Pontificia Universidad Católica del Ecuador
FACULTAD DE INGENIERÍA
COORDINACIÓN DE POSGRADO

PUCE

PUCE

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

FACULTAD DE INGENIERÍA

Trabajo de Titulación como requisito previo para la obtención del título de Magíster en Tecnologías de Información mención Gestión y Administración de TI

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA MIGRACIÓN DE LA RED INALÁMBRICA A *WI-FI* 6 DEL EDIFICIO MATRIZ DE LA EMPRESA ELÉCTRICA REGIONAL NORTE

Autor: Vallejos Calderón Jorge Vinicio

Director: Chafla Altamirano Juan Francisco

Quito, julio de 2024

DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **JORGE VINICIO VALLEJOS CALDERÓN**, con C.I. **1002588190**, autor del trabajo de graduación titulado: **"ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA MIGRACIÓN DE LA RED INALÁMBRICA A *WI-FI* 6 DEL EDIFICIO MATRIZ DE LA EMPRESA ELÉCTRICA REGIONAL NORTE"**, previa a la obtención del grado académico de **MAGÍSTER EN TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN MENCIÓN GESTIÓN Y ADMINISTRACIÓN DE TI** en la Facultad de INGENIERÍA:

1. Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tiene la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, de conformidad con el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de graduación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.
2. Autorizo a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador a difundir a través del sitio web de la Biblioteca de la PUCE el referido trabajo de graduación, respetando las políticas de propiedad intelectual de la Universidad.

Quito,11 de julio de 2024

Firmado electrónicamente por:
JORGE VINICIO
VALLEJOS CALDERON

_____

JORGE VINICIO VALLEJOS CALDERON

C.I. 1002588190

Pontificia Universidad Católica del Ecuador
FACULTAD DE INGENIERÍA
COORDINACIÓN DE POSGRADO

PUCE

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi carácter de Director (a) – Tutor (a) del Trabajo de Posgrado Titulado: "ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA MIGRACIÓN DE LA RED INALÁMBRICA A *WI-FI* 6 DEL EDIFICIO MATRIZ DE LA EMPRESA ELÉCTRICA REGIONAL NORTE", presentado por el maestrante JORGE VINICIO VALLEJOS CALDERÓN, titular de la Cédula de Identidad Nº 1002588190 para optar al Grado de MAGÍSTER EN TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN MENCIÓN GESTIÓN Y ADMINISTRACIÓN DE TI, considero que dicho Trabajo de Investigación reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la evaluación por parte de los Lectores – Evaluadores que se designen para tal fin por parte de las autoridades de la Facultad de Ingeniería.

En la ciudad de Quito, a los 11 días del mes de julio de 2024

_____

DR. JUAN FRANCISCO CHAFLA

C.I. 0603003609

jchafla390@puce.edu.ec

NRO TELEFONO:0984691990

NOTA:

Se comunica que en el servicio de análisis Turnitin, el referido trabajo de titulación alcanzó el siguiente resultado: 10 % índice de similitud con otras fuentes.

TURNITIN: INCLUIR HOJA DEL INFORME CON EL PORCENTAJE

Tesisv2

INFORME DE ORIGINALIDAD

9%	8%	3%	2%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	saber.ucv.ve Fuente de Internet	<1%
2	www.cesdepu.com Fuente de Internet	<1%
3	vdocuments.es Fuente de Internet	<1%
4	Almeida, Luís Miguel Ferreira de. "Sistema de Controlo de uma Estrutura Híbrida e Modular de Revestimento Exterior de Edifícios", Universidade da Beira Interior (Portugal), 2023 Publicación	<1%

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo, **JORGE VINICIO VALLEJOS CALDERÓN**, portador de la cédula de ciudadanía No.**1002588190**, declaro que los resultados obtenidos en la investigación, como requisito previo para lo obtención del Grado Académico de Magíster en Tecnologías de la Información, mención en Gestión y Administración de Tecnología, son absolutamente originales, auténticos y personales.

En tal virtud, declaro que el contenido, las conclusiones y los efectos legales y académicos, que se desprenden del trabajo de investigación, y luego de la redacción de este documento, son y serán de mi sola y exclusiva responsabilidad legal y académica.

En la ciudad de Quito, a los once días del mes de julio de 2024

JORGE VINICIO VALLEJOS CALDERON

C.I. 1002588190

DEDICATORIA

Gracias a mi amada esposa Magy por su infinito apoyo, comprensión y amor, gracias por ser mi compañera en cada paso del camino y gracias por su aliento constante, no estaría donde estoy hoy sin su ayuda.

A mi hijo, Alejandro, cuya sonrisa y alegría son mi mayor motivación. Espero que este trabajo te inspire a tener la misma pasión por el conocimiento y las ganas de hacer realidad tus sueños. Con todo mi amor y gratitud.

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi más sincera gratitud a mis profesores, por su dedicación y pasión por la enseñanza.

A mi tutor, Dr. Juan Francisco Chafla, por su orientación y apoyo incondicional. Gracias por su tiempo, sus valiosas sugerencias y por creer en mi capacidad para alcanzar este logro.

A mis compañeros de clase, por compartir este camino de aprendizaje conmigo.

Finalmente, a todos aquellos que de una u otra manera contribuyeron a mi formación y éxito académico, mi más profundo agradecimiento.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

INTRODUCCIÓN 1

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 2

1.1. Formulación del problema 2

1.2. Objetivos de la Investigación 2

1.2.1. Objetivo General 2

1.2.2. Objetivos Específicos 3

1.3. Justificación de la Investigación 3

CAPÍTULO II: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA 6

2.1 Antecedentes de la Investigación 6

2.2 Bases Teóricas. 7

2.2.1 Redes Inalámbricas LAN (Local Area Network) 7

2.2.2 Evolución de las Tecnologías *Wi-Fi* 8

2.2.3 Estándares de comunicación 11

2.2.4 *Wi-Fi* 6: Innovación y Beneficios en Comparación con *Wi-Fi* 5 11

CAPÍTULO III: ESTUDIO DE SITUACIÓN ACTUAL 16

3.1 Herramienta para estudio – VisiWave Site Survey 16

3.2 Arquitectura actual de la red 17

3.2.1 Análisis primer piso 20

3.2.2 Análisis segundo piso 21

3.2.3 Análisis tercer piso 23

3.2.4 Análisis cuarto piso 24

CAPÍTULO IV: PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS 26

4.1 Propuesta Modificación Arquitectura WLAN 26

4.2 Proyección Del Esquema Físico De Red- *Access Points* 28

4.2.1 Primer Piso 28

4.2.2 Segundo Piso 29

4.2.3 Tercer Piso 30

4.2.4 Cuarto Piso 31

4.3 Discusión y trabajos futuros 32

CONCLUSIONES 35

RECOMENDACIONES 36

REFERENCIAS 37

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1- Equipos inalámbricos EMELNORTE 4

Tabla 2 - Diferencias entre *Wi-Fi* 5 y *Wi-Fi* 6, www.cisco.com, White paper 10

Tabla 3 - Vlans de la empresa 18

Tabla 4 - Ubicación y áreas 19

Tabla 5 - Equipo Access Point utilizado en Cisco Prime 28

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Figura 1- Cuadro emitido por Dirección Financiera 3

Figura 2 - Diagrama actual de la red Inalámbrica, Repositorio EERN 7

Figura 3- QAM 256 vs 1024 · Fuente: Naseros 12

Figura 4 - Nueva aproximación del *Wi-Fi* 14

Figura 5 - Nueva aproximación del *Wi-Fi* 14

Figura 6 - Pantalla principal de VisiWase Survey, https://www.visiwave.com 17

Figura 7 - Diagrama de conexión de la *WLC* 18

Figura 8 - Diagrama de comunicación primer piso 20

Figura 9- Análisis Primer Piso VisiWave Survey 21

Figura 10 - Diagrama de comunicación segundo piso 22

Figura 11 - Análisis segundo piso VisiWave Survey 22

Figura 12 - Diagrama de comunicación tercer piso 23

Figura 13 - Análisis tercer piso VisiWave Survey 24

Figura 14 - Diagrama de comunicación cuarto piso 25

Figura 15 – Análisis cuarto piso VisiWave Survey 25

Figura 16 - Arquitectura propuesta 27

Figura 17 - Mapa de Calor Primer Piso 29

Figura 18 - Mapa de Calor Segundo Piso 30

Figura 19 - Mapa de Calor Tercer Piso 31

Figura 20 - Mapa de Calor Cuarto Piso 32

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

FACULTAD DE INGENIERÍA

MAESTRÍA EN TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN MENCIÓN GESTIÓN Y ADMINISTRACIÓN DE TI

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA MIGRACIÓN DE LA RED INALÁMBRICA A *WI-FI* 6 DEL EDIFICIO MATRIZ DE LA EMPRESA ELÉCTRICA REGIONAL NORTE

Autor: Jorge Vinicio Vallejos Calderón

Director -Tutor: Dr. Chafla Altamirano Juan Francisco

Fecha: 11 de julio de 2024

RESUMEN

Este estudio examina la viabilidad de actualizar a *Wi-Fi* 6 la red inalámbrica del edificio principal de la Empresa Eléctrica Regional Norte. Se examinan los beneficios y mejoras que *Wi-Fi* 6 proporciona sobre *Wi-Fi* 5 en términos de velocidad, capacidad, eficiencia energética y seguridad. Los resultados muestran que el cambio a *Wi-Fi* 6 no sólo es posible, sino que también ofrece una infraestructura más fiable y adaptable.

Palabras clave: *Wi-Fi* 6, red inalámbrica, análisis de factibilidad, tecnología de redes, optimización de red.

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

FACULTAD DE INGENIERÍA

MAESTRÍA EN TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN MENCIÓN GESTIÓN Y ADMINISTRACIÓN DE TI

Feasibility Study for Migrating the Wireless Network to *Wi-Fi* 6 in the Main Building of the Empresa Eléctrica Regional Norte EMELNORTE S.A.

Autor: Jorge Vinicio Vallejos Calderón

Director -Tutor: Dr. Chafla Altamirano Juan Francisco

Fecha: 11 de julio de 2024

ABSTRACT

This study examines the viability of upgrading Empresa Eléctrica Regional Norte's main building's wireless network to *Wi-Fi* 6. Examined are the benefits and enhancements that *Wi-Fi* 6 provides over *Wi-Fi* 5 in terms of speed, capacity, energy efficiency, and security. The results show that switching to *Wi-Fi* 6 is not only possible but also offers a more reliable and adaptable infrastructure.

Keywords: *Wi-Fi* 6, wireless network, feasibility analysis, network technology, network optimization.

INTRODUCCIÓN

La tecnología inalámbrica es esencial para maximizar la conectividad y la eficacia operativa de las empresas en un mundo en el que las conexiones son cada vez más frecuentes. La Empresa Eléctrica Regional Norte, un importante participante en el sector energético, es consciente de la necesidad de una infraestructura de red sólida y fiable para garantizar la continuidad de las operaciones empresariales y la satisfacción del cliente. Por ello, este estudio se centra en un único aspecto tecnológico crucial: la transición de una red inalámbrica empresarial de *Wi-Fi* 5 a *Wi-Fi* 6.

La tecnología *Wi-Fi* sigue desarrollándose, y el lanzamiento de *Wi-Fi* 6 (802.11ax) ofrece nuevas e interesantes posibilidades para mejorar la capacidad, velocidad, seguridad y eficiencia energética de las redes. La expansión del ámbito digital y el aumento de los dispositivos conectados hacen necesaria esta transformación como factor estratégico crítico para mantener la excelencia operativa y la competitividad.

En este estudio, se analiza en detalle los beneficios potenciales de pasar a *Wi-Fi* 6 para la Empresa Eléctrica Regional Norte. Se analiza las diferencias técnicas entre *Wi-Fi* 5 y *Wi-Fi* 6, así como evaluar el razonamiento que subyace a estos avances tecnológicos. El estudio se estructurará de la siguiente manera:

Capítulo 1: Planteamiento del Problema

Capítulo 2: Fundamentación Teórica

Capítulo 3: Estudio de situación actual

Capítulo 4: Presentación y análisis de datos

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Formulación del problema

La Empresa Eléctrica Regional Norte cuenta actualmente con un sistema de red inalámbrica basado en equipos Cisco, integrado por un *Wireless LAN Controller* (*WLC*) modelo 5508, que tiene un funcionamiento 10 años aproximadamente y *Access Points* modelo Cisco Air-Cap2602e y AIR-LAP1131AG con un tiempo de funcionamiento de entre 8 y 10 años, cuando se adquirieron estos equipos contaron con garantía y soporte técnico por 3 años, una vez cumplido este tiempo se realiza mantenimiento anual con el personal técnico de la empresa.

Estos equipos han venido trabajando de una manera eficiente, sin embargo, al no tener soporte de fábrica y no tener acceso a las actualizaciones han empezado a presentar fallas a nivel operativo.

La rápida evolución de las tecnologías de comunicación inalámbrica obliga a las organizaciones a afrontar el reto de seguir siendo competitivas y eficientes en un mundo cada vez más interconectado. La Empresa Eléctrica Regional Norte instaló una infraestructura de red basada en *Wi-Fi* 5 (802.11ac), que en su momento proporcionó un rendimiento robusto y fiable. Sin embargo, con el lanzamiento de *Wi-Fi* 6 (802.11ax), surge la pregunta de si es necesario migrar a esta nueva tecnología, a pesar de la inversión existente en equipos *Wi-Fi* 5.

1.2. Objetivos de la Investigación

1.2.1. Objetivo General

- Realizar un estudio de factibilidad para evaluar la viabilidad técnica y operativa de migrar la red inalámbrica del edificio matriz de la Empresa Eléctrica Regional Norte a la tecnología *Wi-Fi* 6, con el propósito de mejorar la conectividad y eficiencia de las comunicaciones internas, brindando así un servicio más eficiente a los empleados y usuarios de la empresa.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Realizar un marco teórico acerca de las nuevas tecnologías de WLAN.
- Realizar un estudio de situación actual de infraestructura WLAN de la Empresa Eléctrica Regional Norte.
- Realizar el diseño de una red WLAN moderna basada en *Wi-Fi* 6 para la empresa y analizar su factibilidad técnica.

1.3. Justificación de la Investigación

En un informe por parte de la Dirección Financiera se establece que los equipos se encuentran obsoletos, tomando en cuenta la vigencia tecnológica y la depreciación financiera, mismo que se evidencia en la siguiente ilustración, donde constan las fechas de adquisición y el tiempo de funcionamiento.

Nro.	DESCRIPCIÓN	SERIE	FECHA DE ADQUISICIÓN	FECHA DE FINALIZACIÓN	TIEMPO DE FUNCIONAMIENTO (AÑOS)	ESTADO
1	ACCESS POINT CISCO AIR-CAP2602E-A-K9	FTX1747J3T4	14/3/2014	14/3/2019	8	OBSOLETO
2	ACCESS POINT CISCO AIR-CAP2602E-A-K9	TX1747J3T5	14/3/2014	14/3/2019	8	OBSOLETO
3	ACCESS POINT CISCO AIR-CAP2602E-A-K9	FTX1747J3T6	14/3/2014	14/3/2019	8	OBSOLETO
4	ACCESS POINT CISCO AIR-CAP2602E-A-K9	FTX1747J3T7	14/3/2014	14/3/2019	8	OBSOLETO
5	ACCESS POINT CISCO AIR-CAP2602E-A-K9	TX1747J3T8	14/3/2014	14/3/2019	8	OBSOLETO
6	ACCESS POINT CISCO AIR-CAP2602E-A-K9	TX1747J3T9	14/3/2014	14/3/2019	8	OBSOLETO
7	ACCESS POINT CISCO AIR-CAP2602E-A-K9	TX1747J3TA	14/3/2014	14/3/2019	8	OBSOLETO
8	ACCESS POINT CISCO AIR-CAP2602E-A-K9	FTX1747J3TB	14/3/2014	14/3/2019	8	OBSOLETO
9	ACCESS POINT CISCO AIR-CAP2602E-A-K9	TX1747J3TC	14/3/2014	14/3/2019	8	OBSOLETO
10	ACCESS POINT CISCO AIR-CAP2602E-A-K9	TX1747J3TD	14/3/2014	14/3/2019	8	OBSOLETO
11	ACCESS POINT CISCO AIR-CAP2602E-A-K9	TX1747J3TE	14/3/2014	14/3/2019	8	OBSOLETO
12	ACCESS POINT CISCO AIR-CAP2602E-A-K9	TX1747J3TJ	14/3/2014	14/3/2019	8	OBSOLETO
13	ACCESS POINT CISCO	FTX1448NOT2	25/3/2011	25/3/2016	11	OBSOLETO
14	ACCESS POINT CISCO	FTX1519T00C	25/8/2011	25/8/2016	10	OBSOLETO
15	ACCESS POINT CISCO	FTX1525N13L	25/8/2011	25/8/2016	10	OBSOLETO
16	ACCESS POINT CISCO	FTX1525N13N	10/11/2015	10/11/2020	6	OBSOLETO
17	CONTROLADORA WIRELESS	1854561152	14/3/2014	14/3/2019	8	OBSOLETO

Figura 1- Cuadro emitido por Dirección Financiera

Emelnorte actualmente cuenta con el siguiente equipamiento para la red inalámbrica, como se detalla en la tabla 1:

Nro.	Marca	Equipo	Modelo	Cantidad	Descripción
1	Cisco	*Access Point*	AIR-CAP2602E-A-K9	12	Soporte de marca hasta el 31 de diciembre de 2021
2	Cisco	*Access Point*	AIR-LAP1131AG-A-K9	5	Soporte de fábrica hasta el 10 de marzo de 2014
3	Cisco	*Wireless Lan Comtroller*	AIR-CT5508-K9	1	No se puede actualizar el firmware y no acepta *access points* nuevos. Fin de soporte de fábrica 31 de julio de 2023.

Tabla 1- Equipos inalámbricos EMELNORTE

Como se evidencia en la figura 1, los equipos tienen más de ocho años de funcionamiento y su estado es obsoleto, además ya no se cuenta con soporte del fabricante, por lo que se hace indispensable el reemplazo de la infraestructura inalámbrica de la Empresa, es decir, reemplazar la controladora inalámbrica y los 16 APS actualmente instalados, adicionalmente, es necesario ampliar las zonas de cobertura en los diferentes edificios de la Empresa ubicados en la ciudad de Ibarra.

En consecuencia, hay varias razones cruciales que justifican el cambio de *Wi-Fi* 5 a *Wi-Fi* 6 por parte de la Empresa Eléctrica Regional Norte. En primer lugar, *Wi-Fi* 6 proporciona velocidades de transferencia de datos notablemente más rápidas, lo que permite a los empleados y a los sistemas internos acceder y compartir información de forma más eficaz y aumentar la productividad.

Además, *Wi-Fi* 6 está construido para admitir más dispositivos a la vez sin sacrificar la velocidad, algo esencial en un entorno en el que la cantidad de portátiles, teléfonos y dispositivos del Internet de las Cosas es cada vez mayor.

Wi-Fi 6 es más eficiente energéticamente, lo que se traduce en ahorros a largo plazo y menores emisiones de carbono. Cuando se trata de seguridad, *Wi-Fi* 6 ofrece funciones avanzadas que son esenciales para proteger datos confidenciales y cumplir con las normas de

seguridad. Además, es una inversión de futuro porque hace que la infraestructura de red de la empresa sea más competitiva, esté en línea con las tendencias tecnológicas a largo plazo y sea más fácil de administrar y mantener. En general, el cambio a *Wi-Fi* 6 ofrece una serie de beneficios importantes, lo que demuestra que el uso de *Wi-Fi* 6 para las empresas de servicios públicos puede hacer que la organización sea más eficiente, segura y competitiva.

CAPÍTULO II: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1 Antecedentes de la Investigación

Un importante paso adelante en la evolución de la tecnología *Wi-Fi* es la introducción de las redes inalámbricas *Wi-Fi* 5, basadas en la norma 802.11ac. Hay un enorme aumento de velocidad entre *Wi-Fi* 5 y su predecesor, con velocidades teóricas de hasta 3,5 gigabits por segundo (Gbps) en el rango de 5 GHz. Las aplicaciones que requieren un gran ancho de banda, como el *streaming* de vídeo de alta definición y la transferencia de archivos de gran tamaño, pueden beneficiarse enormemente de la velocidad de esta norma. *Wi-Fi* 5 ofrece funciones como *Multi-User* MIMO (MU-MIMO), que permite una comunicación más eficaz con numerosos dispositivos conectados al mismo tiempo. Esto aumenta la capacidad de la red para soportar la carga de un elevado número de dispositivos. Además de la velocidad, *Wi-Fi* 5 incluye estas capacidades junto con otras. Sin embargo, *Wi-Fi* 5 es más eficiente energéticamente que las versiones anteriores, lo que ayuda a prolongar la duración de la batería de los dispositivos móviles y reduce la cantidad de energía que se consume. Cuando se trata de ofrecer un acceso inalámbrico potente y fiable para una amplia gama de aplicaciones, *Wi-Fi* 5 se sigue utilizando habitualmente en hogares, empresas y zonas públicas, a pesar de que *Wi-Fi* 6 ya está disponible.

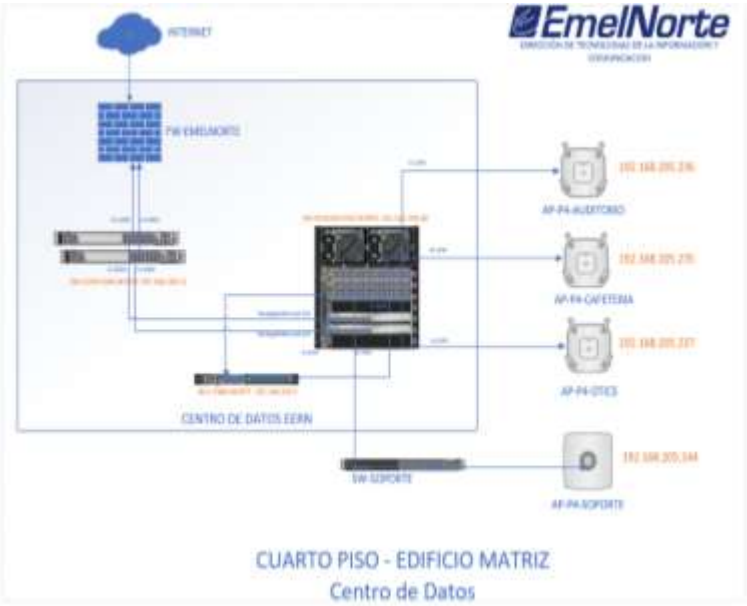


Figura 2 - Diagrama actual red Inalámbrica, Repositorio EERN

La figura 2 muestra el diagrama actual de la red inalámbrica. El Wireless Lan Controller está conectado a un switch de distribución, lo que ocasiona una capacidad limitada. Esto se convierte en una preocupación cuando se considera que la red inalámbrica tendrá acceso desde diferentes *VLANS* y manejará un alto volumen de tráfico. Como resultado, el rendimiento del conmutador de distribución se ve afectado.

2.2 Bases Teóricas.

2.2.1 Redes Inalámbricas LAN (Local Area Network)

Una red inalámbrica LAN, es una infraestructura de comunicación que permite la interconexión de dispositivos electrónicos, como computadoras, *tablets*, teléfonos inteligentes, impresoras y otros dispositivos, en una zona geográfica local y limitada, como una oficina, una casa, una escuela o un edificio. A diferencia de las redes LAN con cable que utilizan cables físicos para conectar dispositivos, las redes inalámbricas LAN utilizan tecnologías de transmisión de datos sin cables, siendo el estándar *Wi-Fi* uno de los más comunes.

En una LAN inalámbrica, los dispositivos se comunican entre sí y con recursos compartidos, como servidores, impresoras y conexiones a Internet, a través de señales de radiofrecuencia en lugar de conexiones físicas por cable. Esto brinda a los usuarios una mayor

flexibilidad y movilidad, ya que pueden acceder a la red y a los recursos desde cualquier lugar dentro del alcance de la señal inalámbrica.

Las LAN inalámbricas se utilizan habitualmente tanto en entornos empresariales y hogares por su comodidad de instalación y su capacidad para eliminar la molestia de tender cables por todo el lugar. Además, permiten la expansión y la adición de dispositivos a la red de manera más sencilla. Sin embargo, es importante gestionar la seguridad y la calidad de la señal en las redes inalámbricas LAN para proteger los datos y garantizar un rendimiento óptimo de la red.

2.2.2 Evolución de las Tecnologías Wi-Fi

La tecnología *Wi-Fi* ha experimentado una constante evolución desde su inicio en la década de 1990, con la introducción de estándares que han aumentado significativamente la velocidad y eficiencia de las redes inalámbricas. El primer estándar de *Wi-Fi*, conocido como 802.11, se lanzó en 1997, y desde entonces ha habido múltiples revisiones y mejoras. En particular, dos estándares destacan en el contexto de esta investigación: *en concreto, Wi-Fi 5 (802.11ac) y Wi-Fi 6 (802.11ax).*

En comparación con sus predecesores, *Wi-Fi* 5 (802.11ac), que se lanzó en 2014, supuso un avance considerable porque era capaz de transferir datos a velocidades de hasta 1,3 gigabits por segundo en la banda de 5 GHz. Este aumento de la velocidad y la capacidad permitió mejorar el rendimiento de las redes inalámbricas y aumentó el nivel de satisfacción de los usuarios (Cisco, 2021).

Según Dhillon et al. (2018), *Wi-Fi* 5 mostraba límites en cuanto a su capacidad para gestionar múltiples dispositivos y su eficiencia energética. Estas limitaciones eran especialmente notables en contextos empresariales, que experimentan un número creciente de dispositivos conectados. Estas limitaciones llevaron al desarrollo de *Wi-Fi* 6, a menudo conocido como 802.11ax, que posteriormente se adoptó como norma oficial en 2019. Según Cisco (2021), *Wi-Fi* 6 proporciona mejoras significativas en términos de velocidad, capacidad

y ahorro de energía.

Wi-Fi 6 es capaz de producir velocidades de hasta 9,6 gigabits por segundo (Gbps) en la banda de 5 GHz. Esto permite mayores velocidades de transferencia de datos y reduce la congestión de la red en escenarios con varios dispositivos. Además, combina tecnologías como OFDMA *(Orthogonal Frequency Division Multiple Access)* y MU-MIMO *(Multiple Input Multiple Output Multiple User Access)*, que mejoran considerablemente la eficiencia de la asignación de recursos de red (Cisco, 2021; Dhillon et al., 2018). Estas tecnologías pretenden mejorar la eficiencia de la asignación de recursos de red.

Según Cisco (2021), la transición de *Wi-Fi* 5 a *Wi-Fi* 6 puede presentar una oportunidad para mejorar la conexión y la eficiencia de las redes inalámbricas empresariales. Esta mejora tiene el potencial de tener un impacto sustancial tanto en el nivel de productividad como en el nivel de satisfacción de los usuarios. A la luz del hecho de que tiene el potencial de facilitar mejoras significativas en la infraestructura de red de la Empresa Eléctrica Regional Norte, este avance tecnológico es relevante.

A continuación, un resumen con las principales características de los estándares *Wi-Fi* 5 (802.11ac) y *Wi-Fi* 6 (802.11ax):

Característica	***Wi-Fi* 5 (802.11ac)**	***Wi-Fi* 6 (802.11ax)**
Velocidad Máxima Teórica	Hasta 3.5 Gbps en 5 GHz y 1.3 Gbps en 2.4 GHz	Hasta 9.6 Gbps en 5 GHz
Capacidad para Dispositivos	Limitado en entornos densos	Mejor manejo de múltiples dispositivos
Eficiencia Energética	Consumo de energía relativamente alto	Mayor eficiencia energética
Seguridad	Protocolo WPA2, con algunas vulnerabilidades	Protocolo WPA3, más robusto

Tecnología MU-MIMO	Soporte para MU-MIMO (Acceso Múltiple por Entrada y Salida en Múltiples Usuarios)	MU-MIMO mejorado y más eficiente
Tecnología OFDMA	No admite OFDMA (Acceso Múltiple por División Ortogonal de Frecuencia)	OFDMA para asignar eficientemente recursos de red a dispositivos
Mejora de la Cobertura	No incluye mejoras específicas	Mejora de la cobertura y rendimiento
BSS Coloring	No admite BSS Coloring (coloreado de servicios básicos)	Utiliza BSS Coloring para mitigar interferencias

Tabla 2 - Diferencias entre Wi-Fi 5 y Wi-Fi 6, www.cisco.com, White paper

También conocida como 802.11ax, *Wi-Fi* 6 es una versión mejorada de la tecnología inalámbrica que se distingue de su predecesora, *Wi-Fi* 5 (802.11ac), por una serie de diferencias significativas. Para empezar, *Wi-Fi* 6 es capaz de alcanzar velocidades de transmisión de datos mucho más rápidas que las de *Wi-Fi* 5. Es capaz de alcanzar hasta 9,6 Gbps en la banda de 5 GHz, lo que supone una enorme mejora respecto a los 3,5 Gbps de los que presume *Wi-Fi* 5.

Wi-Fi 6 también incorpora mejoras en la tecnología MU-MIMO (*Multiple Input Multiple Output Multiple User Access*), que permite comunicarse con varios dispositivos simultáneamente de forma más eficaz. Esta capacidad de gestionar muchos dispositivos conectados al mismo tiempo la hace perfecta para entornos densos que contienen un elevado número de dispositivos y equipos móviles. La incorporación de OFDMA a *Wi-Fi* 6 también aumenta la eficacia de la asignación de recursos de red en entornos saturados. Además, esta tecnología es más eficiente desde el punto de vista energético, lo que prolonga la duración de la batería de los dispositivos móviles y reduce significativamente la cantidad total de energía consumida.

En cuanto a la seguridad, *Wi-Fi* 6 introduce el protocolo WPA3, que ofrece una protección más sólida frente a amenazas cibernéticas en comparación con el protocolo WPA2 utilizado en *Wi-Fi* 5. Además, *Wi-Fi* 6 aborda problemas de cobertura y calidad de señal en lugares

desafiantes y utiliza *BSS Coloring* para mitigar interferencias. En resumen, *Wi-Fi* 6 representa un avance sustancial en la conectividad inalámbrica, ofreciendo un mayor rendimiento, eficiencia y seguridad en comparación con *Wi-Fi* 5. Estas mejoras hacen que *Wi-Fi* 6 sea una opción atractiva para entornos con una alta demanda de conectividad y un gran número de dispositivos.

2.2.3 Estándares de comunicación

***Wi-Fi* 5 (802.11ac):** marcó una importante evolución en las redes inalámbricas al ofrecer velocidades de conexión significativamente más rápidas que sus predecesores. Con velocidades teóricas máximas de hasta 3.5 Gbps en la banda de 5 GHz, *Wi-Fi* 5 proporciona un rendimiento mejorado para aplicaciones de transmisión de datos y multimedia. Además de la velocidad, introdujo características como *Multi-User* MIMO (MU-MIMO) para permitir que varios dispositivos se comuniquen con el punto de acceso al mismo tiempo, mejorando la capacidad de la red. *Wi-Fi* 5 también mejoró la eficiencia energética, extendió la cobertura y garantiza la compatibilidad con dispositivos más antiguos, facilitando la transición hacia esta tecnología.

***Wi-Fi* 6 (802.11ax):** es la iteración más reciente de la tecnología *Wi-Fi* y proporciona mejoras significativas en comparación con *Wi-Fi* 5. Con velocidades máximas teóricas de hasta 9,6 Gbps en la banda de 5 GHz, *Wi-Fi* 6 ofrece velocidades aún más rápidas y una mayor capacidad para gestionar un gran número de dispositivos conectados al mismo tiempo. Esto es vital en un mundo cada vez más conectado con dispositivos del Internet de las Cosas. Además, hace hincapié en la eficiencia, la reducción de la latencia y la mejora de la seguridad con el uso de WPA3. Cuando se trata del crecimiento de la conectividad en el mundo actual, *Wi-Fi* 6 es una opción relevante, ya que es especialmente adecuada para zonas concurridas que contienen una alta densidad de dispositivos.

2.2.4 Wi-Fi 6: Innovación y Beneficios en Comparación con Wi-Fi 5

El desarrollo de la tecnología *Wi-Fi* ha llevado al establecimiento de *Wi-Fi* 6

(802.11ax), que supone una mejora considerable respecto a *Wi-Fi* 5 (802.11ac). Este avance ha sido posible gracias al continuo progreso de la tecnología.

La modulación de alto rendimiento es un componente esencial del cambio introducido por *Wi-Fi* 6. En comparación con *Wi-Fi* 5, *Wi-Fi* 6 utiliza una modulación más avanzada conocida como 1024-QAM. Este modo de modulación representa un avance considerable respecto a la modulación 256-QAM que utilizaba su predecesor. *Wi-Fi* 6 es capaz de enviar muchos más datos por símbolo gracias a su capacidad de modulación ampliada, lo que a su vez se traduce en velocidades de transferencia de datos significativamente mejores. En aplicaciones de gran ancho de banda, como la transmisión de video 4K y 8K, donde el requisito de transportar enormes cantidades de datos de forma rápida y fiable es de suma importancia, se refleja la trascendencia de este avance. Esta sofisticada técnica de modulación también reduce la probabilidad de fallos en la transmisión, lo que se traduce en una conexión más estable y fiable cuando las condiciones son ideales.

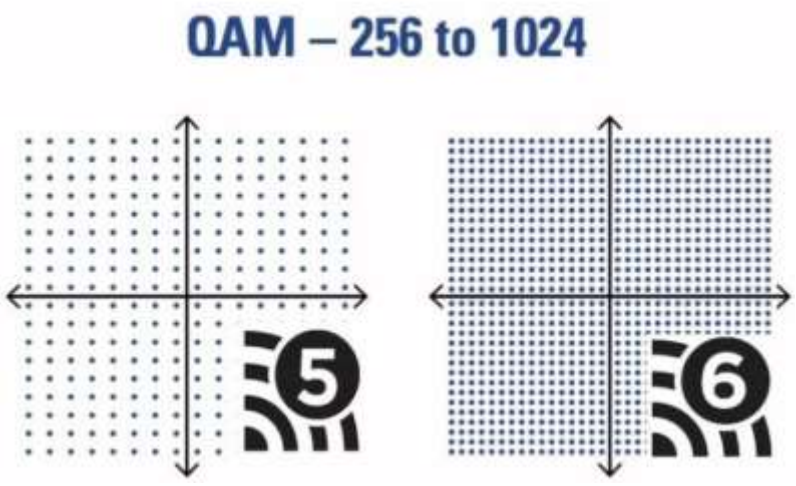


Figura 3- QAM 256 vs 1024 · Fuente: Naseros

En *Wi-Fi* 6 se introdujo una versión mejorada de MU-MIMO, acrónimo de *Multiple Input Multiple Output Multiple User Access*, que llevó la tecnología MIMO al siguiente nivel en comparación con versiones anteriores. Utilizar el espectro inalámbrico de la forma más eficiente posible es posible gracias a MU-MIMO, que permite a un router o punto de acceso

conectarse con varios dispositivos al mismo tiempo. En comparación con la implementación MIMO que se utilizaba en *Wi-Fi* 5, *Wi-Fi* 6 asigna los recursos de forma más eficaz, minimiza el número de colisiones que se producen y aumenta la capacidad de la red. Poder conectarse a numerosos dispositivos al mismo tiempo es cada vez más necesario en la sociedad actual, por lo que se trata de una característica absolutamente necesaria. Por si fuera poco, la tecnología *Wi-Fi* 6 MIMO desempeña un papel importante en la reducción de la latencia, lo que garantiza una experiencia fluida para aplicaciones en tiempo real como los juegos en línea y los chats de vídeo 4K.

La tecnología MIMO también es esencial para crear redes de área amplia de alta densidad, lo que permite que las redes públicas y empresariales administren una gran cantidad de dispositivos sin comprometer la velocidad o la calidad de la conexión. En sectores como la hostelería y el turismo, donde la densidad de dispositivos es alta, *Wi-Fi* 6 permite a los establecimientos ofrecer conexiones ininterrumpidas de alta velocidad a un gran número de huéspedes, mejorando significativamente la experiencia del usuario. Esta capacidad de gestionar eficazmente múltiples dispositivos se extiende a escenarios cotidianos, como los hogares inteligentes, donde se utilizan una variedad de dispositivos, desde asistentes virtuales hasta sistemas de seguridad y electrodomésticos conectados, que pueden funcionar sin problemas en la misma red. En resumen, la avanzada tecnología MIMO de *Wi-Fi* 6 cambiará la forma en que nos conectamos y los dispositivos se comunican en el mundo conectado de hoy.

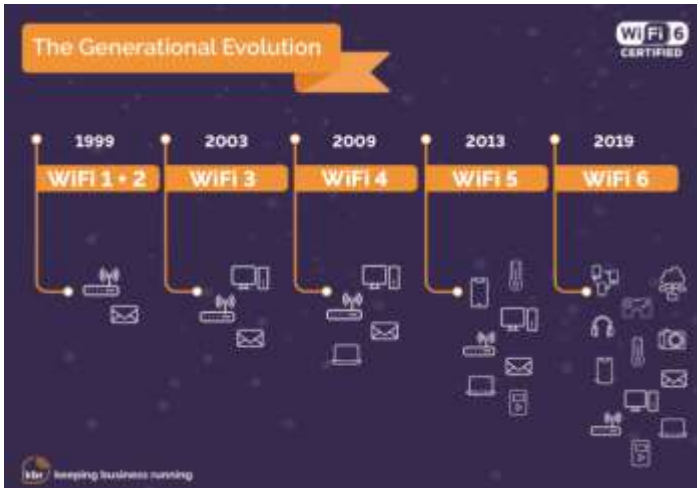


Figura 4 - Nueva aproximación del Wi-Fi

La cobertura *Wi-Fi* mejorada es otro punto destacado de *Wi-Fi* 6. La tecnología de coloración BSS se ha convertido en un valioso aliado en la lucha contra las interferencias en las redes *Wi-Fi*. La coloración BSS permite a los dispositivos distinguir señales de puntos de acceso cercanos, minimizando la interferencia y aumentando la eficiencia espectral. Esto permite una cobertura más amplia y una mejor experiencia de usuario en entornos donde las redes *Wi-Fi* tradicionalmente han tenido dificultades para proporcionar conexiones confiables. Estos entornos incluyen áreas con múltiples puntos de acceso, como: conferencias y exposiciones, estadios abarrotados y zonas urbanas densamente pobladas.

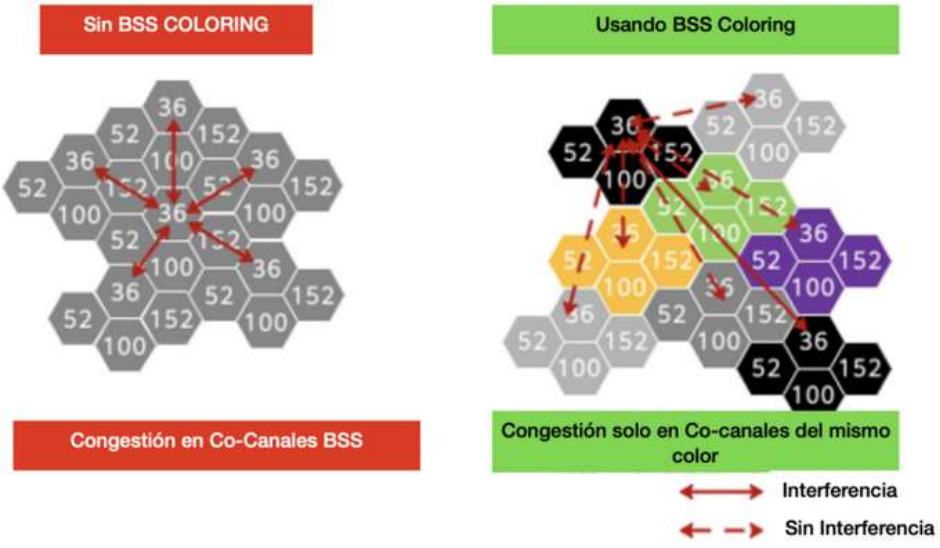


Figura 5 – BSS coloring en Wi-Fi 6

La capacidad de *Wi-Fi* 6 para reducir la interferencia también es beneficiosa en determinadas aplicaciones donde la estabilidad de la conexión es importante. Cuando se trata de aplicaciones de telemedicina, *Wi-Fi* 6 está demostrando ser beneficioso. Estas aplicaciones exigen una transmisión de datos fiable y en tiempo real para facilitar las consultas y los diagnósticos de telemedicina. La industria está aprovechando la poderosa tecnología inalámbrica *Wi-Fi* 6 para permitir la conectividad al Internet de las cosas (IoT), permitiendo la automatización y el monitoreo en tiempo real en entornos industriales y empresariales. Además, *Wi-Fi* 6 garantiza una experiencia de aprendizaje en línea fluida y de alta calidad en el ámbito educativo. La tecnología *BSS Coloring* contribuye a un entorno educativo más eficiente al proporcionar una cobertura confiable y conectividad ininterrumpida, esencial para el aprendizaje a distancia y la instrucción interactiva en el aula.

CAPÍTULO III: ESTUDIO DE SITUACIÓN ACTUAL

El entorno empresarial moderno pone un énfasis significativo en la conectividad inalámbrica como medio para mejorar la eficiencia operativa y facilitar una comunicación eficaz. Considerando la posibilidad de actualizar su red inalámbrica en el edificio de su sede al estándar *Wi-Fi* 6, la Empresa Eléctrica Regional Norte se encuentra actualmente en un momento crucial en la dirección de su desarrollo técnico. A partir de este capítulo, se llevará a cabo un estudio de viabilidad, durante el cual se realizará un examen exhaustivo del estado actual de la infraestructura de red inalámbrica de la empresa.

La adopción de *Wi-Fi* 6 representa una decisión estratégica que conlleva una serie de ventajas, como una velocidad de transmisión de datos sustancialmente mayor, una capacidad ampliada para gestionar conexiones simultáneas y una mayor eficiencia en la administración del tráfico de la red. Por otro lado, antes de avanzar en este cambio tecnológico, es muy necesario realizar un análisis exhaustivo de la red inalámbrica que ahora está desplegada en el edificio matriz.

La herramienta VisiWave Site Survey ofrece una solución de alta calidad para la inspección y el análisis de redes inalámbricas. Para cada planta de la empresa, este programa permite realizar un estudio exhaustivo de la cobertura y la calidad de la señal. Además, este programa identificará cualquier interferencia potencial y evaluará qué componentes de la infraestructura existente deben seguir mejorándose.

3.1 Herramienta para estudio – VisiWave Site Survey

VisiWave Site Survey es una aplicación de software diseñada para llevar a cabo estudios y análisis de entornos inalámbricos, con un enfoque principal en el ámbito de profesionales de redes inalámbricas. Los usuarios pueden realizar estudios físicos del terreno con la ayuda de esta herramienta, que les permite analizar la cobertura de una red *Wi-Fi*, detectar posibles fuentes de interferencia y decidir la zona más adecuada para localizar puntos de conectividad.

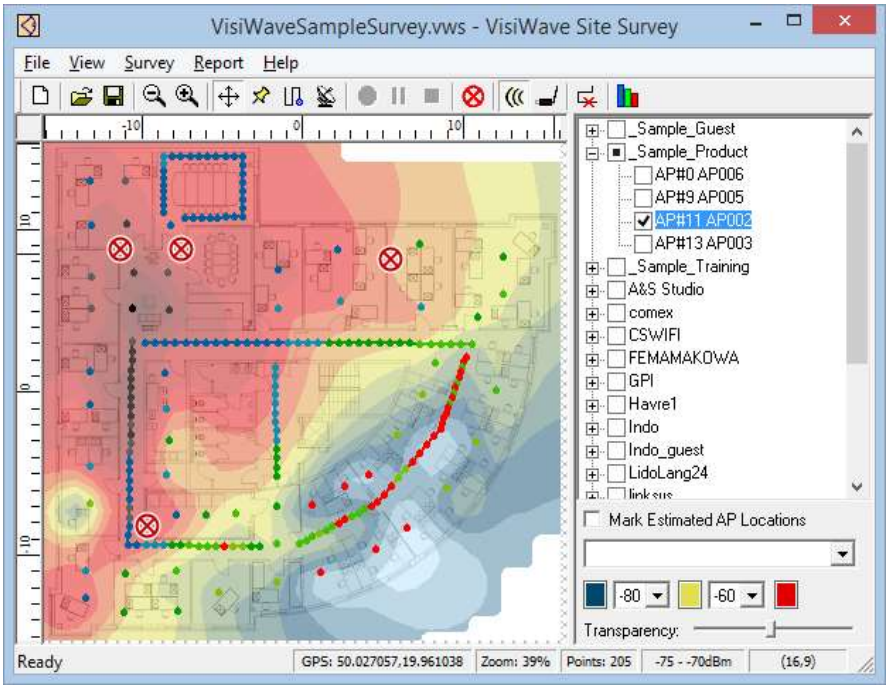


Figura 6 - Pantalla principal de VisiWase Survey, https://www.visiwave.com

VisiWave Site Survey permite representar gráficamente la intensidad de la señal inalámbrica en distintas áreas del lugar, lo que facilita la identificación de áreas con mala cobertura. Este programa también es útil para planificar la ubicación estratégica de puntos de acceso y generar informes exhaustivos que describan el estado de la red inalámbrica. Esta aplicación es compatible con diversos modelos de adaptadores de red inalámbrica y equipos de medición de señal, lo que la hace versátil y adecuada para diversos tipos de entornos y necesidades de redes *Wi-Fi*.

3.2 Arquitectura actual de la red

Actualmente en la empresa eléctrica regional norte se dispone de un switch de core que tiene puertos *SFP y SFP+*, que permite tener velocidades de transmisión de hasta 10 Gbps, pero al no tener un *Wireless Lan Controller* que permite tener puertos a esas velocidades se tiene una limitación de velocidad de 100 Mbps. Además, el *WLC* no se encuentra conectado directamente al switch de core sino a un switch de distribución, la propuesta de cambiar la *WLC* es poder utilizar las velocidades del switch de core para poder ofrecer eficiencia en la velocidad de transmisión, en la figura 6 se detalla la conexión actual de la *WLC*.

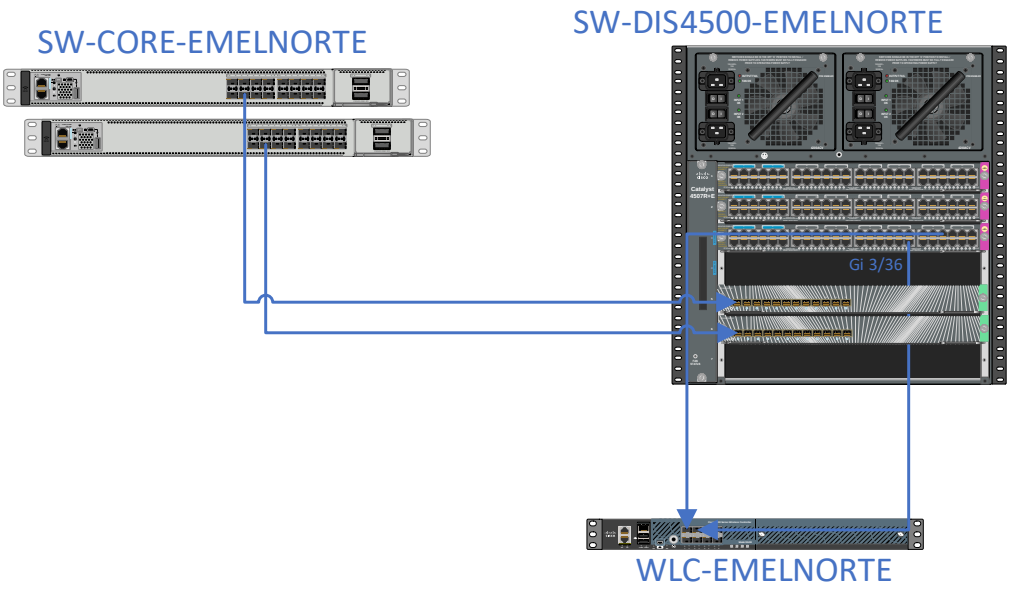


Figura 7 - Diagrama de conexión de la WLC

Como se puede observar en la tabla 3, la red de la empresa eléctrica regional norte está segmentada en *Vlans*, cada *Vlan* está asignada a un área o piso específico, con la migración de la red inalámbrica se quiere reestructurar las *Vlans* para tener un mejor control de los equipos que se conectan en cada una de las áreas.

VLAN	**Direcciones/áreas de la empresa**
201	Talento Humano
202	Segundo Piso
203	Tercer Piso
204	Cuarto Piso
205	*Wireless*
306	Dirección Comercial

Tabla 3 - Vlans de la empresa

Ubicación	**Áreas**	**SSID**
Primer Piso	Dirección Comercial	*WLC*_COMERCIAL
	Talento Humano	*WLC*_TTHH
Segundo Piso	Adquisiciones	Emelnorte
	Dirección de Planificación	Emelnorte
	Asesoría Jurídica	Emelnorte
	Promoción Social	Emelnorte
	Archivo	Emelnorte
	Presidencia	Emelnorte
	Sala de Sesiones	*WLC*_CAPACITACION *WLC*_INVITADOS
Tercer Piso	Fiscalización	Emelnorte
	Sistemas de Información Geográfica	Emelnorte
	Auditoría Interna	Emelnorte
	Contabilidad	*WLC*_FINANCIERO
	Presupuestos	*WLC*_FINANCIERO
	Tesorería	*WLC*_FINANCIERO
	Dirección Financiera	*WLC*_FINANCIERO
	Bienes	*WLC*_FINANCIERO
Cuarto Piso	Dirección de Tics	*WLC*_DTICS
	Auditorio	*WLC*_CAPACITACION
	Comedor	*WLC*_CAPACITACION Emelnorte

Tabla 4 - Ubicación y áreas

En la Tabla 4 se detalla la distribución de las oficinas de cada uno de los pisos y los SSIDs que se manejan en los mismos, esto con el fin de poder comprender en el análisis de cada uno de los pisos con el programa VisiWave Site Survey.

3.2.1 Análisis primer piso

En el primer piso se cuenta con 3 *access points* distribuidos en las diferentes oficinas, se cuenta con alrededor de 42 empleados, de los cuales un 80% disponen de equipos portátiles de nueva generación con tarjetas *Wi-Fi* 802.11ax, además se cuenta con áreas que utilizan *tablets*, al momento el mayor problema que se tiene es la velocidad de transmisión.

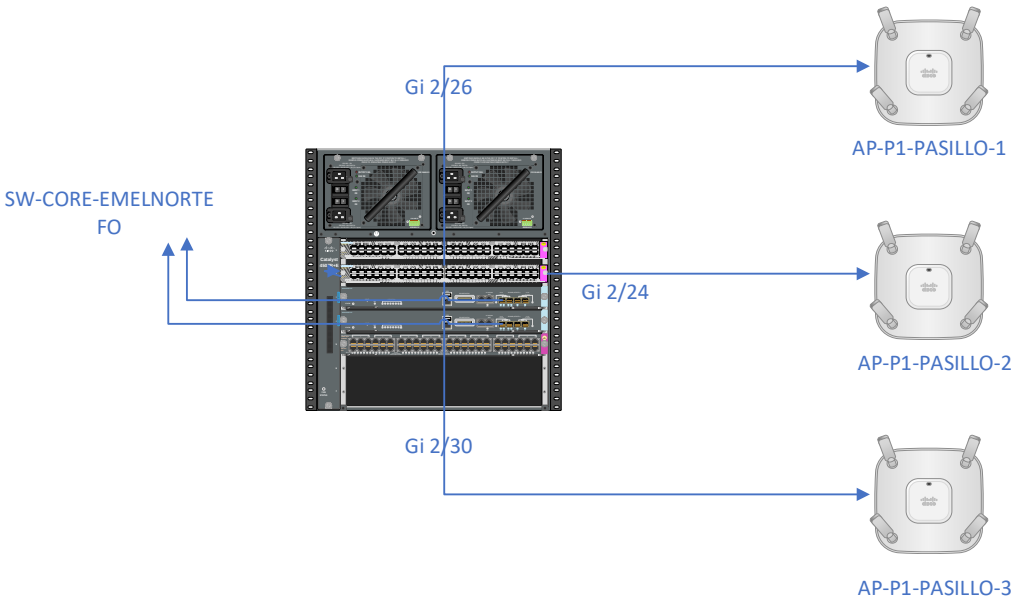


Figura 8 - Diagrama de comunicación primer piso

En el primer piso se trabaja con *SSIDs*: *WLC*-TTHH y *WLC*-COMERCIAL,

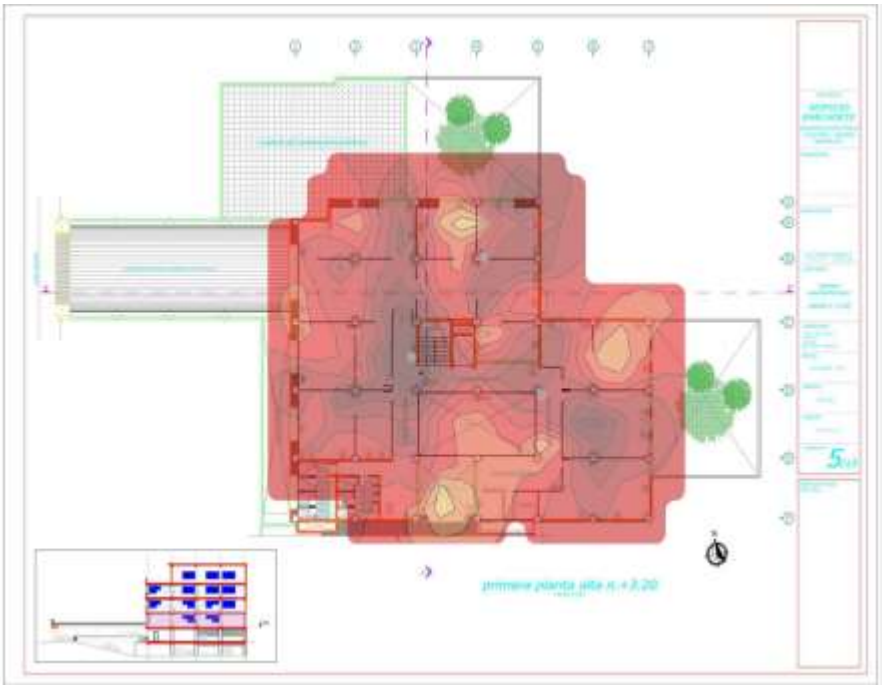


Figura 9- Análisis Primer Piso VisiWave Survey

Como podemos observar en la figura 9, se puede determinar por el color de rojo del mapa de calor que la ubicación de los *access points* se encuentra correcta por lo que no existe la necesidad de reubicarlos ya que abarcan cada una de las oficinas y tampoco se observa la necesidad de instalar más equipos, si se considera necesario repotenciar para tener velocidades más altas de transmisión y mayor fiabilidad.

3.2.2 Análisis segundo piso

En este piso se cuenta con 3 *access points*, los mismos que soportan una cantidad aproximada de 29 equipos cuando no se tiene reuniones o ruedas de prensa en la sala de sesiones. El número de dispositivos electrónicos que se conectan a la red inalámbrica se incrementa en un factor de dos cada vez que se celebran reuniones.

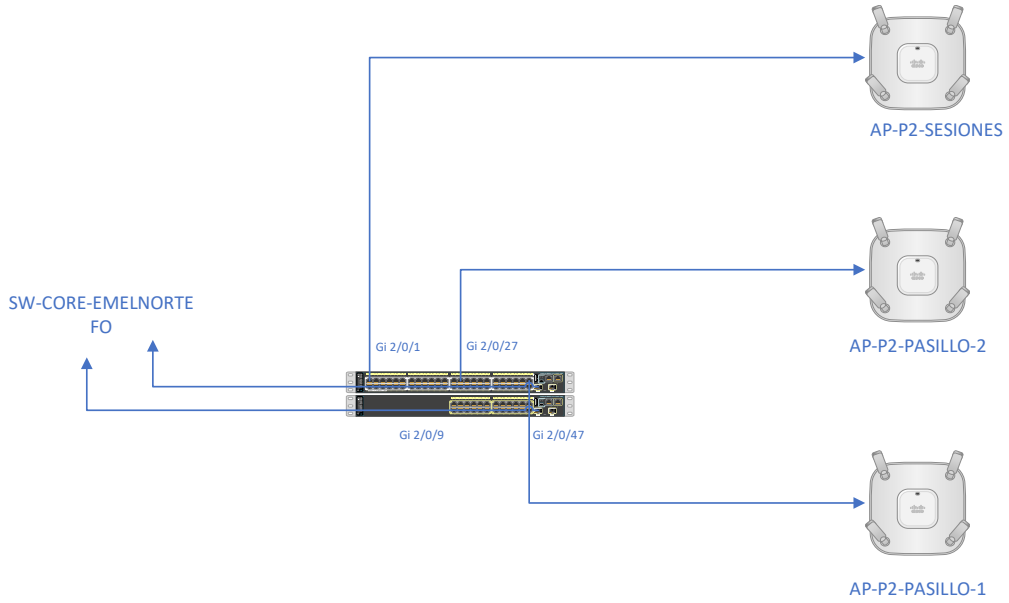


Figura 10 - Diagrama de comunicación segundo piso

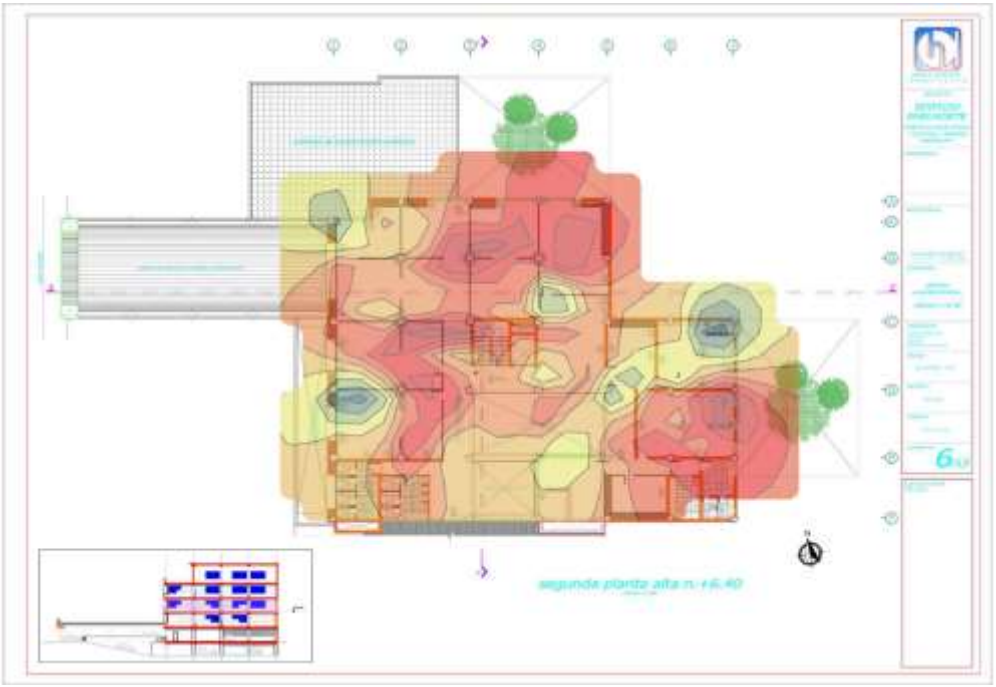


Figura 11 - Análisis segundo piso VisiWave Survey

Como se puede apreciar en la figura 11 la disposición de los *access points* está un poco separada por consiguiente se pierde alcance en algunas oficinas, y al ser una área donde se tiene concurrencia de varios empleados los *access points* se saturan, causando demora en la utilización de los programas empresariales y la navegación en internet, por lo que es

recomendable reubicarlos para mejorar la cobertura, además es imperativo instalar un nuevo equipo en el área de la sala de sesiones para mejorar la comunicación y cobertura de los usuarios finales, además para realizar transmisiones en vivo a través de las diferentes redes sociales de la empresa.

3.2.3 Análisis tercer piso

El tercer piso tiene alrededor de 30 equipos portátiles con usuarios finales que acceden principalmente al sistema financiero, por la vigencia tecnológica los equipos se van reemplazando cada 3 años, por esta razón los equipos tienen integradas tarjetas que soportan *Wi-Fi* 802.11ax.

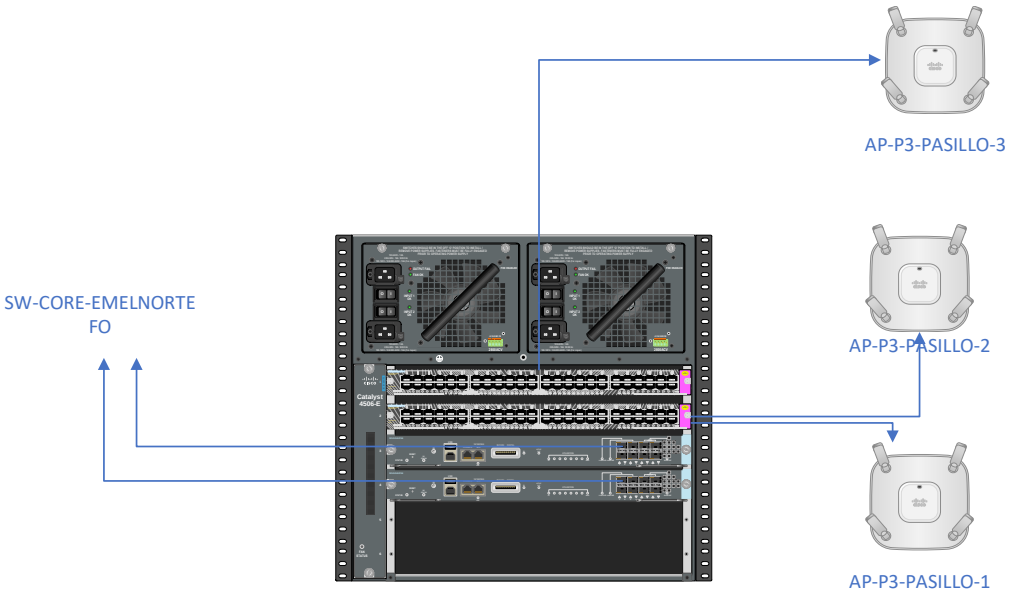


Figura 12 - Diagrama de comunicación tercer piso

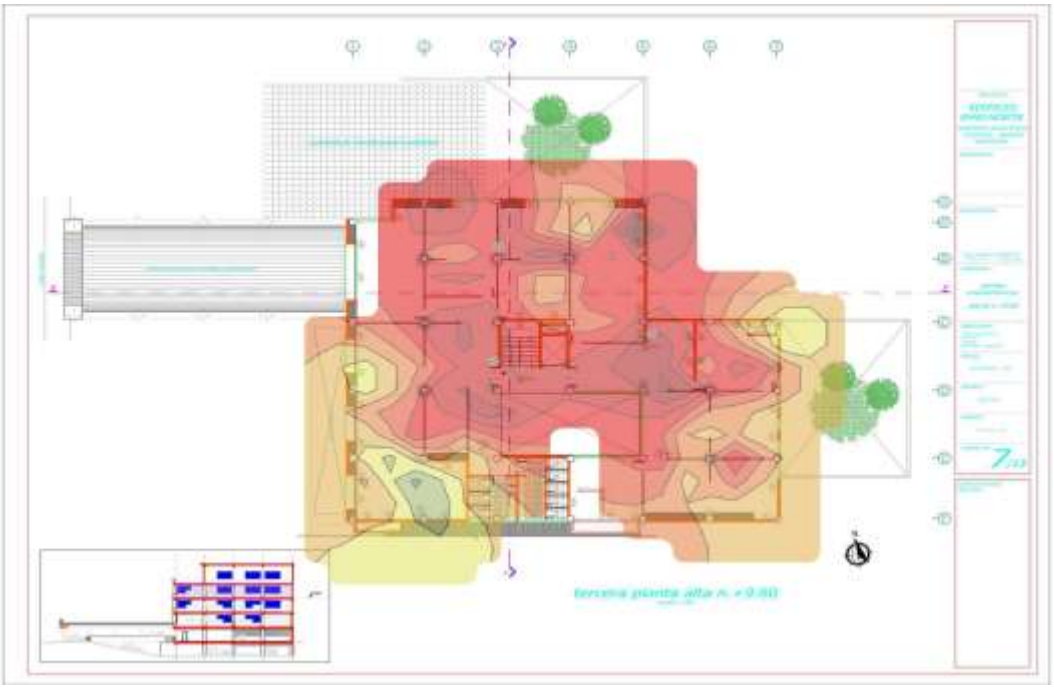


Figura 13 - Análisis tercer piso VisiWave Survey

En este piso se cuenta con 3 *access points,* al analizar la figura 13, se observa zonas de color tomates y amarillas es decir zonas que no tienen buena cobertura, por lo que se sugiere realizar reubicación de los *access point* y colocar nuevos equipos con el fin alcanzar una mayor cobertura.

3.2.4 Análisis cuarto piso

En este piso se encuentran las áreas de Dirección de Tics, Comedor y Auditorio, se tiene instalados 4 *access points*, la cantidad habitual de usuarios conectados es de 13 y un máximo de 120 dispositivos cuando se está utilizando el auditorio que es de uso interno y externo. El mayor problema se presenta al existir un gran número de dispositivos conectados que afectan el rendimiento de la red provocando disminución en la velocidad de transmisión e incluso inestabilidad en la conexión.

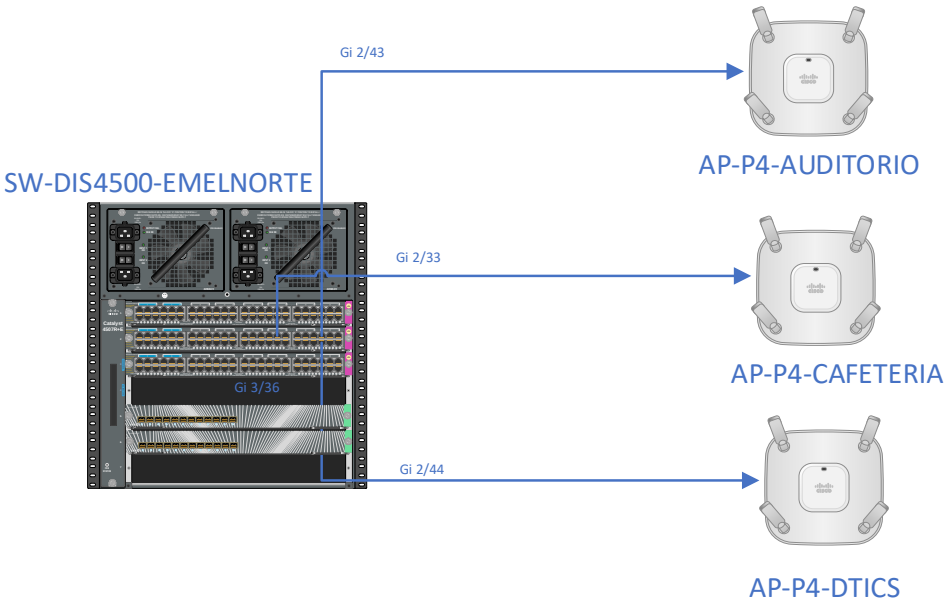


Figura 14 - Diagrama de comunicación cuarto piso

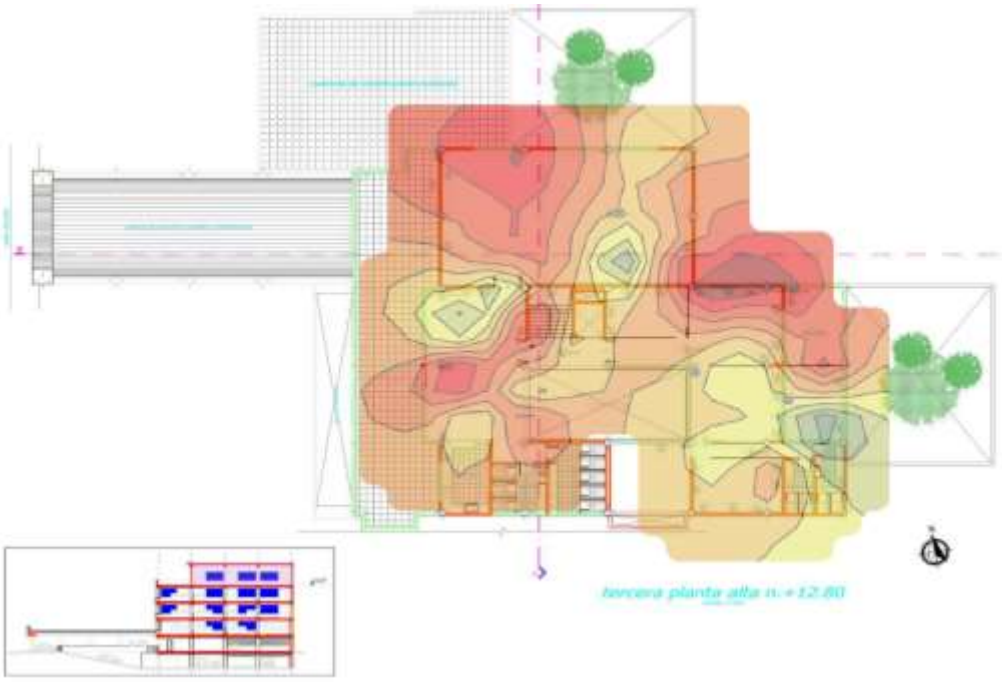


Figura 15 – Análisis cuarto piso VisiWave Survey

Según el análisis realizado con *VisiWave Survey* en la Figura 15 podemos observar zonas de color naranja y amarillo es decir no se está cubriendo todo el piso, por consiguiente, se sugiere una reubicación de los APs instalados, con el fin de cubrir todas las áreas posibles. Además, en la parte de auditorio se debe considerar la cantidad de usuarios finales en eventos y dimensionar correctamente el número de APs.

CAPÍTULO IV: PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS

Posterior al análisis de la situación actual de la red WLAN se puede determinar cuáles son los problemas y las mejoras por realizar, una de ellas es modificar la arquitectura WLAN tal como se describe a continuación con el fin de mejorar el rendimiento de los enlaces de comunicación, además se detalla la migración y reubicación de *access point* para ampliar la cobertura de comunicación.

4.1 Propuesta Modificación Arquitectura WLAN

La solución que se plantea está ilustrada en la figura 16 inicia desde el switch de core empleando los puertos con velocidad de 1Gbps y configurarlos en *etherchannel;* la implementación de *EtherChannel* en controladores inalámbricos (*WLC*) puede mejorar la red inalámbrica en términos de administración y rendimiento. En primer lugar, *EtherChannel* aumenta considerablemente el ancho de banda disponible al combinar múltiples enlaces físicos entre un controlador y un punto de acceso (AP) en un único enlace lógico. Esto es particularmente beneficioso en entornos con alta densidad de dispositivos y tráfico, ya que mejora la capacidad del controlador para gestionar la carga de forma eficaz.

Además, EtherChannel mejora no sólo la redundancia, sino también la tolerancia de fallos. En caso de que uno de los enlaces físicos falle, el tráfico se reasigna automáticamente entre los otros enlaces, lo que garantiza que la conexión inalámbrica permanecerá ininterrumpida y confiable. Esta resiliencia es esencial en entornos de misión crítica donde las interrupciones de la conectividad pueden tener un impacto significativo. La distribución uniforme del tráfico entre los enlaces disponibles y el equilibrio de carga *EtherChannel* resultante ayuda a evitar la saturación de enlaces específicos, aumentando así la eficiencia y eficacia general de la red inalámbrica. Esta característica es especialmente valiosa en entornos donde la carga de la red varía mucho. Además, *EtherChannel* ayuda a que los dispositivos inalámbricos se desplacen de manera más eficiente y transparente. Con múltiples enlaces

disponibles, los dispositivos pueden cambiar sin problemas de un punto de acceso a otro sin perder conectividad, mejorando la experiencia del usuario final cuando se mueve por la red. La administración centralizada y la configuración simplificada son otras ventajas importantes de *EtherChannel*. Esta tecnología simplifica las tareas de administración y mantenimiento al proporcionar un único enlace lógico que permite la administración desde un único punto de control. Finalmente, *EtherChannel* mejora la escalabilidad de las redes inalámbricas al permitir que se agreguen enlaces físicos según sea necesario para adaptarse al creciente número de dispositivos y tráfico inalámbrico.

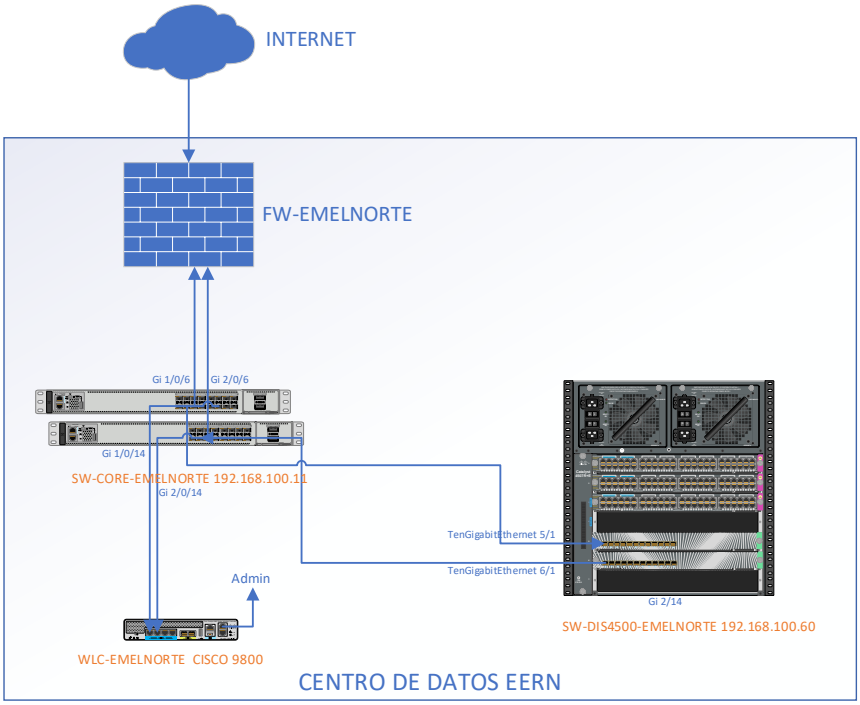


Figura 16 - Arquitectura propuesta

Como podemos observar en la figura 16 la comunicación de la controladora inalámbrica se la realiza utilizando *EtherChannel* en puertos a 1 Gbps, mejorando así la velocidad de comunicación a los diferentes *Access Points* y a los usuarios finales.

Para manejar una red más centralizada y mayor eficiencia en la velocidad de transmisión la *WLC* se propone conectar al switch de core con el fin de aprovechar el ancho de banda que maneja el switch de núcleo.

4.2 Proyección Del Esquema Físico De Red- *Access Points*

La suite de Cisco Prime es una poderosa herramienta que permite realizar una simulación detallada de redes inalámbricas. Para dar una solución al esquema físico de la WLAN de la empresa regional norte se ha empleado esta valiosa herramienta.

En primera instancia se importaron planos de construcción a la herramienta, y se realizó un análisis del entorno de los 4 pisos del edificio de la empresa para identificar interferencias, se identifican áreas de cobertura requeridas, densidad de usuarios y posibles zonas críticas.

En la simulación se colocan puntos de acceso estratégicamente, se ajustan parámetros clave como la potencia de transmisión y las características ambientales. Este enfoque nos permite visualizar con precisión la cobertura inalámbrica en toda la habitación y obtener mapas de calor detallados y observar la intensidad de la señal en cada ubicación. Con Cisco Prime, entendemos completamente dónde se ubican mejor los dispositivos inalámbricos e identificamos áreas de alta y baja cobertura. Este análisis detallado nos proporciona información valiosa que nos ayuda a tomar decisiones estratégicas y mejorar continuamente la red inalámbrica, garantizando una conectividad eficiente y confiable en toda la empresa.

Para este análisis utilizamos los siguientes equipos:

AP NAME	C9115
Marca	Cisco
Banda	5 GHz
Antena	Antena Interna
Power level	Power Level 1 (23.0 dBm)
Protocolo	802.11a
Channel Bandwidth	20 MHZ
Spatial streams	1

Tabla 5 - Equipo Access Point utilizado en Cisco Prime

4.2.1 Primer Piso

Estudiamos cuidadosamente la ubicación estratégica de los puntos de acceso

inalámbrico en el primer piso para asegurar que proporcionen una cobertura uniforme y eficaz. Esto se logra mediante la utilización de Cisco Prime. Debido a que nos dio una exhibición visual completa de la intensidad de la señal en cada ángulo y rincón del primer piso, la capacidad de mapa de calor de Cisco Prime demostró ser una herramienta muy útil. Sobre la base de los resultados de este estudio exhaustivo, se determinó que los puntos de accesibilidad que ya se habían establecido eran adecuados y se decidió que no se necesitaba ningún equipo adicional. La precisión que se obtiene con esta herramienta no sólo nos permite mantener nuestra configuración existente, sino que también nos da información significativa que puede utilizarse para futuras modificaciones, lo que garantizará que estemos preparados para cumplir los requisitos tanto para el rendimiento como para la salida.

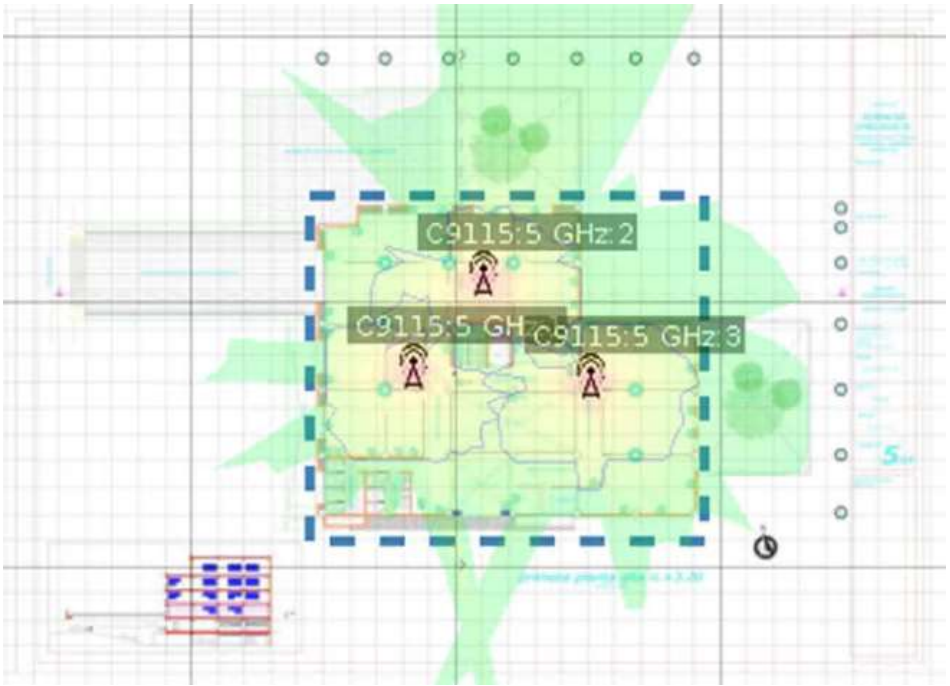


Figura 17 - Mapa de Calor Primer Piso

4.2.2 Segundo Piso

Luego del análisis inicial, se identificó una disminución en la cobertura del segundo piso del edificio de la empresa. Para abordar esta situación, fue imperativo incorporar dos puntos de acceso adicionales. Esta decisión se fundamentó en la necesidad de optimizar la conectividad, especialmente en áreas críticas como la presidencia ejecutiva y la sala de reuniones. La

implementación de estos nuevos *access points* traerá consigo mayor cobertura inalámbrica en el segundo piso y garantiza una conectividad más sólida y eficiente en zonas clave donde la calidad de la señal es de suma importancia. Este ajuste estratégico refleja nuestro compromiso constante con la mejora continua de nuestra infraestructura de red para satisfacer las demandas específicas de conectividad en áreas cruciales de nuestra empresa.

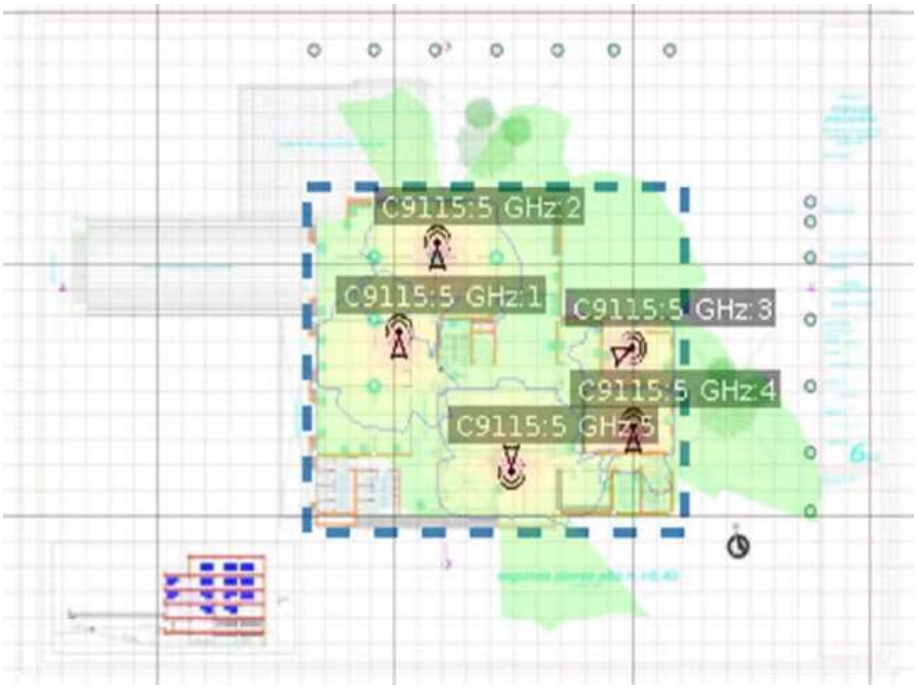


Figura 18 - Mapa de Calor Segundo Piso

4.2.3 Tercer Piso

En contraste con los desafíos identificados en el segundo piso, la evaluación del tercer piso reveló una satisfactoria cobertura inalámbrica, sin la necesidad de reubicar equipos o agregar puntos de acceso adicionales. La disposición actual de los *access points* en esta área de nuestras instalaciones ha demostrado ser eficiente y proporcionar un rendimiento óptimo. Este hallazgo confirma la efectividad de nuestra configuración inicial en el tercer piso, y nos brinda la tranquilidad de que la conectividad inalámbrica en esta sección de la empresa.

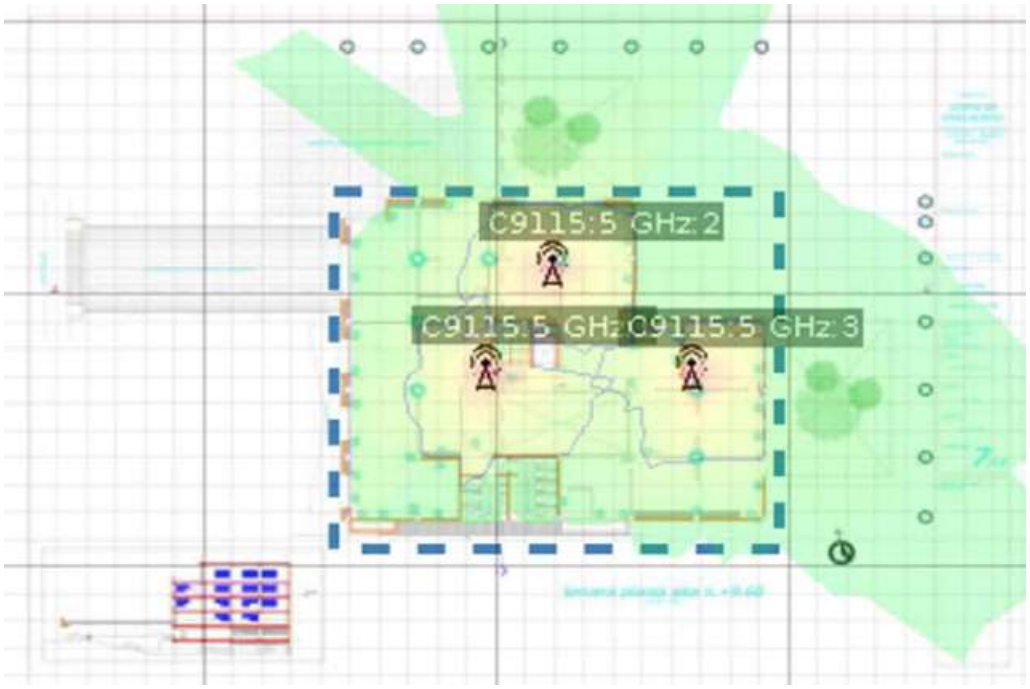


Figura 19 - Mapa de Calor Tercer Piso

4.2.4 Cuarto Piso

En cuanto al cuarto piso, es importante destacar que, a pesar de que no hay necesidad de trasladar ningún equipo, prestamos especial atención al número de usuarios en esta zona, en particular los usuarios externos que vienen al auditorio. Como somos conscientes de la importancia de garantizar una conectividad fiable en los eventos, llevamos a cabo un análisis de la capacidad de los puntos de acceso que actualmente están en funcionamiento para manejar de manera eficiente la carga de los usuarios. Incluso si la distribución actual ha demostrado ser suficiente, somos conscientes de la posibilidad de hacer ajustes en el futuro para satisfacer los cambios en los requisitos de conexión que puedan ocurrir en el presente o en futuro.

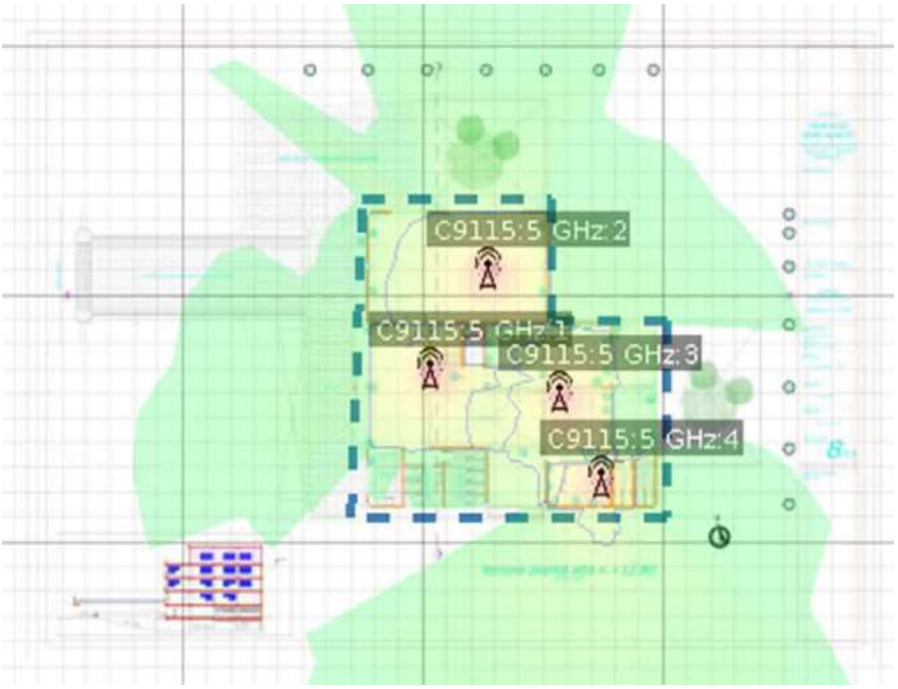


Figura 20 - Mapa de Calor Cuarto Piso

4.3 Discusión y trabajos futuros

El capítulo 4 de esta tesis se enfoca en el minucioso análisis de la viabilidad de llevar a cabo la migración de la red inalámbrica del edificio principal de la Empresa Eléctrica Regional Norte hacia la innovadora tecnología *Wi-Fi* 6. Este detallado análisis comprende una exhaustiva evaluación de la infraestructura preexistente y los resultados obtenidos de las pruebas piloto ejecutadas para corroborar la eficacia de esta nueva tecnología. En una primera instancia, se llevó a cabo un completo diagnóstico de la infraestructura actual de la red inalámbrica, identificando de manera precisa sus limitaciones en términos de velocidad, capacidad, eficiencia energética y seguridad. Se resaltó la relevante observación de que la red actual, fundamentada en estándares *Wi-Fi* de generaciones anteriores, no logra gestionar de forma óptima la creciente demanda de dispositivos conectados y las aplicaciones que requieren un alto rendimiento en la transmisión de datos.

Luego, se exploraron los beneficios de adoptar *Wi-Fi* 6, destacando sus mejoras significativas en velocidad, capacidad de manejo de múltiples dispositivos, eficiencia energética y mecanismos de seguridad avanzados. Las pruebas piloto realizadas en entornos

controlados demostraron que *Wi-Fi* 6 ofrece una experiencia de usuario superior, con una conectividad más rápida y estable, incluso en ambientes con una gran cantidad de dispositivos. Se realizó un análisis de costo-beneficio detallado, que incluyó el costo de actualización de la infraestructura, la adquisición de nuevos puntos de acceso y controladores, y el retorno de inversión esperado en términos de mejoras operativas y reducción de costos a largo plazo. Los resultados indicaron que la inversión en *Wi-Fi* 6 es justificada por los beneficios que proporciona, tanto en términos de rendimiento como de preparación para el futuro.

Entre los principales hallazgos, se identificaron varios beneficios clave. *Wi-Fi* 6 ofrece una velocidad hasta cuatro veces mayor que las versiones anteriores, así como una capacidad mejorada para manejar múltiples dispositivos simultáneamente. Esto se traduce en una red más rápida y eficiente, capaz de soportar la creciente demanda de aplicaciones de alto consumo de datos. Además, los dispositivos *Wi-Fi* 6 son más eficientes energéticamente, lo cual reduce el consumo de energía de la red. Esta característica es particularmente importante para una empresa como la Empresa Eléctrica Regional Norte, que busca optimizar sus recursos y reducir su huella de carbono. En términos de seguridad, *Wi-Fi* 6 incluye mejoras en los protocolos, como WPA3, que proporcionan una protección más robusta contra amenazas cibernéticas. Esto es crucial para proteger la información sensible manejada por la empresa. La tecnología *Wi-Fi* 6 también es compatible con dispositivos de generaciones anteriores, lo que facilita la transición y asegura que la infraestructura de red esté preparada para soportar futuras innovaciones tecnológicas.

La solución propuesta presentada en esta tesis abarca el despliegue estratégico de la tecnología *Wi-Fi* 6 a través de la modernización de la infraestructura de red existente. Esta iniciativa estratégica abarca la adquisición de puntos de acceso de vanguardia y controladores que son totalmente compatibles con el estándar avanzado *Wi-Fi* 6, junto con la meticulosa reconfiguración de la arquitectura de la red para mejorar la eficiencia operacional general.

Además, se recomienda una estrategia de ejecución gradual meticulosamente elaborada para mitigar eficazmente cualquier posible perturbación de las operaciones comerciales diarias de la empresa.

Frente a futuros trabajos, se recomienda implementar un sistema de monitoreo continuo para evaluar el rendimiento de la nueva red *Wi-Fi* 6 y realizar ajustes necesarios para optimizar su funcionamiento. Esto implicará la recolección exhaustiva de datos sobre el uso de la red, la identificación detallada de posibles cuellos de botella y la ejecución efectiva de mejoras continuas en el sistema. También es crucial capacitar al personal técnico en la gestión y mantenimiento de la nueva tecnología *Wi-Fi* 6, asegurando que el equipo de IT de la empresa esté bien preparado para manejar cualquier problema que surja y para aprovechar al máximo las capacidades de la nueva infraestructura. Es importante mantenerse actualizado con las últimas innovaciones en tecnología de redes, incluyendo nuevas versiones de *Wi-Fi* y otras tecnologías emergentes, para evaluar la viabilidad de futuras migraciones o actualizaciones y asegurar que la empresa se mantenga a la vanguardia de la tecnología.

Además, se debe considerar la expansión de la red *Wi-Fi* 6 a otros edificios y áreas de la empresa para asegurar una conectividad óptima en todas las instalaciones, permitiendo que todos los empleados y dispositivos se beneficien de las mejoras proporcionadas por la nueva tecnología. Finalmente, explorar la integración de dispositivos IoT con la red *Wi-Fi* 6 podría mejorar la eficiencia operativa y permitir la recopilación de datos en tiempo real, lo cual podría ser utilizado para optimizar las operaciones de la empresa y mejorar la toma de decisiones.

CONCLUSIONES

- Son innumerables los avances del estándar *WI-FI* 6 en comparación a sus predecesores, es importante gestionar su implementación para mejorar las comunicaciones y lograr la satisfacción de los usuarios finales en el cumplimiento de los procesos institucionales de la empresa regional norte.
- Al adentrarnos específicamente en el objeto de este estudio, los programas empleados para realizar el análisis de la cobertura de la señal ofrecen una propuesta inteligente, promueven el análisis y ayudan a la toma de decisiones facilitando la puesta en marcha de la infraestructura propuesta en el presente estudio que busca aprovechar las nuevas prestaciones que ofrece *WI-FI*6 en temas como seguridad, rendimiento, calidad y capacidad de servicio.
- Es importante recalcar que de nada sirve tener un excelente equipo con las mejores prestaciones y puertos de alta velocidad conectado a equipos de inferiores prestaciones, por ello se concluye que la nueva arquitectura propuesta en el presente estudio mejora de forma significativa el desempeño de la red.
- La tecnología avanza a pasos agigantados, los equipos vienen integrados con tarjetas inalámbricas de última generación y con el uso de nuevos servicios como el Internet de las cosas (IoT), la inteligencia artificial, el streaming de video se necesita mayor ancho de banda y estabilidad en la conexión de ahí la importancia de la optimización de la red inalámbrica en la empresa regional norte y su necesaria migración al nuevo estándar *WI-FI*6.
- El uso de Cisco Prime para modelar la propagación de señal y determinar la mejor ubicación de los *Access points*, su uso en la simulación de la superposición de las áreas de cobertura y garantizar la itinerancia flexible de dispositivos, hace de esta herramienta una opción valiosa para configuración de redes.

RECOMENDACIONES

- Cuando se tiene un gran número de equipos y usuarios internos y externos es importante una correcta planificación y configuración de la red inalámbrica, con el fin de proporcionar estabilidad y calidad en el uso de la red.
- Se recomienda estar a la vanguardia de las nuevas tecnologías, ya que en un mundo que predomina la necesidad de estar conectado, las estrategias y nuevas técnicas que se implementen para la mejora de la red WLAN de la empresa regional norte impulsa la eficiencia en el trabajo.
- Monitorear regularmente la red inalámbrica para identificar posibles problemas de rendimiento o interferencias permite anticiparnos y ajustar la configuración para garantizar su correcto funcionamiento.
- Se recomienda esta nueva tecnología por el mejor consumo de energía en dispositivos inalámbricos, ya que configurada de forma correcta y con consideraciones como ajustes en la potencia de transmisión por intervalos de baja inactividad lograremos una infraestructura de red más sostenible y respetuosa con el medio ambiente.

REFERENCIAS

Bellalta, B. (2021). IEEE 802.11ax: High-efficiency WLANs. IEEE Communications Magazine, 53(1), 202-209. https://doi.org/10.1109/MCOM.2021.8717141

Brown, A. (2015). Comparison of WPA and WPA2 Security in Wireless Networks. International Journal of Computer Science and Information Security, 13(4), 24-30

Brown, T. (2019). *Wi-Fi* 6 vs. *Wi-Fi* 5: What's the difference? *Network World*, 36(9), 22-27.

BSS Coloring, https://ita.tech/todo-lo-que-tienes-que-saber-de-*Wi-Fi*6-802-11ax

Chen, R., Liu, Y., & Sivaraman, V. (2017). A survey of MAC layer solutions for LTE-advanced and future 5G networks. *IEEE Communications Surveys & Tutorials, 19*(3), 1443-1470.

Cisco Systems. (2020). *Wi-Fi* 6: What it is and how it will impact your network. Recuperado de https://www.cisco.com/c/en/us/products/wireless/what-is-802-11ax.html

Cisco Systems. (2021). Cisco Annual Internet Report (2018–2023). Retrieved from https://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/executive-perspectives/annual-internet-report/white-paper-c11-741490.html

Cisco. (2021). Cisco Wireless Solutions - *Wi-Fi* 6 (802.11ax). https://www.cisco.com/c/en/us/solutions/enterprise-networks/*Wi-Fi*6-80211ax.html

Dhillon, H. S., Chilamkurti, N., & Sood, S. K. (2018). 5G: The Convergence of Wireless Communications. In 5G Enabled Secure Wireless Networks (pp.

1-23). Springer

Goldsmith, A., Jafar, S. A., Jindal, N., & Vishwanath, S. (2003). Capacity limits of MIMO channels. *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, 21(5), 684-702. https://doi.org/10.1109/JSAC.2003.810294

He, L., & Hui, J. W. (2007). Multi-antenna techniques in WiMAX and LTE: A survey. *IEEE Wireless Communications, 14*(4), 56-63.

IEEE Standards Association. (2019). *IEEE Standard for Information technology--Telecommunications and information exchange between systems Local and metropolitan area networks--Specific requirements Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications* (IEEE Std 802.11ax-2019). https://standards.ieee.org/standard/802_11ax-2019.html

IEEE Standards Association. (2020). *IEEE Standard for Information technology--Telecommunications and information exchange between systems Local and metropolitan area networks--Specific requirements Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications--Amendment 6: Enhancements for High Efficiency WLAN* (IEEE Std 802.11ax-2020). https://standards.ieee.org/standard/802_11ax-2020.html

IEEE. (2020). IEEE 802.11ax Standard Overview. Retrieved from https://standards.ieee.org/standard/802_11ax-2020.html

Johnson, R. (2012). Enhancing *Wi-Fi* Security Using WPA2-PSK. International Journal of Computer Networks and Communications Security, 2(4), 128-134.

Khorov, E., Kiryanov, A., Lyakhov, A., Krotov, A., & Guschin, A. (2020). A Tutorial on IEEE 802.11ax High Efficiency WLANs. IEEE

Communications Surveys & Tutorials, 21(1), 197-216. https://doi.org/10.1109/COMST.2020.2968399

Khorov, E., Lyakhov, A., Krotov, A., & Guschin, A. (2015). A survey on IEEE 802.11ah: An enabling networking technology for smart cities. *Computer Communications*, 58, 53-69. https://doi.org/10.1016/j.comcom.2014.08.008

Orozco, Jhenifer, & Siles, Gustavo. (2019). Estudio radioeléctrico y problemáticas en una red *Wi-Fi* con alta densidad de usuarios. *Acta Nova, 9*(1), 32-52. Recuperado en 17 de octubre de 2023, de http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1683-07892019000100003&lng=es&tlng=es.

Smith, J. (2010). Wireless Security Protocols: WEP, WPA, and WPA2. Journal of Network Security, 8(2), 45-58.

Smith, J. (2021). The benefits of *Wi-Fi* 6 for enterprise networks. *Network Computing*. Recuperado de https://www.networkcomputing.com/wireless/benefits-*Wi-Fi*-6-enterprise-networks

Stallings, W. (2021). *Wireless Communications & Networks* (2nd ed.). Pearson Education.

Tannenbaum, A. S., & Wetherall, D. (2010). *Computer Networks* (5th ed.). Pearson Education.

Wi-Fi Alliance. (2020). *Wi-Fi* 6: The next generation of *Wi-Fi* connectivity. Recuperado de https://www.*Wi-Fi*.org/discover-*Wi-Fi*/*Wi-Fi*-6

Wi-Fi's generational evolution, https://www.kbr.co.uk/*Wi-Fi*-6-the-next-generation-of-business-*Wi-Fi*

Zhao, M., & Cao, Y. (2019). Implementation of *Wi-Fi* 6 in smart city applications. In *Proceedings of the IEEE Global Communications Conference* (pp. 1-6). https://doi.org/10.1109/GLOBECOM38437.2019.9053351