

*Análisis sistemático de protocolos de optimización de rendimiento en  
redes WiFi: una revisión del estado del arte (2019-2024)*

**Systematic Analysis of Performance Optimization Protocols in WiFi  
Networks: A State-of-the-Art Review (2019-2024)**

Michael Steven Olivo Encalada

María de los Ángeles Chávez Naranjo

# Análisis sistemático de protocolos de optimización de rendimiento en redes WiFi: una revisión del estado del arte 2019 - 2024

## Systematic Analysis of Performance Optimization Protocols in WiFi Networks: A State-of-the-Art Review (2019-2024)

Michael Steven Olivo Encalada<sup>1</sup>, María de los Ángeles Chávez Naranjo<sup>2</sup>

Olivo M., Chavez. M. (2025). Análisis sistemático de protocolos de optimización de rendimiento en redes WiFi: una revisión del estado del arte (2019-2024). *Revista Instituto Superior Tecnológico Vicente Rocafuerte*. xxx (x), pp.: 2-13. DOI: <https://doi.org/10.53591/rug.x.x.xx>

### RESUMEN

Este artículo analiza la evolución de los estándares WiFi entre 2019 y 2024 y evalúa los avances y desafíos en la optimización del rendimiento de las redes inalámbricas. Se realizó una revisión sistemática de la literatura en bases de datos indexadas como, IEEE Xplore y Google Scholar, considerando investigaciones sobre eficiencia espectral, capacidad de conexión y reducción de latencia. El estudio indicó que la transición de WiFi 5 a WiFi 6 y WiFi 6E mejoró significativamente la gestión del espectro y la transmisión de datos en entornos de alta densidad, gracias a tecnologías como OFDMA y MU-MIMO mejorado. Además, la adopción de WiFi 6E amplió el uso del espectro en la banda de 6 GHz, reduciendo la congestión en frecuencias tradicionales. La implementación de WiFi 7 presentó desafíos en cuanto a interoperabilidad y seguridad, aunque mostró un gran potencial con capacidades de hasta 30 Gbps y menor latencia gracias a la tecnología Multi-Link Operation (MLO). Se concluyó que las mejoras en modulación, gestión del espectro y acceso múltiple

<sup>1</sup> Estudiante de Tecnología Superior en Diseño y Mantenimiento de Redes, Instituto Superior Tecnológico Vicente Rocafuerte, Ecuador. [ms.olivo@stvr.edu.ec](mailto:ms.olivo@stvr.edu.ec), ORCID. 0009-0006-7949-5684

<sup>2</sup> Docente, Instituto Superior Tecnológico Vicente Rocafuerte, Guayaquil – Ecuador, [mchavez@istvr.edu.ec](mailto:mchavez@istvr.edu.ec) ORCID.0009-0001-7377-9559



impulsaron el desempeño de las redes WiFi, pero persisten desafíos en infraestructura y adopción generalizada, lo que evidencia la necesidad de futuras investigaciones.

**Palabras clave:** WiFi 6, WiFi 7, rendimiento de redes, optimización, tecnologías inalámbricas.

## ABSTRACT

This article analyzes the evolution of WiFi standards between 2019 and 2024 and assesses the advancements and challenges in optimizing WiFi network performance wireless networks. A systematic literature review was conducted in indexed databases such as Scopus, IEEE Xplore and Google Scholar, considering research on spectral efficiency, connection capacity and latency reduction. The study indicated that the transition from WiFi 5 to WiFi 6 and WiFi 6E significantly improved spectrum management and data transmission in high-density environments, thanks to technologies such as OFDMA and enhanced MU-MIMO. Furthermore, the adoption of WiFi 6E expanded the use of the spectrum in the 6 GHz band, reducing congestion in traditional frequencies. The implementation of WiFi 7 presented challenges in terms of interoperability and security, although it showed great potential with capacities of up to 30 Gbps and lower latency thanks to Multi-Link Operation (MLO) technology. It was concluded that improvements in modulation, spectrum management and multiple access boosted the performance of Wi-Fi networks, but challenges in infrastructure and widespread adoption persist, highlighting the need for future research.

**Keywords:** WiFi 6, WiFi 7, network performance, optimization, wireless technologies.

## INTRODUCCIÓN

En un mundo cada vez más interconectado, la conectividad inalámbrica se ha convertido en un pilar fundamental de la sociedad digital. Sin embargo, el crecimiento abismal de dispositivos conectados ha generado una mayor demanda de ancho de banda, lo que plantea muchos problemas en la infraestructura, interoperabilidad y seguridad de las redes WiFi.

WiFi ha transformado la forma en que las personas interactúan con la tecnología, facilitando la conectividad en diversos sectores clave de la sociedad. Su accesibilidad y facilidad de implementación han impulsado su adopción masiva en hogares, empresas, instituciones educativas y centros de salud, redefiniendo la manera en que se accede a la información y se prestan servicios esenciales.

En el ámbito educativo, las redes WiFi han permitido el acceso a plataformas de aprendizaje en línea, facilitando la interacción remota entre estudiantes y docentes a través de videoconferencias, aulas virtuales y recursos digitales. La educación a distancia ha cobrado una relevancia sin precedentes en los últimos años, especialmente tras la pandemia de COVID-19, demostrando la importancia de una conectividad confiable para garantizar el acceso equitativo al conocimiento sin limitaciones geográficas.

En el sector sanitario, la conectividad inalámbrica ha impulsado el desarrollo de la telemedicina, permitiendo que los pacientes reciban atención médica a distancia mediante videollamadas y monitoreo remoto. Además, los dispositivos médicos inteligentes conectados a WiFi han facilitado el seguimiento de enfermedades crónicas y el acceso inmediato a historiales clínicos, mejorando la eficiencia en la atención sanitaria y optimizando los tiempos de respuesta en situaciones de emergencia.

En las empresas han experimentado una transformación digital significativa gracias a las redes WiFi, optimizando la productividad mediante herramientas basadas en la nube, conferencias virtuales y trabajo colaborativo en tiempo real. Las oficinas inteligentes aprovechan la conectividad inalámbrica para gestionar dispositivos IoT, automatizar procesos y mejorar la comunicación entre equipos de trabajo distribuidos globalmente. La flexibilidad que proporciona WiFi ha impulsado el auge del teletrabajo y los espacios de coworking, adaptándose a las nuevas dinámicas laborales.

El sector del entretenimiento ha evolucionado en gran medida gracias a la conectividad WiFi, permitiendo el auge del streaming de video, los juegos en línea y las plataformas de contenido digital. Servicios como Netflix, YouTube y Spotify dependen de conexiones estables para ofrecer experiencias de usuario fluidas y de alta calidad. Asimismo, la popularización de los hogares inteligentes ha sido impulsada por las redes WiFi, permitiendo la integración de dispositivos como asistentes de voz, cámaras de seguridad y electrodomésticos conectados, mejorando la comodidad y seguridad en la vida cotidiana.

Uno de los principales desafíos que enfrenta la tecnología WiFi en la actualidad es la saturación del espectro radioeléctrico y la consecuente congestión de la red. El creciente número de dispositivos conectados, como teléfonos inteligentes, computadoras, televisores inteligentes y dispositivos del Internet de las Cosas (IoT), ha incrementado significativamente la demanda de ancho de banda. En particular, los equipos con sensores que permiten la transmisión y recepción de datos han contribuido a una mayor utilización de los canales de comunicación inalámbrica.

Asimismo, el auge de aplicaciones de alto consumo, como el streaming de contenido en resolución 4K y las videoconferencias, ha puesto de manifiesto las limitaciones de los protocolos WiFi tradicionales. Estas versiones anteriores no han sido diseñadas para gestionar de manera eficiente el

tráfico de datos en entornos de alta densidad, lo que genera una disminución en el rendimiento y una experiencia de usuario óptimos

Una de las estrategias más eficaces para abordar estos problemas es la implementación de redes en malla (Mesh Networks). Este tipo de arquitectura permite la interconexión de múltiples puntos de acceso que trabajan de manera coordinada para distribuir la señal de forma homogénea en entornos de gran extensión. A diferencia de los sistemas tradicionales, en los que un único enrutador central gestiona toda la comunicación, las redes en malla optimizan la cobertura y reducen la saturación al permitir que los dispositivos se conecten al nodo más cercano con mejor señal.

Otra solución fundamental es la optimización en la asignación del ancho de banda. Algunos sistemas de gestión de redes permiten distribuir de manera diferenciada los recursos disponibles, asignando mayores velocidades a dispositivos que requieren una conexión estable y de alto rendimiento, como los utilizados para videoconferencias o transmisión de contenido en alta definición. Esta estrategia evita la congestión de la red y mejora la experiencia del usuario en entornos con múltiples dispositivos conectados simultáneamente.

Finalmente, la actualización del firmware de los enrutadores es un factor clave para garantizar el uso eficiente de la red. Mantener el software actualizado permite incorporar mejoras en seguridad, optimización del tráfico de datos y eficiencia energética. Las actualizaciones periódicas aseguran la compatibilidad con nuevos protocolos y estándares, lo que se traduce en un mejor desempeño y una mayor estabilidad en la conexión.

El avance del Internet de las Cosas requiere infraestructuras de red capaces de soportar un tráfico de datos cada vez más complejo. La combinación de redes en malla, gestión optimizada del ancho de banda y actualizaciones constantes en los dispositivos de red resulta esencial para mitigar los efectos de la congestión y garantizar un acceso inalámbrico eficiente y confiable.

El desarrollo de las redes WiFi ha sido un proceso de constante evolución tecnológica, cuyos orígenes se remontan a la década de 1970. En ese periodo, la Universidad de Hawái implementó ALOHAnet, un sistema pionero de comunicación inalámbrica que estableció las bases para la transmisión de datos sin cables. Años más tarde, en 1991, la empresa NCR Corporation, en colaboración con AT&T, desarrolló WaveLAN, una de las primeras redes inalámbricas comerciales y precursora directa de la tecnología WiFi.

Un avance significativo se produjo en 1997 con la estandarización del protocolo 802.11 por parte del Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE). Este primer estándar permitía una velocidad de transmisión de hasta 2 Mbps, una cifra modesta en comparación con los estándares actuales, pero que representaba una innovación fundamental en el ámbito de las telecomunicaciones.

A partir de entonces, el estándar 802.11 ha experimentado múltiples mejoras. En 1999, la versión 802.11b elevó la velocidad a 11 Mbps, mientras que 802.11a, operando en la banda de 5 GHz, redujo las interferencias con otros dispositivos electrónicos. Posteriormente, en 2003, la aparición de 802.11g supuso un incremento considerable en la velocidad de transmisión, alcanzando hasta 54 Mbps y optimizando la eficiencia de las redes inalámbricas.

El avance de la tecnología continuó en 2009 con la introducción de 802.11n, que incorporó la tecnología MIMO (Multiple Input, Multiple Output). Este nuevo enfoque permitió la transmisión de datos a través de múltiples antenas, aumentando la capacidad de transferencia hasta 600 Mbps. En 2013, la llegada de 802.11ac supuso un nuevo hito en la evolución de las redes WiFi, al mejorar la eficiencia espectral y alcanzar velocidades de hasta 1 Gbps en la banda de 5 GHz.

Las versiones más recientes de esta tecnología han llevado la conectividad inalámbrica a niveles sin precedentes. WiFi 6 (802.11ax) y WiFi 6E han optimizado la eficiencia en entornos de alta densidad

y reducido la latencia mediante tecnologías como OFDMA y MU-MIMO mejorado. Actualmente, el desarrollo de WiFi 7 (802.11be) promete un aumento exponencial en la velocidad, con valores superiores a 30 Gbps, y una reducción significativa en la latencia, lo que garantizará una experiencia de usuario más fluida y confiable.

A lo largo de los años, el estándar IEEE 802.11 ha experimentado una constante evolución con el objetivo de mejorar la velocidad, la eficiencia y la estabilidad de las redes inalámbricas. Cada una de sus versiones ha incorporado avances tecnológicos que optimizan la conectividad en distintos entornos, respondiendo a la creciente demanda de ancho de banda y a la proliferación de dispositivos conectados.

El lanzamiento de WiFi 4 (IEEE 802.11n) en 2009 marcó un hito en la evolución de las redes inalámbricas al introducir la tecnología MIMO (Multiple Input, Multiple Output), la cual permitió mejorar significativamente la velocidad y la cobertura de la señal. Este estándar opera en las bandas de 2.4 GHz y 5 GHz, alcanzando velocidades de hasta 600 Mbps, lo que representó un gran avance en términos de eficiencia en la transmisión de datos.

En 2013, la llegada de WiFi 5 (IEEE 802.11ac) supuso una optimización sustancial en el rendimiento de las redes inalámbricas. Este estándar incorporó la modulación 256-QAM y operó exclusivamente en la banda de 5 GHz, lo que permitió reducir interferencias y mejorar la estabilidad de la conexión. Con canales más anchos de hasta 160 MHz y velocidades que alcanzaban los 6.9 Gbps, WiFi 5 se consolidó como una solución eficiente para entornos con múltiples dispositivos conectados. Además, introdujo la tecnología MU-MIMO, la cual posibilitó la comunicación simultánea con varios dispositivos, disminuyendo la latencia y optimizando el tráfico de la red.

WiFi 6 (IEEE 802.11ax), lanzado en 2019, representó un avance significativo en la optimización de redes de alta densidad. A diferencia de sus predecesores, este estándar opera tanto en las bandas de 2.4 GHz como en 5 GHz, ofreciendo velocidades de hasta 9.6 Gbps y mejorando la eficiencia en la gestión del tráfico de datos.

Una extensión de este estándar es WiFi 6E, que introduce la banda de 6 GHz para ampliar el espectro disponible y reducir la interferencia con los dispositivos que operan en las bandas tradicionales. Esta versión ofrece conexiones más estables y mitiga la congestión en redes con alta demanda.

Actualmente, se encuentra en desarrollo WiFi 7 (IEEE 802.11be), cuya llegada está prevista entre 2024 y 2025. Este nuevo estándar promete velocidades superiores a 30 Gbps, una reducción drástica de la latencia y mejoras sustanciales en la capacidad de transmisión, lo que lo convierte en una opción ideal para aplicaciones que requieren un alto rendimiento, como la realidad virtual, el gaming en la nube y la transmisión de contenido en 8K.

A lo largo de los últimos años, la evolución de los estándares WiFi ha transformado la manera en que nos comunicamos. Desde WiFi 4 y WiFi 5 hasta WiFi 6 y WiFi 6E, cada generación ha mejorado la eficiencia espectral, la latencia y la capacidad de conexión en entornos de alta densidad. Actualmente, la llegada de WiFi 7 garantiza cumplir con velocidades de hasta 30 Gbps y menor latencia mediante la tecnología Multi-Link Operation (MLO).

No obstante, a pesar de estos progresos, persisten disgustos en términos de compatibilidad entre dispositivos y la infraestructura necesaria para soportar nuevas frecuencias y inquietud en ciberseguridad. En este contexto, surge la necesidad de analizar el impacto de la evolución de los estándares WiFi en el desempeño de las redes inalámbricas.

WiFi es una de las tecnologías de conectividad más utilizadas en el mundo, pero no es la única. Existen otras soluciones inalámbricas, como LiFi, Bluetooth y redes móviles (4G y 5G), cada una con características específicas que las hacen más adecuadas para distintos escenarios.

LiFi (Light Fidelity) es una tecnología emergente que transmite datos mediante luz visible en lugar de ondas de radio. Su principal ventaja sobre WiFi es la mayor velocidad de transmisión, ya que el espectro de luz es mucho más amplio que el de radiofrecuencia. Sin embargo, presenta limitaciones importantes, como la necesidad de una línea de visión directa entre emisor y receptor, además de la incapacidad de atravesar obstáculos. Estas restricciones reducen su aplicabilidad en comparación con WiFi, que ofrece mayor flexibilidad en entornos diversos.

Bluetooth es una tecnología diseñada para la comunicación de corto alcance entre dispositivos, como teléfonos, audífonos y periféricos de computadoras. A diferencia de WiFi, que proporciona conectividad en redes de mayor tamaño, Bluetooth consume menos energía y opera en un rango reducido (generalmente hasta 10 metros). Aunque su velocidad de transmisión es considerablemente menor que la de WiFi, resulta ideal para aplicaciones IoT y dispositivos portátiles que requieren una conexión estable sin un alto consumo de energía.

Las redes móviles, como 4G y 5G, permiten la conectividad a gran escala sin necesidad de una infraestructura local, como un router WiFi. 4G ofrece velocidades adecuadas para navegación y streaming, mientras que 5G promete tasas de transferencia hasta 100 veces mayores y menor latencia, lo que lo hace ideal para aplicaciones en tiempo real, como vehículos autónomos y realidad aumentada. No obstante, WiFi sigue siendo la opción preferida en entornos cerrados debido a su menor costo operativo y la ausencia de tarifas por consumo de datos, lo que lo convierte en una solución más accesible para el uso doméstico y empresarial.

El futuro de las redes WiFi está estrechamente vinculado a la evolución de la inteligencia artificial (IA), la expansión de las redes 5G y su convergencia con otras tecnologías emergentes. Estas innovaciones buscan mejorar la eficiencia, seguridad y adaptabilidad de las conexiones inalámbricas en un mundo cada vez más digitalizado, donde la demanda de ancho de banda y estabilidad sigue en aumento.

La incorporación de la inteligencia artificial en la gestión de redes WiFi permitirá optimizar el rendimiento y la asignación de recursos de manera dinámica. Mediante el uso de algoritmos de aprendizaje automático, los sistemas podrán analizar el tráfico en tiempo real, detectar anomalías y predecir posibles fallos antes de que afecten la experiencia del usuario.

El despliegue global de las redes 5G está marcando el inicio de una nueva era en las telecomunicaciones, y su integración con WiFi será fundamental para garantizar una conectividad más eficiente y de alto rendimiento. Aunque ambas tecnologías tienen diferencias clave WiFi es ideal para redes locales, mientras que 5G proporciona cobertura móvil a gran escala, su convergencia permitirá aprovechar las fortalezas de cada una para optimizar la experiencia de conectividad.

Este estudio tiene como objetivo general evaluar el impacto de la evolución de los estándares WiFi en el desempeño de las redes inalámbricas entre 2019 y 2024, identificando sus beneficios y limitaciones. Se plantea la hipótesis de que, si bien las mejoras en modulación, acceso múltiple y gestión del espectro han optimizado el rendimiento de las redes WiFi, la adopción de nuevas generaciones sigue enfrentando dificultades debido a barreras de infraestructura y seguridad. Para abordar esta problemática, se llevó a cabo una revisión sistemática en bases de datos científicas como Scopus, IEEE Xplore y Google Scholar, examinando aspectos clave como eficiencia espectral, capacidad de conexión y mitigación de interferencias.

Más allá de los datos, este análisis pone sobre la mesa la necesidad de estrategias que permitan optimizar el rendimiento de las redes inalámbricas y garantizar una conectividad más eficiente y segura en los próximos años.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Este estudio examina el rendimiento de las redes WiFi y las estrategias de optimización aplicadas en distintos entornos mediante una metodología mixta, que integra enfoques cuantitativos y cualitativos. La combinación de estos enfoques posibilita un análisis más amplio y detallado del problema, permitiendo una evaluación completa desde múltiples perspectivas.

El enfoque cuantitativo es fundamental para evaluar el impacto de las estrategias de optimización a través de métricas objetivas, como la latencia, el ancho de banda, la pérdida de paquetes y la estabilidad de la conexión. La recopilación y comparación de estos datos antes y después de la implementación de las técnicas de mejora facilita la identificación de patrones de rendimiento y permite extraer conclusiones fundamentadas sobre la efectividad de cada estrategia.

Por su parte, el enfoque cualitativo complementa el análisis cuantitativo al incorporar información obtenida de la experiencia de expertos y de la revisión de literatura científica. Este enfoque permite contextualizar los resultados, proporcionando una visión más profunda sobre las mejores prácticas y tendencias en la optimización de redes WiFi.

El estudio se enfocó en redes WiFi utilizadas en entornos residenciales y empresariales, considerando diversas configuraciones y niveles de carga de usuarios. Para ello, se seleccionaron 10 redes WiFi en distintos escenarios, incluyendo hogares, oficinas y entornos industriales, asegurando que en cada caso hubiera al menos cinco dispositivos conectados de manera simultánea.

En primer lugar, se tuvo en cuenta el entorno de uso, identificando tres tipos principales de escenarios. En los entornos residenciales, las redes WiFi operaban en hogares con un mínimo de cinco dispositivos conectados al mismo tiempo. En los entornos empresariales, se incluyeron oficinas y negocios con tráfico de datos de moderado a alto. Finalmente, en los entornos industriales, las redes estaban presentes en fábricas o almacenes, caracterizados por un elevado número de dispositivos IoT. Además, se garantizó la inclusión de equipos de red con distintos estándares tecnológicos, seleccionando routers compatibles con WiFi 4, WiFi 5 y WiFi 6, lo que permitió analizar el impacto de las optimizaciones en diferentes generaciones de tecnología inalámbrica.

Otro criterio clave fue la cantidad de dispositivos conectados en cada red. Se estableció como requisito que cada red soportara al menos cinco dispositivos activos de forma simultánea, incluyendo computadoras, teléfonos inteligentes y dispositivos IoT. Esta selección permitió evaluar la congestión de la red y analizar el efecto de las estrategias de optimización en escenarios de alta demanda.

La selección de 10 redes WiFi tuvo como objetivo representar una variedad de entornos de uso, considerando factores como la cantidad de dispositivos conectados, el nivel de interferencias y el tipo de aplicaciones utilizadas en cada red. Este número fue elegido para lograr un equilibrio entre la diversidad de escenarios y la viabilidad del análisis, permitiendo que las pruebas se realizaran dentro del tiempo estipulado para el estudio.

Para garantizar la variabilidad en las condiciones de prueba, se incluyeron redes pertenecientes a tres entornos principales. En primer lugar, se evaluaron redes residenciales, ubicadas en hogares con al menos cinco dispositivos conectados simultáneamente, con el fin de analizar el impacto de la congestión doméstica en el rendimiento de la conexión.

Se incluyeron redes en entornos empresariales, como oficinas y negocios con tráfico de datos moderado a alto. En estos casos, la optimización del rendimiento resultaba esencial para garantizar la continuidad operativa y la productividad.

Finalmente, se consideraron redes en entornos industriales, específicamente en fábricas y almacenes con una alta densidad de dispositivos IoT. La inclusión de estas redes permitió examinar el impacto de múltiples conexiones simultáneas en la estabilidad y eficiencia del sistema inalámbrico.

El procedimiento metodológico del estudio se estructuró en cuatro fases, garantizando un enfoque sistemático para evaluar el rendimiento de las redes WiFi y la efectividad de las estrategias de optimización implementadas.

En la primera fase, se llevó a cabo una recopilación de información mediante la revisión de fuentes académicas y técnicas reconocidas, incluyendo bases de datos como IEEE Xplore, SpringerLink y ScienceDirect. Paralelamente, para medir el rendimiento de las redes WiFi, se emplearon herramientas especializadas como Wireshark, NetSpot e iPerf3, permitiendo obtener datos comparativos antes y después de la implementación de las estrategias de optimización.

Cada una de estas herramientas desempeñó un papel clave en la evaluación del rendimiento de las redes WiFi antes y después de la implementación de estrategias de optimización, permitiendo obtener información detallada sobre distintos aspectos del funcionamiento de la red.

Para garantizar la comparabilidad de los resultados, se estableció un protocolo estandarizado para la ejecución de las pruebas en cada entorno. Este protocolo permitió obtener mediciones consistentes y minimizar el impacto de factores externos en los resultados.

Las pruebas se realizaron en dos franjas horarias estratégicas. La primera, en horario de alta demanda (entre las 18:00 y las 22:00), cuando el tráfico en la red es más intenso debido al uso simultáneo de múltiples dispositivos. La segunda, en horario de baja demanda (entre las 10:00 y las 12:00), donde la congestión es menor y se presentan menos interferencias externas.

Cada prueba tuvo una duración de 30 minutos, con mediciones registradas cada 5 minutos para evaluar la estabilidad de la conexión a lo largo del tiempo. Para mejorar la precisión de los resultados, cada estrategia de optimización aplicada fue sometida a tres repeticiones, reduciendo la influencia de variaciones momentáneas en el tráfico de la red.

Además, se midió la calidad de la conexión en tres ubicaciones distintas dentro de cada entorno de prueba. La primera medición se realizó a una distancia corta (1 metro del router), evaluando el rendimiento en condiciones óptimas. Luego, se tomó una segunda medición a distancia media (5 metros del router, sin obstáculos), representando un escenario común en oficinas o salas amplias. Finalmente, se evaluó la conexión a distancia larga (10 metros del router, con obstáculos físicos como paredes), permitiendo analizar el impacto de las barreras estructurales en la señal WiFi.

Por último, se incluyó un análisis del rendimiento de la red bajo diferentes niveles de carga de tráfico. Para ello, se conectaron dispositivos adicionales, como smart TVs en streaming, videollamadas simultáneas y descargas en segundo plano. Estas condiciones permitieron evaluar cómo la latencia y la estabilidad de la red se veían afectadas en escenarios de alta exigencia.

Wireshark fue utilizado para la captura y análisis de paquetes de datos, facilitando la identificación de problemas como latencia, pérdida de paquetes y congestión en la red. Gracias a esta herramienta, fue posible detectar patrones en el tráfico, posibles interferencias y anomalías en la transmisión de datos, lo que permitió tomar decisiones informadas sobre las mejoras a implementar.

Por su parte, NetSpot desempeñó un papel clave en el mapeo de la cobertura de la señal WiFi y en el análisis de la distribución del espectro. Esta herramienta facilitó la identificación de interferencias y

la selección de los canales óptimos dentro de las bandas de 2.4 GHz y 5 GHz, contribuyendo a mejorar la estabilidad de la conexión.

Asimismo, Perf3 se utilizó para medir el ancho de banda y la estabilidad de la conexión en distintos escenarios de prueba. A través de esta herramienta, se realizaron evaluaciones del rendimiento de la red mediante pruebas de velocidad de carga y descarga bajo diferentes niveles de congestión, proporcionando datos clave para el análisis del impacto de las estrategias de optimización aplicadas.

Además, toda la información recopilada a partir de entrevistas en línea y artículos científicos fue utilizada exclusivamente con fines académicos, asegurando su correcta citación conforme a las normas establecidas para garantizar la trazabilidad y credibilidad de los datos.

En la segunda fase, se llevó a cabo la implementación de diversas estrategias de optimización. Se aplicaron técnicas como la optimización del canal WiFi, utilizando software de análisis espectral para reducir interferencias; la priorización de tráfico (QoS), configurando calidad de servicio en routers compatibles para garantizar un mejor rendimiento en aplicaciones críticas; el ajuste de potencia de transmisión, con el fin de mejorar la cobertura y minimizar la superposición de señales; y la optimización de la configuración de banda, evaluando el impacto del uso de redes de 2.4 GHz y 5 GHz en la estabilidad y velocidad de conexión.

Además del análisis de rendimiento, se evaluó el impacto de las estrategias de optimización en el consumo energético de los routers WiFi. Este aspecto es relevante, ya que ciertas configuraciones pueden influir en la eficiencia energética de los dispositivos de red. Para ello, se realizaron mediciones del consumo eléctrico antes y después de aplicar técnicas como la priorización de tráfico (QoS), la optimización del canal WiFi y la gestión de bandas de frecuencia.

Para obtener estos datos, se empleó un medidor de consumo eléctrico conectado a cada router durante las pruebas. Se registró el consumo en vatios (W) en distintos escenarios con el fin de analizar posibles variaciones en el gasto energético.

El primer lugar se evaluó fue el uso convencional del router sin modificaciones en la configuración, sirviendo como referencia para las mediciones posteriores. Posteriormente, se analizó el consumo tras la implementación de QoS, donde se priorizaron aplicaciones críticas, como videollamadas y streaming, para verificar si esta estrategia afectaba el uso de energía.

Finalmente, se midió el impacto de la optimización del canal y la gestión de bandas de frecuencia, ajustando los routers a canales menos congestionados y promoviendo el uso de la banda de 5 GHz en dispositivos con alto consumo de datos. Estos análisis permitieron identificar cómo las estrategias de optimización no solo mejoran el rendimiento de la red, sino que también pueden influir en la eficiencia energética del sistema.

La tercera fase consistió en el análisis de los datos recopilados. Para el procesamiento de la información cuantitativa, se utilizaron herramientas como Microsoft Excel y Python, con el apoyo de bibliotecas como Pandas y Matplotlib, lo que permitió generar gráficos comparativos y visualizar el impacto de cada estrategia aplicada. En cuanto al análisis cualitativo, se empleó la herramienta NVivo, facilitando la organización y categorización de las respuestas obtenidas de los expertos en redes inalámbricas.

Por último, en la cuarta fase, se realizó el tratamiento de los resultados mediante métodos estadísticos. Se aplicó la prueba t de Student para determinar la existencia de diferencias significativas en el rendimiento de las redes antes y después de la optimización. Adicionalmente, se efectuó un análisis de correlación con el objetivo de identificar la relación entre las estrategias implementadas y la mejora

en las métricas de rendimiento, proporcionando una evaluación integral del impacto de las optimizaciones aplicadas.

Para evaluar la relación entre las métricas de rendimiento antes y después de la optimización, se llevó a cabo un análisis de correlación de Pearson. Este método permitió determinar la fuerza y dirección de la relación entre variables clave, como la latencia, el ancho de banda, la estabilidad de la conexión y la congestión de la red.

Se analizó la relación entre la latencia y el ancho de banda, encontrándose una correlación negativa moderada ( $r = -0.68$ ). Esto indica que, tras la optimización, a medida que la latencia disminuyó, el ancho de banda experimentó un aumento, lo que resultó en una mejora significativa en la calidad de la conexión.

Por otro lado, se examinó el impacto de la selección de canal en la reducción de interferencias, obteniéndose una correlación significativa ( $r = -0.76$ ). Este resultado sugiere que la elección adecuada del canal minimizó la interferencia de otras redes cercanas, lo que contribuyó a una mayor estabilidad en la conexión WiFi y una reducción de las fluctuaciones en el rendimiento.

Finalmente, se evaluó la relación entre la cantidad de dispositivos conectados y la pérdida de paquetes, donde se evidenció una correlación positiva ( $r = 0.82$ ). Este hallazgo confirma que, en redes sin estrategias de priorización de tráfico, un mayor número de dispositivos conectados generaba un incremento en la pérdida de paquetes, lo que deterioraba la calidad general de la conexión.

Si bien este estudio ofrece información relevante sobre la optimización de redes WiFi, es importante reconocer ciertas limitaciones que pueden influir en la interpretación de los resultados. Una de las principales restricciones radica en el número limitado de redes analizadas, lo que podría afectar la capacidad de generalizar los hallazgos a otros entornos con configuraciones y condiciones diferentes. Asimismo, las pruebas se llevaron a cabo en contextos específicos que, aunque representativos, no abarcan la totalidad de escenarios posibles en el uso de redes inalámbricas.

Otro aspecto para considerar es la variabilidad de la interferencia electromagnética, ya que factores externos, como cambios en la cantidad de dispositivos conectados o la aparición de nuevas redes en el entorno, pueden haber afectado los resultados obtenidos. Estas fluctuaciones pueden introducir variaciones en el rendimiento de las redes que no fueron completamente controladas en el estudio.

Para futuras investigaciones, se recomienda ampliar la muestra de redes evaluadas y realizar pruebas en una mayor diversidad de entornos. Esto permitiría obtener resultados más representativos y aplicables a distintos escenarios, mejorando la validez externa de los hallazgos y proporcionando una visión más completa de la optimización de redes WiFi en diversas condiciones de operación.

Este estudio se llevó a cabo bajo estrictos principios éticos para asegurar la transparencia y confiabilidad de los datos recopilados. Toda la información utilizada provino de fuentes legítimas y accesibles al público, incluyendo artículos científicos y entrevistas en línea, y fue citada de manera rigurosa conforme a las normas académicas establecidas.

Se garantizó la privacidad de los participantes al no divulgar datos personales ni modificar las declaraciones de los expertos consultados, preservando la autenticidad de sus aportes. Además, para evitar sesgos en la interpretación de los resultados, se emplearon herramientas especializadas que permitieron realizar mediciones objetivas del rendimiento de las redes WiFi antes y después de la optimización.

A lo largo de todas las fases del estudio, se priorizó la integridad de los datos, asegurando que las conclusiones obtenidas reflejaran con precisión el impacto de las estrategias implementadas. Esto permitió un análisis confiable y fundamentado, contribuyendo al desarrollo de mejores prácticas en la optimización de redes inalámbricas.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de la literatura permitió identificar mejoras significativas en los estándares WiFi, así como retos que aún persisten. Los hallazgos se organizaron en tres áreas clave:

**De WiFi 5 a WiFi 6 y WiFi 6E:** La introducción de OFDMA (Orthogonal Frequency Division Multiple Access) y una versión mejorada de MU-MIMO (Multi-User, Multiple Input, Multiple Output) optimizó el uso del espectro, permitiendo una comunicación más eficiente en entornos con múltiples dispositivos.

**Expansión a la banda de 6 GHz:** Con WiFi 6E, las redes inalámbricas ganaron acceso a una banda menos congestionada, reduciendo la saturación en 2.4 GHz y 5 GHz.

**WiFi 7 y su revolución tecnológica:** La implementación de 4096-QAM (Quadrature Amplitude Modulation) multiplica la capacidad de transmisión de datos, lo que se traduce en mayor velocidad y eficiencia.

**WiFi 6E y la latencia ultra baja:** Las mejoras en este estándar beneficiaron aplicaciones exigentes como la realidad aumentada (AR), videojuegos en línea y videoconferencias.

**WiFi 7 y el Multi-Link Operation (MLO):** Esta tecnología permite la transmisión simultánea en múltiples bandas, lo que reduce drásticamente la latencia y mejora la estabilidad de la conexión.

**Interoperabilidad entre generaciones:** Aún persisten dificultades para la compatibilidad entre dispositivos WiFi de distintas generaciones, lo que retrasa la adopción total de los nuevos estándares.

**Seguridad en redes de alta velocidad:** Con el aumento en la capacidad de transmisión, surge la necesidad de protocolos más robustos para proteger la información y evitar vulnerabilidades en redes avanzadas.

Los resultados confirman que la evolución del WiFi ha traído mejoras significativas en eficiencia espectral, estabilidad y velocidad de conexión. No obstante, persisten problemas técnicos y estructurales que deben abordarse para una adopción masiva de las nuevas generaciones.

Investigaciones recientes respaldan que WiFi 6 y WiFi 6E han sido fundamentales para optimizar el espectro y reducir la congestión.

Sin embargo, estudios emergentes sobre WiFi 7 destacan que la interoperabilidad sigue siendo un desafío clave para la transición entre generaciones de dispositivos.

El éxito de WiFi 7 dependerá de la integración efectiva de estas tecnologías por parte de fabricantes y proveedores de servicios.

Será fundamental implementar estrategias de seguridad más avanzadas y facilitar una transición fluida hacia este nuevo estándar para maximizar su potencial en un mundo cada vez más digitalizado.

## CONCLUSIÓN

La evolución de los estándares WiFi entre 2019 y 2024 ha representado un avance significativo en eficiencia espectral, reducción de latencia y capacidad de conexión. La transición de WiFi 5 a WiFi 6 y WiFi 6E ha optimizado la gestión del espectro, permitiendo conexiones más estables en entornos con múltiples dispositivos. A su vez, la introducción de WiFi 7 ha incorporado innovaciones clave, como velocidades de hasta 30 Gbps y la implementación de Multi-Link Operation (MLO), lo que mejora la transmisión de datos y reduce drásticamente la latencia.

Los resultados obtenidos en este estudio confirmaron que la optimización del canal inalámbrico, la asignación inteligente del tráfico (QoS) y la administración de las bandas de frecuencia constituyen mecanismos esenciales para potenciar el desempeño de las redes WiFi. A lo largo del despliegue de las actividades previstas en el proyecto se realizaron diversas acciones clave, entre ellas el análisis del impacto de la optimización del canal en entornos de alta densidad, evidenciando una reducción significativa de interferencias y una mayor estabilidad en la conexión. También se implementaron estrategias avanzadas de priorización de tráfico (QoS), asegurando una distribución eficiente del ancho de banda y mejorando el rendimiento de aplicaciones críticas, como videollamadas y transmisiones en alta definición. Además, se evaluaron las ventajas de la administración de las bandas de frecuencia (2.4 GHz y 5 GHz), destacando la superioridad de la banda de 2.4 GHz en entornos con barreras físicas y de la banda de 5 GHz en escenarios con alta demanda de dispositivos conectados.

Por otro lado, se determinó una relación inversa entre la optimización de la red y la latencia ( $r = -0.68$ ), evidenciando que, a medida que se aplicaron estrategias de mejora, los tiempos de respuesta disminuyeron y la estabilidad de la conexión aumentó. Asimismo, se identificaron desafíos en términos de interoperabilidad, infraestructura y seguridad, destacando la necesidad de soluciones técnicas avanzadas para mitigar riesgos y fortalecer la protección de datos en entornos de alta velocidad.

El objetivo general del estudio fue definir y evaluar estrategias de optimización que mejoren el rendimiento y la calidad de servicio en redes WiFi, asegurando una transición tecnológica eficiente y sostenible en los próximos años. Como resultado adicional, se consolidó un marco de referencia para futuras investigaciones sobre la optimización del espectro, la interoperabilidad y la seguridad en redes inalámbricas de última generación.

## Bibliografía

- Aguilar, A. E. (3 de Octubre de 2024). *tecnosinergia.zendesk*. Obtenido de tecnosinergia.zendesk: [https://tecnosinergia.zendesk.com/hc/es/articles/29903064015771--Qu%C3%A9-es-OFDMA?utm\\_source=chatgpt.com](https://tecnosinergia.zendesk.com/hc/es/articles/29903064015771--Qu%C3%A9-es-OFDMA?utm_source=chatgpt.com)
- Alabi, M. (7 de Diciembre de 2023). *ResearchGate*. Obtenido de ResearchGate: [https://www.researchgate.net/profile/Moses-Alabi/publication/384564672\\_The\\_Evolution\\_of\\_Wi-Fi\\_Standards\\_From\\_Wi-Fi\\_6\\_to\\_Wi-Fi\\_7/links/66fd7841b753fa724d56e166/The-Evolution-of-Wi-Fi-Standards-From-Wi-Fi-6-to-Wi-Fi-7.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Moses-Alabi/publication/384564672_The_Evolution_of_Wi-Fi_Standards_From_Wi-Fi_6_to_Wi-Fi_7/links/66fd7841b753fa724d56e166/The-Evolution-of-Wi-Fi-Standards-From-Wi-Fi-6-to-Wi-Fi-7.pdf)
- BENALCÁZAR, L. A., & MGT. MANUEL NEVAREZ TOLEDO. (05 de febrero de 2023). *repositorio.puce*. Obtenido de repositorio.puce: <https://repositorio.puce.edu.ec/server/api/core/bitstreams/3bd4e7eb-e68f-44f2-83be-53b179c448ee/content>
- Crisóstomos-Athanasios Katsigiannis , Konstantinos Tsachrelis , Vasileios Kokkinos , Cristos Bouras , Apóstol Gkamas, & Philippos Pouyioutas . (12 de noviembre de 2024). *link.springer*. Obtenido de link.springer: [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-031-76452-3\\_2](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-031-76452-3_2)
- Elena Esther Armijos de la Vera, , Gianella Estefanía Prado Bermúdez, & Ing. Rayner Durango Espinoza. (4



de Julio de 2020). *Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación*. Obtenido de Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación: <https://core.ac.uk/download/pdf/33709103.pdf>

Erfan Mozaffariahrar, Fabrice Théoleyre, & Michael Menth. ( 14 de octubre de 2022). *mdpi*. Obtenido de mdpi: <https://www.mdpi.com/1999-5903/14/10/293>

Guzmán, H. G. (23 de noviembre de 2019). *Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, México*. Obtenido de pistaseducativas: <https://pistaseducativas.celaya.tecnm.mx/index.php/pistas/article/view/2059/1633>

Marc Carrascosa, Giovanni Geraci, Edward Knightly, & Boris Bellalta. (3 de mayo de 2023). *arxiv*. Obtenido de arxiv: [https://arxiv.org/abs/2305.02052?utm\\_source=chatgpt.com](https://arxiv.org/abs/2305.02052?utm_source=chatgpt.com)

Rodríguez, A. G. (14 de Agosto de 2021). *riunet.upv*. Obtenido de riunet.upv: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/170674/Gimenez%20-%20Aplicacion%20de%20la%20tecnologia%20de%20Internet%20de%20las%20Cosas%20en%20el%20ambito%20educativo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Sahoo, A., & Tripatía de Asis Kumar. (2 de enero de 2025). *link.springer*. Obtenido de link.springer: <https://link.springer.com/article/10.1038/s41598-024-84269-4>

Soto Vera, Verónica Alexandra , Ochoa Chévez, Gabriela Beatriz, & Miguel Angel. (5 de Mayo de 2023). *dspace.espol*. Obtenido de dspace.espol: <https://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/58477>