 1:

Wi-Fi 5 o 6

4 Cables Instalados por Punto de Acceso

1 Cable Usado por Punto de Acceso

25% de los cables usados



Día 2:

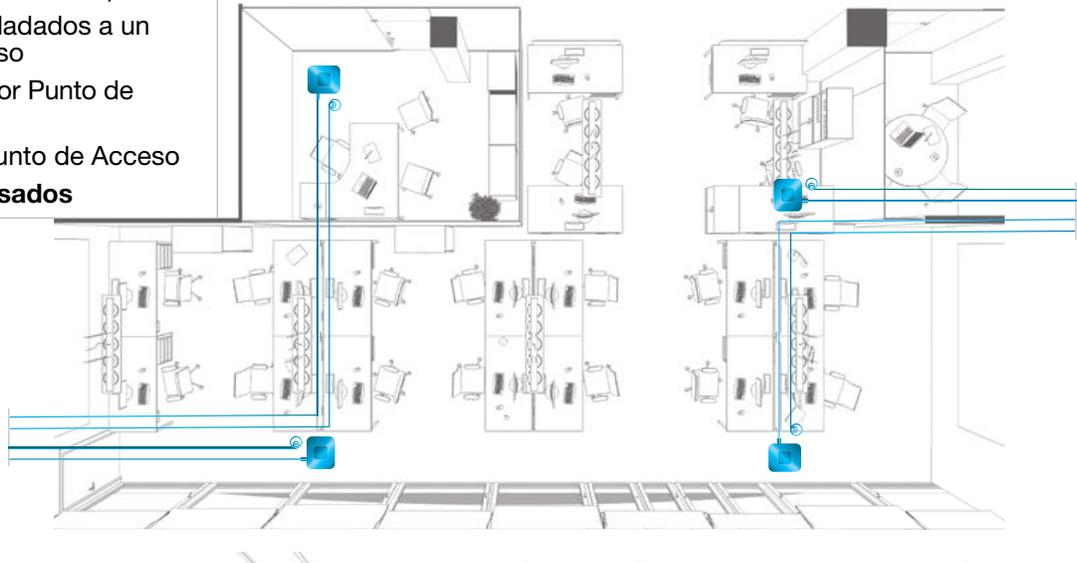
Wi-Fi 6 (Densidad aumentada)

2 cables sin usar trasladados a un nuevo punto de acceso

2 Cables Instalados por Punto de Acceso

1 Cable Usado por Punto de Acceso

50% de los cables usados



Día 3:

Wi-Fi 7 (Punto de Acceso Mejorado)

2 Cables Instalados por Punto de Acceso

2 Cables Usados por Punto de Acceso

100% de los cables usados

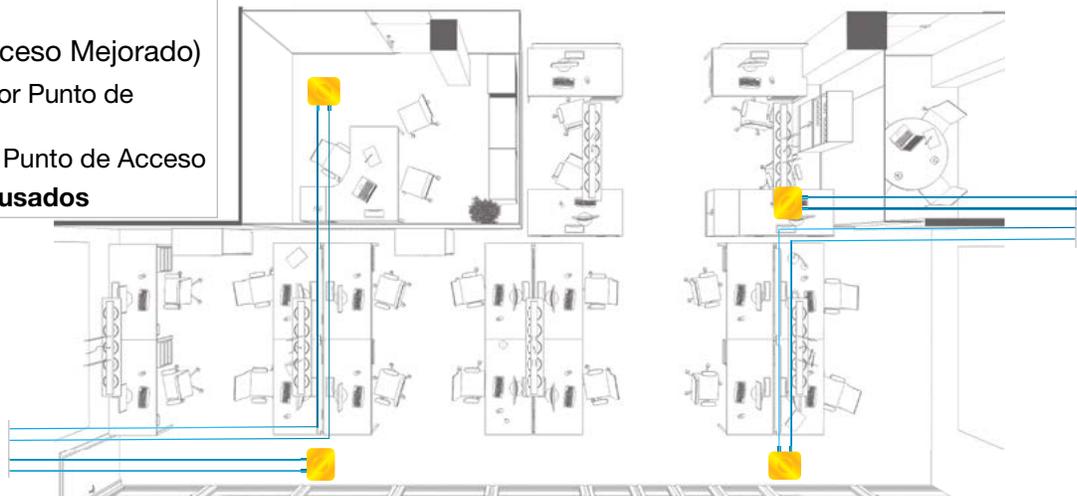


Figura 5. Ejemplo de cuatro cables por punto de acceso que se utilizan para aumentar la densidad (Día 2) y para admitir la adición de puertos para un rendimiento mejorado del punto de acceso (Día 3), todos utilizando la misma infraestructura de cableado instalada en el Día 1.

El Costo de Instalar un Cable Hoy en Contraste con el Mañana

Actualmente, la instalación de hasta cuatro cables donde inicialmente solo se utiliza uno puede resultar difícil de justificar. Sin embargo, tener el cable ya instalado hace que sea más fácil, rápido y económico aumentar la densidad del punto de acceso o adicionar enlaces cuando sea necesario.

Es mucho más costoso agregar cables cuando las paredes ya han sido levantadas y el edificio está ocupado porque se incurren costos adicionales. Esto incluye un cargo adicional por visita al sitio, mayor tiempo de instalación debido a las dificultades que ello implica, así como el pago de horas extras.

La Tabla 2 muestra los costos estimados relativos para diferentes opciones de instalación de cuatro cables. Los costos estimados dependen más de la mano de obra para realizar la instalación, que del costo del cable físico. Como se muestra, la inversión es menor al instalar todos los cables por adelantado.

Tabla 2. Opciones de Instalación de Cable y Costos Relativos

Opción	Descripción	Costo Inicial	Costo de Actualización	Costo Total
1	4 cables hoy	\$200	\$0	\$200
2	2 cables hoy, 2 cables en Día 2	\$100	\$1,000	\$1,100
3	1 cable hoy, 1 cable en Día 2, 2 cables en Día 3	\$50	\$1,500	\$1,550

Conclusión

El Wi-Fi 6 y posteriores brindarán otro salto en la tecnología inalámbrica y requerirán una infraestructura de Categoría 6A que habilite 10GBASE-T y PoE. [\(Para obtener información adicional sobre los requisitos de cableado para soportar alimentación a través de Ethernet, consulte *Power Over Ethernet Alimentación a través de Ethernet con cableado de cobre de Panduit*\).](#) Estos nuevos estándares inalámbricos utilizarán un mayor ancho de banda y una mejor conformación de haces para permitir mayores velocidades de datos y densidades más altas. El Wi-Fi 7 y posteriores probablemente verán requisitos de datos superiores a 10 Gbps y requerirán, al menos, dos cables de Categoría 6A.

Planificar una infraestructura de cableado preparada para el futuro, que soporte estándares inalámbricos hasta el Wi-Fi 7, implica seguir las siguientes recomendaciones:

- **Tipo de Cable:** Cables Categoría 6A para proporcionar rendimiento de PoE óptimo y para soportar velocidades de datos de hasta 10GBASE-T
- **Requisitos Mínimos:** Dos cables Categoría 6A por punto de acceso para permitir velocidades de hasta 20 Gbps con adición de enlaces
- **Recomendaciones Adicionales:** Dos cables de Categoría 6A adicionales por punto de acceso para permitir aumentar las densidades del punto de acceso inalámbrico
- **Ahorre Dinero Instalando Hoy:** Instalando enlaces en el Día 1 = \$35 a \$50; Día 2 = \$500 o más

En resumen, Panduit recomienda que coloque un mínimo de dos y hasta cuatro cables de Categoría 6A por punto de acceso para adaptarse de manera rentable a velocidades futuras y aumentos en la densidad del punto de acceso. Esto maximizará el retorno de la inversión y garantizará una planta de cableado robusta con una larga vida útil.



PANDUIT™

Desde 1955, la cultura de curiosidad y pasión de Panduit por la resolución de problemas ha permitido conexiones más significativas entre los objetivos comerciales de las empresas y el éxito de su mercado. Panduit crea soluciones de infraestructura física, eléctrica y de redes de vanguardia para entornos empresariales, desde el centro de datos hasta la sala de telecomunicaciones, desde el área de oficinas hasta la planta. Con sede en Tinley Park, Illinois, EE. UU. y con operaciones en 112 ubicaciones globales, la reputación comprobada de Panduit por su calidad y liderazgo tecnológico, junto con un sólido ecosistema de socios, ayudan a respaldar, sostener y potenciar el crecimiento empresarial en un mundo conectado.

Para más información

Visítenos en www.panduit.com

Busque estos documentos adicionales patrocinados por Panduit:

Haciendo Su Centro de Datos Más Eficiente

Infraestructura que Habilita sus Estrategias de Virtualización

LA INFORMACIÓN CONTENIDA EN ESTE ARTÍCULO PRETENDE SER UNA GUÍA PARA EL USO DE PERSONAS CON HABILIDAD TÉCNICA BAJO SU PROPIO CRITERIO Y RIESGO. ANTES DE USAR CUALQUIER PRODUCTO PANDUIT, EL COMPRADOR DEBE DETERMINAR LA IDONEIDAD DEL MISMO PARA EL USO PREVISTO. PANDUIT RENUNCIA A CUALQUIER RESPONSABILIDAD QUE SURJA DE CUALQUIER INFORMACIÓN CONTENIDA AQUÍ O POR AUSENCIA DE LA MISMA.

Todos los productos Panduit están sujetos a los términos, condiciones y limitaciones de su garantía limitada de producto vigente en ese momento, disponible en www.panduit.com/warranty.

* Todas las marcas comerciales, marcas de servicio, nombres comerciales, nombres de productos y logotipos que aparecen en este documento son propiedad de sus respectivos dueños.

SUBSIDIARIAS DE PANDUIT EN LATINOAMÉRICA

PANDUIT MÉXICO
Tel: 01800 112 7000
01800 112 9000

PANDUIT COLOMBIA
Tel: (571) 427-6238

PANDUIT CHILE
Tel: (562) 2820-4215

PANDUIT PERÚ
Tel: (511) 712-3925

latam-info@panduit.com