PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR



FACULTAD DE INGENIERÍA

MAESTRÍA EN REDES DE COMUNICACIONES

INFORME FINAL CASO DE ESTUDIO PARA UNIDAD DE TITULACIÓN ESPECIAL PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:

MASTER EN REDES DE COMUNICACIONES

TEMA:

"ESTUDIO Y ANÁLISIS PARA LA ACTUALIZACIÓN DE RED WLAN DE LA SEPS UTILIZANDO TECNOLOGÍAS BASADAS EN EL ESTÁNDAR IEEE 802.11 AC"

AUTOR: SANTIAGO FERNANDO ESTRELLA FIALLOS

Quito – 2017

AUTORÍA

Yo, Santiago Fernando Estrella Fiallos, portador de la cédula de ciudadanía No.0502202773, declaro bajo juramento que la presente investigación es de total responsabilidad del autor, y que se he respetado las diferentes fuentes de información realizando las citas correspondientes. Esta investigación no contiene plagio alguno y es resultado de un trabajo serio desarrollado en su totalidad por mi persona.

Santiago Fernando Estrella Fiallos

TABLA DE CONTENIDOS

1. INTRODUCCIÓN 1
2. ANTECEDENTES 3
3. JUSTIFICACIÓN 5
4. OBJETIVOS 7
4.1 Objetivo general: 7
4.2 Objetivos Específicos. 7
5. ESTADO DEL ARTE 8
5.1 WLAN (Wireless Local Area Network) 8
5.2 Estándar 8
5.3 Estándar 802.11 9
5.3.1 Tipos de Tramas 13
5.3.1.1 Formatos de Tramas 13
5.3.1.2 Preamble 13
5.3.1.3 Encabezado PLCP 14
5.3.1.4 Datos MAC 14
5.3.1.4.1 Campo Frame Control (control de trama) 14
5.3.1.4.1.1 Protocol Version 15
5.3.1.4.1.2 Type y Subtype 15
5.3.1.4.1.3 ToDS 16
5.3.1.4.1.4 FromDS 16
5.3.1.4.1.5 More Fragments 16
5.3.1.4.1.6 Retry 16
5.3.1.4.1.7 Power Management 17
5.3.1.4.1.8 More Data 17
5.3.1.4.1.9 WEP 17
5.3.1.4.1.10 Order 17
5.3.1.4.2 Duration / ID 17
5.3.1.4.3 Campos de dirección 18
5.3.1.4.4 Sequence Control 19
5.3.1.4.5 CRC 19
5.3.2 Formatos de tramas más comunes 19
5.3.2.1 Formato de trama RTS 19
5.3.2.2 Formato de trama CTS 20
5.3.2.3 Formato de trama ACK 20
5.3.2.4 Función de Coordinación de Punto (PCF). 21
5.3.2.5 Ad-hoc Networks 21
5.4 Estándar 802.11 a 21
5.4.1 Subcapa OFDM PLCP de 802.11 a. 25
5.5 Estándar 802.11 b 27
5.6 PLCP EN ESTÁNDAR 802.11 b 29
5.7 Estándar 802.11 g 31
5.7.1 Capa física del estándar 802.11 g 31
5.7.2 Estructura de paquetes del estándar 802.11 g 33

5.8 Estándar 802.11 n 35
5.9 Capa física de 802.11 n 37
5.10 Wwise plcp 41
5.11 Campo SIGNAL-N 42
5.12 Estándar 802.11 ac 43
5.13 Banda de frecuencia de 802.11ac 45
5.14 Modo MCS 46
5.15 Mimo de usuario único 48
5.16 Gestión dinámica de canales 50
5.17 Comparación de estándares 802.11n y 802.ac. 52
5.18 Diferencias entre 802.11ac y 802.11n 56
5.19 Compatibilidad del estándar 802.11 ac. 57
6. ANÁLISIS DE TRÁFICO 59
6.1 Infraestructura de red de la entidad 59
6.2 Análisis de tráfico 61
6.2.1 Pre requisitos para ejecución de software wireshark. 61
6.2.2 Análisis de resultados de software wireshark 64
6.2.2.1 Análisis de tráfico. 66
6.3 Análisis de ancho de banda 74
6.3.1 Análisis de ancho de banda por usuarios 74
6.3.1.1 Análisis de ancho de banda usuario de la Dirección Nacional 1(DN1). 75
6.3.1.2 Análisis de ancho de banda usuario de la Dirección Nacional 2 (DN2).80
6.3.1.3 Análisis de ancho de banda usuario de la Dirección Nacional 3(DN3). 84
6.3.2 Análisis de ancho de banda general 89
7. ANÁLISIS DE COBERTURA 91
7.1 Site survey utilizando software ekahau 92
7.2 ANÁLISIS DE COBERTURA WLAN SEDE PRINCIPAL DE LA INSTITUCIÓN 93
7.3 Distribución de puntos de acceso por piso. 93
7.4 Intensidad de la señal por piso en la banda de 2.4 ghz. 96
7.5 Relación señal / ruido (SNR) en la banda de 2,4 ghz 99
7.6 Superposición de canales. 102
7.7 Velocidad de transferencia de datos. 104
7.8 Rendimiento de los AP por piso. 107
7.9 Puntos de acceso asociados por piso. 109
7.10 Análisis de espectro. 113
8. ANÁLISIS DE RESULTADOS Y PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN 121
8.1 Análisis de resultados en planta baja 123
8.2 Análisis de resultados en piso 1. 124
8.3 Análisis de resultados en piso 2. 125
8.4 Análisis de resultados en piso 3. 126
8.5 Análisis de resultados en piso 4. 127
8.6 Análisis de resultados en piso 5. 128
8.7 Análisis de resultados en piso 6. 129

8.8 Análisis de resultados en piso 7. 130
8.9 Análisis de resultados en piso 8. 131
9. PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE LA SOLUCIÓN DE RED INALÁMBRICA. 133
9.1 Mejora en velocidad de transferencia 133
9.2 Mejora en disminución de interferencia. 134
9.3 Prueba de red inalámbrica utilizando equipos que soportan estándar 802.11ac. 134
9.4 Intensidad de la señal en el estándar 802.11n y 802.11ac. 137
9.5 Relación señal / ruido (SNR) en 802.11n y 802.11ac. 138
9.6 Velocidad de transferencia de datos 802.11n y 802.11ac. 138
9.7 Rendimiento medio en 802.11n y 802.11ac. 139
9.8 Ancho de banda del canal para frecuencia de 2,4 ghz y 5 ghz. 140
9.9 Propuesta de equipamiento para implementación. 141
9.10 Propuesta económica para implementación. 145
10. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 153
11. BIBLIOGRAFÍA 155

LISTA DE TABLAS

Tabla 1.- Tabla de frecuencias a 2.4 GHz y asignación de canales. [3]..... 10
Tabla 2.- Tipo y Sub Tipo de Trama 802.11. [2] 16
Tabla 3.-Direcciones con ajuste de bits ToDS y FromDS [2]..... 18
Tabla 4.Potencia de transmisión en el espectro de 5 GHz en los Estados Unidos. [3] 22
Tabla 5.-Máxima potencia de transmisión en 5 GHz bajo las reglas del ETSI. [3]... 23
Tabla 6.- Contenido del campo SIGNAL de 802.11a [4] 27
Tabla 7.-Tabla resumen de tasas de transferencia de las capas físicas de 802.11g. [4] 33
Tabla 8.-Especificaciones relevantes del estándar 802.11ac. [9]..... 44
Tabla 9.-Modos MCS de 802.11ac. [8]..... 46
Tabla 10.- Cálculo de la velocidad de 802.11n y 802.11ac. [9]..... 54
Tabla 11.- Cálculo de la velocidad de 802.11n y 802.11ac. [9]..... 56
Tabla 12.- Compatibilidad y coexistencia de dispositivos 802.11a, 802.11n y 802.11ac. [9]..... 58
Tabla 13.-Número de Peticiones del grupo 1.. 66
Tabla 14.-Puertos más utilizado asociado a un servicio. 68
Tabla 15.-Número de Peticiones del grupo 2.. 69
Tabla 16.-Número de Peticiones del grupo 3.. 71
Tabla 17.-Número de Peticiones del grupo 4.. 73
Tabla 18. Puntos de acceso y modelo de piso PB 109
Tabla 19.Puntos de acceso y modelo de piso P1..... 110
Tabla 20. Puntos de acceso y modelo de piso P2..... 110
Tabla 21. Puntos de acceso y modelo de piso P3..... 111
Tabla 22. Puntos de acceso y modelo de piso P4..... 111
Tabla 23. Puntos de acceso y modelo de piso P5..... 112
Tabla 24. Puntos de acceso y modelo de piso P6..... 112
Tabla 25. Puntos de acceso y modelo de piso P7..... 113
Tabla 26. Puntos de acceso y modelo de piso P8..... 113
Tabla 27.Resumen de análisis de uso de ancho de banda 121
Tabla 28. Puntos de Acceso disponibles en Edificio APM..... 142
Tabla 29. Equipos portátiles de la institución. 143
Tabla 30.Estándares soportados por laptops institucionales. 144
Tabla 31. Dispositivos externos USB con estándar 802.11ac..... 145
Tabla 32.Información de procesos encontrados en portal de compras públicas. 147
Tabla 33: Índice de precios al consumidor (IPC) [13]. 148
Tabla 34. Resumen de propuestas económicas. 151
Tabla 35. Especificaciones técnicas de puntos de acceso [11] 16

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1.- Mapa de frecuencia de canal a 2,4 GHz. [3]..... 11
Ilustración 2.- Descripción de la capa físicas de la MAC 802.11 [2]. 12
Ilustración 3.- Trama de 802.11 [2] 13
Ilustración 4.- Formato Trama General de 802.11 [2] 14
Ilustración 5.- Formato Trama General de 802.11 [2] 15
Ilustración 6.-Formato Trama RTS [2]. 19
Ilustración 7.-Formato Trama RTS. [2] 20
Ilustración 8.-Formato Trama ACK. [2] 20
Ilustración 9.- Preámbulo, encabezado y PSDD de OFDM PLCP de 802.11a [4]. ... 25
Ilustración 10.-Mapa de canal a frecuencia de 5 GHz. [3]..... 27
Ilustración 11.- Formato PPDU de PLCP largo [5] 30
Ilustración 12.- Formato corto de PLCP PPDU [5] 31
Ilustración 13.- Trama 802.11g ERP-DSSS/CCK PPDU [6]. 34
Ilustración 14.-Modo heredado capa física 802.11n [7]. 38
Ilustración 15.- Modo mixto capa física 802.11n [7]..... 38
Ilustración 16.-Modo campo verde capa física 802.11n [7]. 38
Ilustración 17.-Agregación en WWise [7]. 41
Ilustración 18.-Llenado en WWise [7]..... 41
Ilustración 19.- Encapsulación WwiSE PLCP [7]. 42
Ilustración 20.- Campo Signal-N [7]..... 42
Ilustración 21.- Trama agregación TGnSync [7]. 43
Ilustración 22.- Ancho de banda del canal 802.11ac. [8]..... 45
Ilustración 23.- Diferentes modos de modulación [8]..... 47
Ilustración 24.- Beamforming explícito e implícito [8]. 48
Ilustración 25. Dos puntos de acceso sobre el mismo canal de 80 MHz [8]..... 51
Ilustración 26. A-MSDU y A-MPDU. [8] 52
Ilustración 27. Comparación de velocidad entre 802.11n y 802.11ac [9]..... 53
Ilustración 28. Diseño lógico de red de la entidad. 60
Ilustración 29. Interfaces de Red detectadas por Wireshark. 64
Ilustración 30. Ventana de monitoreo de Wireshark. 65
Ilustración 31. Porcentajes de utilización protocolos de entre 10000 y 1000000 peticiones..... 66
Ilustración 32. Porcentajes de utilización de protocolos de entre 1000 y 9999 peticiones..... 69
Ilustración 33. Porcentajes de utilización de protocolos de entre 100 y 999 peticiones. 71
Ilustración 34. Porcentajes de utilización de protocolos de entre 1 y 99 peticiones.. 73
Ilustración 35. Interfaz principal de Networx. 74
Ilustración 36. Reporte diario Usuario 1. 76
Ilustración 37. Tasa de transferencia por hora del 05/09/2017 usuario1. 77
Ilustración 38. Tasa de volumen de transferencia por hora del 05/09/2017 usuario1. 78

Ilustración 39. Tasa de transferencia por hora del 06/09/2017 usuario1. 79
Ilustración 40. Tasa de volumen de transferencia por hora del 06/09/2017 usuario1. 80
Ilustración 41. Reporte diario usuario 2. 81
Ilustración 42. Tasa de transferencia por hora del 05/09/2017 usuario2. 81
Ilustración 43. Tasa de volumen de transferencia por hora del 05/09/2017 usuario2. 82
Ilustración 44.Tasa de transferencia por hora del 06/09/2017 usuario2. 83
Ilustración 45. Tasa de volumen de transferencia por hora del 06/09/2017 usuario2. 84
Ilustración 46. Reporte diario usuario 3. 85
Ilustración 47. Tasa de transferencia por hora del 05/09/2017 usuario3. 86
Ilustración 48. Tasa de volumen de transferencia por hora del 05/09/2017 usuario3. 87
Ilustración 49. Tasa de transferencia por hora del 06/09/2017 usuario3. 88
Ilustración 50. Tasa de volumen de transferencia por hora del 06/09/2017 usuario3. 89
Ilustración 51. Análisis de tráfico promedio de un día. 90
Ilustración 52.Arquitectura de red inalámbrica. 91
Ilustración 53.Interfaz principal de Ekahau. 93
Ilustración 54.Distribución AP de PB. 94
Ilustración 55.Distribución AP de P1. 94
Ilustración 56.Distribución AP de P2. 94
Ilustración 57.Distribución AP de P3. 94
Ilustración 58.Distribución AP de P4. 95
Ilustración 59.Distribución AP de P5. 95
Ilustración 60.Distribución AP de P6. 95
Ilustración 61.Distribución AP de P7. 95
Ilustración 62.Distribución AP de P8. 96
Ilustración 63.Cobertura de AP en piso PB. 96
Ilustración 64.Cobertura de AP en piso P1. 97
Ilustración 65.Cobertura de AP en piso P2. 97
Ilustración 66.Cobertura de AP en piso P3. 97
Ilustración 67.Cobertura de AP en piso P4. 97
Ilustración 68.Cobertura de AP en piso P5. 98
Ilustración 69.Cobertura de AP en piso P6. 98
Ilustración 70.Cobertura de AP en piso P7. 98
Ilustración 71.Cobertura de AP en piso P8. 98
Ilustración 72.Mapa de color para nivel de cobertura 99
Ilustración 73.Relación S/R para piso PB 100
Ilustración 74.Relación S/R para piso P1 100
Ilustración 75.Relación S/R para piso P2 100
Ilustración 76.Relación S/R para piso P3 100
Ilustración 77.Relación S/R para piso P4 100
Ilustración 78.Relación S/R para piso P5 101

Ilustración 79.Relación S/R para piso P6 101
Ilustración 80.Relación S/R para piso P7 101
Ilustración 81.Relación S/R para piso P8 101
Ilustración 82.Mapa de color para nivel de intensidad de señal con respecto al ruido. 102
Ilustración 83.Superposición de canales en PB 102
Ilustración 84.Superposición de canales en P1 102
Ilustración 85.Superposición de canales en P2 102
Ilustración 86.Superposición de canales en P3 103
Ilustración 87.Superposición de canales en P4 103
Ilustración 88.Superposición de canales en P5 103
Ilustración 89.Superposición de canales en P6 103
Ilustración 90.Superposición de canales en P7 103
Ilustración 91.Superposición de canales en P8 103
Ilustración 92.Mapa de color para nivel de superposición de canales. 104
Ilustración 93.Mapa de color para velocidad de transferencia de datos PB 104
Ilustración 94.Mapa de color para velocidad de transferencia de datos P1. 105
Ilustración 95.Mapa de color para velocidad de transferencia de datos P2. 105
Ilustración 96.Mapa de color para velocidad de transferencia de datos P3. 105
Ilustración 97.Mapa de color para velocidad de transferencia de datos P4. 105
Ilustración 98.Mapa de color para velocidad de transferencia de datos P5. 106
Ilustración 99.Mapa de color para velocidad de transferencia de datos P6. 106
Ilustración 100.Mapa de color para velocidad de transferencia de datos P7. 106
Ilustración 101.Mapa de color para velocidad de transferencia de datos P8. 106
Ilustración 102.Rendimiento medido en PB. 107
Ilustración 103.Rendimiento medido en P1 107
Ilustración 104.Rendimiento medido en P2 107
Ilustración 105.Rendimiento medido en P3 108
Ilustración 106.Rendimiento medido en P4 108
Ilustración 107.Rendimiento medido en P5 108
Ilustración 108.Rendimiento medido en P6 108
Ilustración 109.Rendimiento medido en P7 108
Ilustración 110.Rendimiento medido en P8 108
Ilustración 111.AP asociado a PB 109
Ilustración 112.AP asociado a P1 110
Ilustración 113.AP asociado a P2 110
Ilustración 114.AP asociado a P3 111
Ilustración 115.AP asociado a P4 111
Ilustración 116.AP asociado a P5 112
Ilustración 117.AP asociado a P6 112
Ilustración 118.AP asociado a P7 113
Ilustración 119.AP asociado a P8 113
Ilustración 120.Mapa de densidad y cascada de PB 116
Ilustración 121.Mapa de densidad y cascada de P1 116
Ilustración 122.Mapa de densidad y cascada de P2 117

Ilustración 123.Mapa de densidad y cascada de P3 117
Ilustración 124.Mapa de densidad y cascada de P4 118
Ilustración 125.Mapa de densidad y cascada de P5 118
Ilustración 126.Mapa de densidad y cascada de P6 119
Ilustración 127.Mapa de densidad y cascada de P7 119
Ilustración 128.Mapa de densidad y cascada de P8 120
Ilustración 129.Càlculo de transferencia de datos [12]. 122
Ilustración 130. Versión de actual WLC. 135
Ilustración 131.Versión de WLC luego del upgrade. 135
Ilustración 132. Versión de WLC luego del upgrade. 136
Ilustración 133.Mapa de densidad y cascada de P8 137
Ilustración 134.Cobertura de AP en 802.11n. 137
Ilustración 135.Cobertura de AP en 802.11ac. 137
Ilustración 136.Relación S/R 802.11n. 138
Ilustración 137. Relación S/R 802.11ac. 138
Ilustración 138.Velocidad de transferencia 802.11n. 139
Ilustración 139. Velocidad de transferencia 802.11ac. 139
Ilustración 140. Rendimiento medio en 802.11n. 140
Ilustración 141. Rendimiento medio a 802.11ac. 140
Ilustración 142. AB para 802.11n. 140
Ilustración 143. AB para 802.11ac. 140
Ilustración 144. Equipos portátiles institucionales 143

1. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo pretende realizar el estudio, análisis y diseño para la actualización de red WLAN de la Superintendencia de Economía Popular y Solidaria, utilizando para ello tecnologías basadas en el estándar IEEE 802.11 AC, con el fin de mejorar el performance de conectividad para el acceso a los servicios electrónicos que dicha institución brinda, tanto interna como externamente.

Se iniciará en primera instancia con una descripción de las tecnologías inalámbricas actualmente disponibles en el estándar IEEE 802.11 a/b/g/n y su evolución, además de profundizar en el estudio del estándar IEEE 802.11 ac, identificando las ventajas que se podrán obtener al aplicar esta tecnología en la red inalámbrica corporativa institucional.

Luego se mostrará el análisis de tráfico de las aplicaciones más utilizadas por los usuarios en la entidad de control, con el fin de determinar que ancho de banda consumen los servicios electrónicos, además se realizará la descripción detallada de los equipos y la arquitectura actual de la red inalámbrica institucional.

Se mostrará los resultados del site survey obtenido mediante el uso de software que permita dimensionar las áreas de cobertura de cada uno de los puntos de acceso disponibles, realizado en las instalaciones del edificio que concentra la mayor cantidad de usuarios de la institución, esto permitirá identificar la cobertura de los puntos de acceso instalados actualmente.

Se expondrá como debería ajustarse el diseño en base al análisis realizado de la red inalámbrica que permita aprovechar al máximo las características que presta la utilización del estándar IEEE 802.11 ac, así como el equipamiento adicional que se

necesitará para poder acoplarse a esta tecnología, además se evaluarán los costos del equipamiento necesario de acuerdo a la infraestructura disponible en la institución.

Finalmente se realizarán pruebas de funcionalidad de dispositivos conectados a la red inalámbrica institucional mediante el estándar 802.11ac y se expondrán los resultados obtenidos, en lo concerniente al consumo de ancho de banda, velocidad de transmisión, latencia, cobertura, etc., de los servicios electrónicos que utilizan los usuarios institucionales.

2. ANTECEDENTES

La Ley Orgánica de la Economía Popular y Solidaria y del Sector Financiero Popular y Solidario publicada en el Registro Oficial número 444 de 10 de mayo de 2011 crea la Superintendencia de Economía Popular y Solidaria –SEPS- como un organismo técnico con jurisdicción nacional, personalidad jurídica de derecho público, patrimonio propio y autonomía administrativa y financiera.

Con fecha 5 de junio de 2012 se posesiona el Señor Superintendente de Economía Popular y Solidaria en sus funciones.

Las políticas y programas previstos en la Ley Orgánica de la Economía Popular y Solidaria y del Sector Financiero Popular y Solidario –LOEPS- y en su Reglamento General buscan promover, fomentar y contribuir a la consolidación del sistema económico social y solidario. Dada la heterogeneidad del sector, el gran número de organizaciones dispersas a nivel nacional y la necesidad de gestionar eficientemente la información para la supervisión y control, se requiere la automatización de los servicios institucionales en una plataforma de tecnología que permita tener escalabilidad, confiabilidad y seguridad.

Todas estas actividades considerando un universo de supervisión conformado por el conjunto de las organizaciones de los Sectores Comunitarios, Asociativos y Cooperativistas, así como también las Unidades Económicas Populares, que en su momento fueron transferidas a la SEPS por parte de la Superintendencia de Bancos –SBS-, la Ex Dirección Nacional de Cooperativas –DNC-, Ministerio de Agricultura y Ganadería –MAGAP- entre otros, las mismas que deben ser soportadas en un ambiente

tecnológico de alta disponibilidad, integridad, seguridad y flexibilidad para atender la demanda de crecimiento en el uso de recursos de hardware.

Al momento, se contabilizan aproximadamente 21.148 organizaciones ubicadas alrededor de todo el territorio nacional, y de ellas, tan solo el sector cooperativo reúne casi 4.976 millones de dólares en activos y más de 5’300.000 socios.

3. JUSTIFICACIÓN

La Superintendencia de Economía Popular y Solidaria en el presente trabajo será nombrada como SEPS, institución o entidad, dispone en la actualidad de una arquitectura de red donde se tiene un nodo central ubicado en el edificio Amazonas desde el cual parten todas las comunicaciones y se brindan los distintos servicios que se muestran a continuación:

Servicios Electrónicos internos:

- Portal Intranet-vitrina de servicios internos institucionales
- Correo Institucional y servicios colaborativos.
- Servicios de video conferencia y Telepresencia.
- Servicios de Gestión Documental.

Servicios Electrónicos externos:

- Portal Institucional
- Ventanilla de servicio web de Adecuación de Estatutos.
- Registro Inicial usuario principal.
- Registro de información de organización.
- Servicios web de consulta de datos con el Servicio de Rentas Internas - SRI, Registro Civil y la Secretaría Nacional de Educación Superior, Ciencia y Tecnología - SENESCYT.
- Consulta de Nombres para Reserva de Denominación para las nuevas organizaciones.
- Consulta de registro de organizaciones de la economía popular y solidaria-ROEPS.

- Revisión de trámites de Adecuación de Estatutos de las organizaciones.
- Reportes sobre el proceso de Adecuación de Estatutos de las organizaciones.
- Reportes sobre la información que es transferida del SRI.
- Sistema de recepción, validación y carga de información (RVC-SBS)
- Creación de indicadores sobre la información histórica de la SBS.

En este contexto es imprescindible proveer de una infraestructura robusta que permita satisfacer los requerimientos de conectividad, especialmente señalando que el 80 % aproximadamente de los usuarios hacen uso de estos servicios mediante red inalámbrica, utilizando para ello equipos portátiles como computadores, celulares, tabletas. Etc. El constante incremento de volúmenes de información que se transfieren a través de los canales de comunicación que posee la institución, hace imprescindible realizar un análisis a profundidad del performance de la red inalámbrica, con el fin de cubrir todas las necesidades de movilidad que requieren los usuarios al interior de la entidad, sin degradar los servicios a los que tienen acceso.

Cabe indicar que la entidad realiza inversiones constantes en infraestructura tecnológica, lo que permite mantener y satisfacer los requerimientos de interconexión de los usuarios de la red de datos, debido a esto es primordial hacer uso del equipamiento disponible, por lo que se requiere soluciones que coexistan con la tecnología actual y que brinden mejoras en la productividad de sus componentes.

En este sentido se realizará el análisis correspondiente que permita optimizar los recursos de la red inalámbrica proveyendo una alternativa de mejora en lo que se refiere a alcance, velocidad, menores consumos de energía y cobertura, utilizando para ello el estándar IEEE 802.11 ac.

4. OBJETIVOS

4.1 Objetivo general:

Realizar el estudio, análisis y diseño para actualizar la infraestructura de red LAN inalámbrica de la SUPERINTENDENCIA DE ECONOMÍA POPULAR Y SOLIDARIA, utilizando equipamiento que permita implementar tecnologías basadas en el estándar IEEE 802.11 ac,

4.2 Objetivos Específicos.

1. Analizar las mejoras del estándar IEEE 802.11ac.
2. Analizar el tráfico que permita determinar requisitos de ancho de banda necesario para aplicaciones.
3. Determinación de las zonas de cobertura actual.
4. Proponer una solución de implementación que permita mejorar el rendimiento de la red inalámbrica.
5. Realizar pruebas y análisis de resultados.
6. Efectuar una propuesta económica de la solución planteada.

5. ESTADO DEL ARTE

5.1 WLAN (Wireless Local Area Network)

Una WLAN es un sistema de comunicaciones, que transmite y recibe datos utilizando ondas electromagnéticas, en lugar de cable de par trenzado, coaxial o fibra óptica utilizado en las LAN convencionales y que proporciona conectividad inalámbrica punto a punto, dentro de un edificio, de una pequeña área residencial/urbana o de un campus universitario.

La WLAN ofrece las ventajas de conectividad de red sin las limitaciones que supone estar ligado a una ubicación estática o por cables. Se incluyen dentro de los estándares desarrollados por el IEEE (Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos) para WLAN y se encuentra presente en la capa física y de enlace del modelo OSI.

5.2 Estándar

Las normas o estándares son documentos publicados que establecen especificaciones y procedimientos diseñados para maximizar la confiabilidad de los materiales, productos, métodos y/o servicios que las personas usan todos los días. Los estándares forman los bloques fundamentales para el desarrollo de productos estableciendo protocolos consistentes que pueden ser universalmente comprendidos y adoptados. Las normas también facilitan la comprensión y la comparación de productos competidores.

Entre los estándares más conocidos del IEEE se encuentran los de redes LAN/MAN IEEE 802 que incluye el de Ethernet (IEEE 802.3) y el de redes inalámbricas (IEEE 802.11).

Todos los servicios y protocolos especificados en IEEE 802 se relacionan con las dos capas más bajas del modelo OSI, la capa física y la capa de enlace. [1]

Para efectos de investigación del presente trabajo nos centraremos en el estándar IEEE 802.11 con su grupo de estándares (a, b, g, n) y en especial el estándar IEEE 802.11ac.

5.3 Estándar 802.11

El estándar original IEEE 802.11 lanzado en 1997 especifíca CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access/Collision Avoidance -Acceso Múltiple por Detección de Portadora/Limitación de Colisiones-) como método de acceso al medio, parecido al utilizado por Ethernet. Todas las enmiendas del IEEE 802.11 son basadas en el mismo método de acceso. Sin embargo, CSMA/CA es un método de acceso ineficiente debido a que menosprecia el ancho de banda para garantizar una transmisión confiable de datos. Esta limitación es característica a todas las tecnologías basadas en CSMA, incluyendo la CSMA/CD utilizada en Ethernet. [1]

El estándar original 802.11 se ha modificado para optimizar el ancho de banda (incluidos los estándares 802.11a, 802.11b, 802.11n, 802.11g y 802.11ac, denominados estándares físicos 802.11) o para especificar componentes de mejor manera con el fin de garantizar mayor seguridad o compatibilidad.

El estándar 802.11 está situado en capa física (PHY) y de control de acceso al medio (MAC) para la conectividad LAN inalámbrica (enlace de datos) del modelo de referencia OSI. Los protocolos de la variante 802.11 se dirigen a PHY o MAC, o ambos, mientras se asume que los protocolos de la capa superior funcionan correctamente. [2]

En 1997, el IEEE publicó el primer estándar WLAN, el IEEE 802.11, que fue revisado en 1999. El original 802.11 describe tres PHY, que incluye infrarrojos (IR) PHY, espectro ensanchado por salto de frecuencia (FHSS) PHY y espectro ensanchado de secuencia directa (DSSS) PHY, todos los cuales soportan velocidades de datos de 1 Mbps y 2 Mbps. Aunque tres capas de PHY se definen en el estándar, IR y FHSSS nunca obtuvieron amplia aceptación y DSSS se convirtió en el PHY dominante para WLAN en hogares, empresas y otros segmentos verticales. [2]

Los dispositivos 802.11 operan en el espectro de 2,4 GHz y dentro de las bandas Industrial, Científica y Médica (ISM). El espectro de 2,4 GHz se dividió en catorce canales de 22 MHz de ancho, con frecuencia por canal de 5 MHz. [3] La Tabla 1 muestra la asignación de frecuencias a canales.

CANAL	**Frecuencia Baja**	**Frecuencia Media**	**Frecuencia**
1	2.401	2.412	2.423
2	2.404	2.417	2.428
3	2.411	2.422	2.433
4	2.416	2.427	2.438
5	2.421	2.432	2.443
6	2.426	2.437	2.448
7	2.431	2.442	2.453
8	2.436	2.447	2.458
9	2.441	2.452	2.463
10	2.446	2.457	2.468
11	2.451	2.462	2.473
12	2.456	2.467	2.478
13	2.461	2.472	2.483
14	2.473	2.484	2.495

Tabla 1.- Tabla de frecuencias a 2.4 GHz y asignación de canales. [3]

Dependiendo del país o del dominio regulador en el que se encuentre, puede utilizar todo o un subconjunto de los 14 canales. Por ejemplo, en Japón, se permite que los 14 canales se utilicen en el espectro de 2,4 GHz, mientras que sólo 11 de los primeros 14

canales se pueden utilizar en los Estados Unidos. En algunas herramientas de monitoreo, se puede observar que los 14 canales están disponibles, pero el uso de los canales 12-14 debería estar en modo pasivo (escucha solamente) y ninguna transmisión activa debería ser permitida en los canales 12-14 en los Estados Unidos.

La Ilustración 1 muestra el mapeo de canal a frecuencia en el espectro de 2,4 GHz.

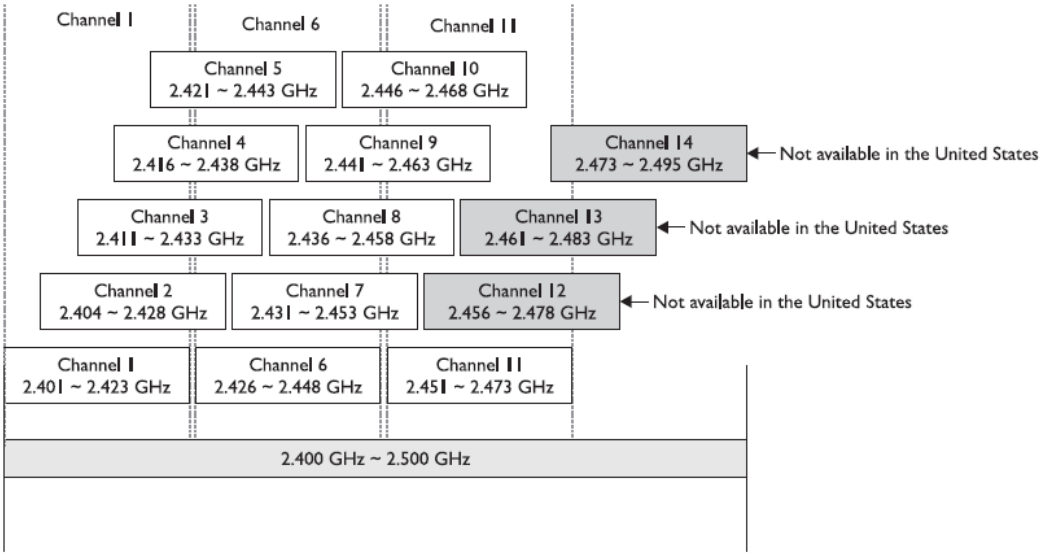


Ilustración 1.- Mapa de frecuencia de canal a 2,4 GHz. [3]

Debido a que los canales están estrechamente definidos en el espectro de 2,4 GHz con tan sólo 5 MHz de separación de un canal adyacente, las interferencias de un canal adyacente o canales adyacentes son muy probables a menos que haya suficiente espacio entre los canales utilizados en una WLAN.

En la especificación 802.11, IEEE indica:

En una topología de red de celdas múltiples, las celdas superpuestas y / o adyacentes que utilizan canales diferentes pueden funcionar simultáneamente sin interferencia si la distancia entre las frecuencias centrales es de al menos 25 MHz [3].

Por lo tanto, en el espectro de 2,4 GHz, hay al menos tres canales no superpuestos disponibles para usar con separación de 5 canales entre cada uno. Por ejemplo, los canales 1 y 6 se consideran no superpuestos porque las frecuencias centrales del canal 1 (2412 MHz) y del canal 6 (2437 MHz) son 25 MHz aparte. Puede utilizar cualquiera de los dos canales para evitar interferencias, siempre y cuando las frecuencias centrales estén separadas por cinco canales o 25 MHz; No obstante, con el fin de maximizar la capacidad de la WLAN, los canales 1, 6 y 11 se consideran ampliamente en la industria como "los canales no superpuestos" en la banda de frecuencia de 2,4 GHz [2].

Para ETSI o los dominios reguladores de Japón, aunque hay más canales disponibles para elegir, todavía hay sólo tres canales no superpuestos disponibles en el espectro de 2,4 GHz.

Como cualquier protocolo 802.x, el protocolo 802.11 cubre la MAC y la capa física, el estándar define actualmente una sola MAC que interactúa con tres PHYs (Capas físicas del modelo OSI), todas ellas funcionando a 1 y 2 Mbit /s [2]:

- FH.- Frecuencia que salta el espectro ensanchado en la venda 2.4 Ghz.
- DS.- Espectro de dispersión de secuencia directa en la banda de 2,4 GHz,
- IR.- Infrarrojo.

<table>
<tr><td colspan="3">802.2</td><td rowspan="2">Data Link Layer</td></tr>
<tr><td colspan="3">802.11 MAC</td></tr>
<tr><td>FH</td><td>DS</td><td>IR</td><td>PHY Layer</td></tr>
</table>

Ilustración 2.- Descripción de la capa físicas de la MAC 802.11 [2].

Más allá de la funcionalidad estándar habitualmente realizada por las capas MAC, la capa MAC 802.11 realiza otras funciones que están relacionadas típicamente con

protocolos de capa superior, tales como Fragmentación, Retransmisiones de Paquetes y Reconocimientos.

5.3.1 Tipos de Tramas

Hay tres tipos principales de tramas en 802.11:

- Tramas de datos: Que se utiliza para transmisión de datos.
- Control de Tramas: Se utiliza para control de acceso al medio ejem. (RTS, CTS, and ACK).
- Gestión de Tramas: Son tramas que se transmiten de la misma manera que las tramas de datos para intercambiar información de gestión, pero no se envían a capas superiores.

5.3.1.1 Formatos de Tramas

Todas las tramas de 802.11 están compuestas por los siguientes componentes:

Preamble	PLCP Header	MAC Data	CRC

Ilustración 3.- Trama de 802.11 [2]

5.3.1.2 Preamble

Depende de las capas físicas del modelo OSI e incluye:

Synch (sincronizar): Es una secuencia de 80 bits de ceros y unos alternados, que es usado por el circuito de PHY para seleccionar la antena apropiada (si se usa diversidad), y para alcanzar la corrección y sincronización de desplazamiento de frecuencia de estado estacionario con la sincronización de paquetes recibida.

SFD: Es un delimitador de trama de inicio que consiste en el patrón binario de 16 bits 0000 1100 1011 1101, que se utiliza para definir la temporización de trama [2].

5.3.1.3 Encabezado PLCP

El encabezado PLCP siempre se transmite a 1 Mbit/s y contiene información lógica que será utilizada por las PHY para decodificar la trama y consta de:

· PLCP_PDU Longitud de Palabra: representa el número de bytes contenidos en el paquete, esto es útil para que la PHY detecte correctamente el final del paquete,

· Campo de señalización PLCP: actualmente sólo contiene la información de velocidad, codificada en 0,5 MBps con incrementos de 1 Mbit/s a 4,5 Mbit/s.

· Header Error Check Field: es un campo de detección de errores CRC de 16 bits [2].

5.3.1.4 Datos MAC

La ilustración 3 muestra el formato de trama general de MAC, parte de los campos son sólo presentados en parte de las tramas.

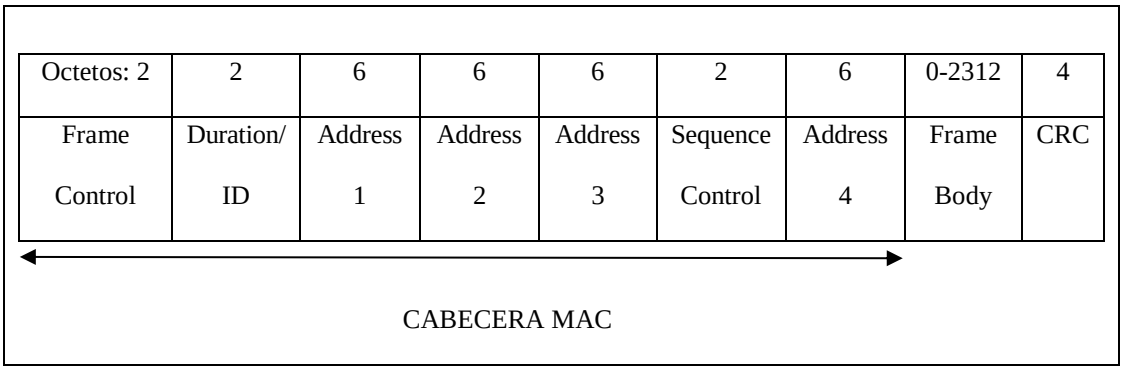


Ilustración 4.- Formato Trama General de 802.11 [2]

5.3.1.4.1 Campo Frame Control (control de trama)

El campo Control de trama contiene la siguiente información:

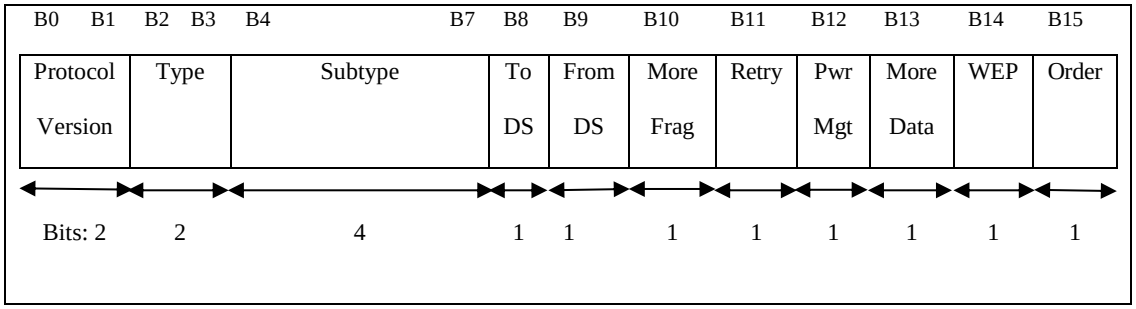


Ilustración 5.- Formato Trama General de 802.11 [2]

5.3.1.4.1.1 Protocol Version

Este campo consta de 2 bits que son invariantes en tamaño y colocación, a través de las siguientes versiones del estándar 802.11, y se utilizarán para reconocer posibles versiones futuras. En la versión actual de la norma el valor se fija como 0.

5.3.1.4.1.2 Type y Subtype

Estos 6 bits definen el Tipo y Subtipo de la trama como se indica en la tabla 2:

Valor de Tipo b3 b2	Descripción de Tipo	Valor Subtipo b7 b6 b5 b4	Descripción de Subtipo
00	Management	0000	Solicitud de Asociación
00	Management	0001	Solicitud de Re asociación
00	Management	0010	Respuesta de Re asociación
00	Management	0011	Solicitud de sonda
00	Management	0100	Respuesta de sonda
00	Management	0101	Reservado
00	Management	0110-0111	Guía
00	Management	1000	ATIM
00	Management	1001	Disociación
00	Management	1010	Autenticación
00	Management	1011	Desautenticación
00	Management	1100	Reservado
00	Management	1101-1111	Reservado
01	Control	0000-1001	PS-Poll
01	Control	1010	RTS
01	Control	1011	CTS
01	Control	1100	ACK
01	Control	1101	Final de los CF
01	Control	1110	FINAL CF + CF-ACK
01	Control	1111	Datos
10	Data	0000	Datos + CF-Ack

10	Data	0001	Datos + CF-Encuesta
10	Data	0010	Datos + CF-Ack + CF-Encuesta
10	Data	0011	Función nula (sin datos)
10	Data	0100	CF-Ack (sin datos)
10	Data	0101	CF-Poll (sin datos)
10	Data	0110	CF-Ack + CF-Poll (sin datos)
10	Data	0111	Reservado
10	Data	1000-1111	Reservado
11	Reserved	0000-1111	Solicitud de Re asociación

Tabla 2.- Tipo y Sub Tipo de Trama 802.11. [2]

5.3.1.4.1.3 ToDS

Este bit se establece en 1 cuando la trama está dirigida al AP para enviarlo al Sistema de Distribución (incluyendo el caso en el que la estación de destino está en el mismo BSS y el AP es para retransmitir el cuadro). El bit se establece en 0 en todas las demás tramas [2].

5.3.1.4.1.4 FromDS

Este bit se establece en 1 cuando la trama viene del Sistema de Distribución.

5.3.1.4.1.5 More Fragments

Este bit se establece en 1 cuando hay más fragmentos pertenecientes a la misma trama que sigue a este fragmento actual.

5.3.1.4.1.6 Retry

Este bit indica que este fragmento es una retransmisión de un fragmento transmitido previamente, esto será utilizado por la estación receptora para reconocer transmisiones duplicadas de tramas que pueden ocurrir cuando se pierde un paquete de acuse de recibo [2].

5.3.1.4.1.7 Power Management

Este bit indica el modo de administración de energía en el que la estación estará después de la transmisión de esta trama. Esto es usado por las estaciones que están cambiando el estado de ahorro de energía a activo o viceversa [2].

5.3.1.4.1.8 More Data

Este bit también se utiliza para la Administración de energía y es utilizado por el AP para indicar que hay más tramas almacenadas en esta estación. La estación puede decidir usar esta información para continuar la búsqueda o incluso cambiar el modo a Activo [2].

5.3.1.4.1.9 WEP

Este bit indica que el cuerpo del marco está cifrado de acuerdo con el algoritmo WEP.

5.3.1.4.1.10 Order

Este bit indica que la trama se está enviando utilizando la clase de servicio Strictly-Ordered1 [2].

5.3.1.4.2 Duration / ID

Este campo tiene dos significados dependiendo del tipo de trama:

- En los mensajes de elección de ahorro de energía, esta es la ID de la estación.
- En todas las demás tramas, es el valor de duración utilizado para el cálculo del NAV (Network Allocation Vector "Vector de asignación de red") [2].

[1] La clase Strictly-Ordered Service se define para los usuarios que no pueden aceptar cambios de orden entre tramas unicast y tramas Multicast (el orden de tramas unicast a una dirección específica siempre se mantiene). El único protocolo conocido que necesitaría esta clase de servicio es DECs LAT. [2].

5.3.1.4.3 Campos de dirección

Una trama puede estar compuesta por un máximo de 4 direcciones dependiendo de los bits ToDS y FromDS definidos en el campo de control, de la siguiente manera: **Address-1** es siempre la dirección del destinatario (es decir, la estación en el BSS que es el destinatario inmediato del paquete), si se establece ToDS, ésta es la dirección del AP, si no se ha establecido el ToDS, ésta es la dirección del final-estación [2]. **Address-2** es siempre la Dirección del Transmisor (es decir, la estación que está transmitiendo físicamente el paquete), si se establece FromDS esta es la dirección del AP, si no está configurada entonces es la dirección de la estación [2]. **Address-3** es en la mayoría de los casos el resto de la dirección que falta, en una trama con FromDS establecido en 1, entonces la dirección-3 es la dirección original de origen, si la trama tiene el conjunto de ToDS entonces dirección 3 es la dirección de destino [2].

Address-4 se utiliza en el caso especial donde se emplea un sistema de distribución inalámbrico y la trama se está transmitiendo desde un punto de acceso a otro, en este caso se establecen los bits ToDS y FromDS, de modo que tanto la dirección de destino y origen inicial se perdieron [2].

La tabla No. 3 resume el uso de las diferentes direcciones de acuerdo con el ajuste de bits ToDS y FromDS:

To DS	From DS	Address 1	Address 2	Address 3	Address 4
0	0	DA	SA	BSSID	N/A
0	1	DA	BSSID	SA	N/A
1	0	BSSID	SA	DA	N/A
1	1	RA	TA	DA	SA

Tabla 3.-Direcciones con ajuste de bits ToDS y FromDS [2].

5.3.1.4.4 Sequence Control

El campo de Control de Secuencia se utiliza para representar el orden de cada uno de los fragmentos pertenecientes a la misma trama, y para reconocer las duplicaciones de paquetes, consiste en dos subcampos Fragmento Número y Número de Secuencia, que definen la trama y el número del fragmento en la trama. [2]

5.3.1.4.5 CRC

El CRC es un campo de 32 bits que contiene un control de redundancia cíclica de 32 bits (CRC).

5.3.2 Formatos de tramas más comunes

5.3.2.1 Formato de trama RTS

El formato de la trama RTS se muestra en la ilustración 6.

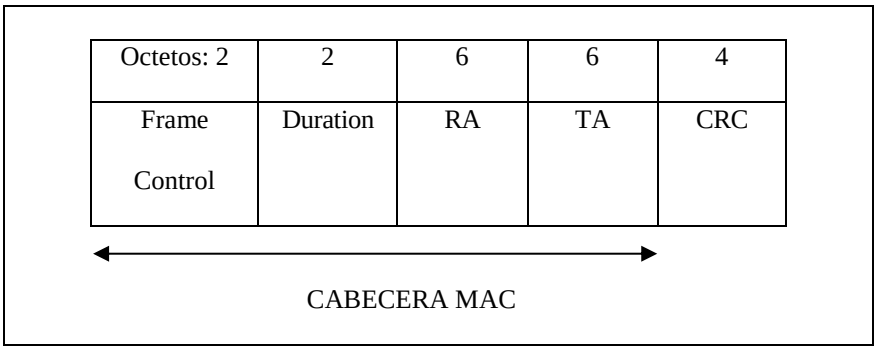


Ilustración 6.-Formato Trama RTS [2].

El RA de la trama RTS es la dirección de la estación, en el medio inalámbrico, que es el destinatario inmediato previsto del siguiente cuadro de datos o de gestión. La TA será la dirección de la estación (cliente) que transmite la trama RTS. El valor Duration es el tiempo, en microsegundos, necesario para transmitir el siguiente dato o gestión de trama, más una trama CTS, más una trama ACK, más tres intervalos SIFS. [2]

5.3.2.2 Formato de trama CTS

La trama CTS tiene el formato que se muestra en la ilustración 6.

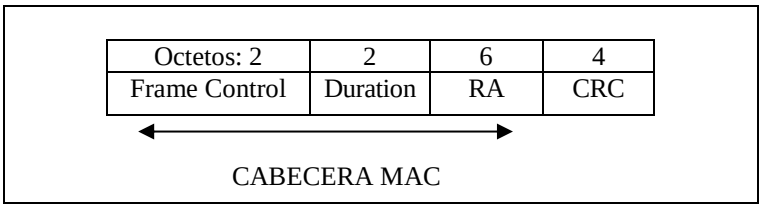


Ilustración 7.-Formato Trama RTS. [2]

La dirección del receptor (RA) de la trama CTS se copia desde el campo de dirección del transmisor (TA) de la trama RTS inmediatamente anterior a la que el CTS es respondido.

El valor Duration es el obtenido del campo Duración de la trama RTS inmediatamente anterior, menos el tiempo, en microsegundos, requerido para transmitir la trama CTS y su intervalo SIFS.

5.3.2.3 Formato de trama ACK

La trama ACK tiene el formato que se muestra en la ilustración 7.

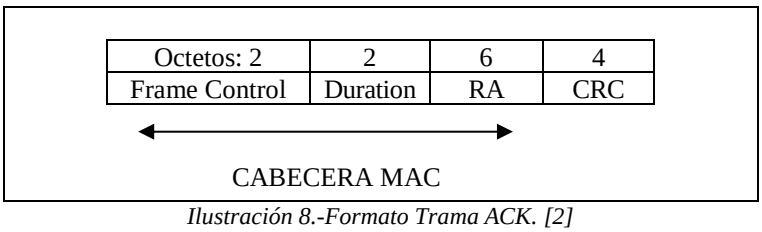


Ilustración 8.-Formato Trama ACK. [2]

La dirección del receptor de la trama ACK se copia desde el campo dirección 2 de la trama anterior. Si el bit más fragmentado se estableció en 0 en el campo Frame Control de la trama anterior, el valor duration se establece en 0, de lo contrario el valor se obtiene del campo duration del fotograma anterior, menos el tiempo, en microsegundos, necesario para transmitir la trama ACK y su intervalo SIFS [2].

5.3.2.4 Función de Coordinación de Punto (PCF).

Puede ser usada para implementar servicios de tiempo limitado, como transmisión de voz o video. Esta función hace uso de la prioridad más alta que el punto de acceso puede ganar mediante el uso de un espacio de trama más pequeño (PIFS) [2].

Al utilizar este acceso de mayor prioridad, el punto de acceso emite las peticiones de sondeo a las estaciones para la transmisión de datos, controlando así el acceso al medio. Con el fin de permitir a las estaciones regulares la capacidad de acceder al medio, existe una disposición de que el punto de acceso debe dejar suficiente tiempo para el acceso distribuido entre los PCF [2].

5.3.2.5 Ad-hoc Networks

En determinadas circunstancias, los usuarios desean construir redes LAN inalámbricas sin una infraestructura (más específicamente sin un punto de acceso), esto puede incluir la transferencia de archivos entre dos usuarios de portátiles, una reunión de compañeros de trabajo fuera de la oficina, etc.

El estándar 802.11 responde a esta necesidad mediante la definición de un modo de operación "ad-hoc", en este caso no hay punto de acceso y parte de su funcionalidad es realizada por las estaciones de usuario final, además que otras funciones no son compatibles (como frame-relaying entre dos estaciones que no están en el rango, o ahorro de energía).

5.4 Estándar 802.11 a

El estándar 802.11a fue ratificado en la misma época que el 802.11b en 1999 y opera en el espectro de 5 GHz, lo que lo hace inoperable con 802.11 o cualquier radio que funcione en el espectro de 2,4 GHz. Una diferencia importante con respecto al espectro

de 2,4 GHz es que el espectro de 5 GHz se divide en cuatro segmentos de banda diferentes, que se denominan bandas de Infraestructura de Información Nacional sin licencia (U-NII). El primer segmento oscila entre 5,15 GHz y 5,25 GHz, el segmento medio oscila entre 5,25 GHz y 5,35 GHz y el segmento superior oscila entre 5,725 GHz y 5,825 GHz. En 2003, la FCC propuso un espectro adicional de 255 MHz, que oscilaba entre 5.470 GHz y 5.725 GHz, para ser utilizado entre los segmentos superior e intermedio, con 23 canales disponibles en un total de 555 MHz de radiofrecuencias. A pesar de que el ancho de banda y el número de canales han aumentado significativamente en comparación con el espectro de 2,4 GHz, la potencia de transmisión máxima permitida para cada banda U-NII es diferente, y va desde 50mW a 1W. [3] La Tabla 2-2 muestra el rango de potencia de transmisión en la banda de frecuencia de los Estados Unidos (GHz).

	Máxima potencia de transmisión	**Máximo EIRP**	**Uso**
U-NII 1 5.125–5.250	50mW	200mW	Sólo en interiores
U-NII 2 5.250–5.350	250mW	1W (+30 dBm)	Interior y exterior
U-NII 2E 5.470–5.725	250mW	1W (+30 dBm)	Interior y exterior
U-NII 3 5.725–5.850	1W	200W (+53 dBm)	Interior y exterior

Tabla 4.Potencia de transmisión en el espectro de 5 GHz en los Estados Unidos. [3]

Se debe indicar que 802.11a utiliza OFDM como modulación por defecto y admite diferentes velocidades de datos desde 802.11. El estándar 802.11a admite velocidades de datos de entre 6, 9, 12, 18, 24, 36, 48 y 54 Mbps; pero 6, 12, 24 Mbps son las velocidades de transferencia obligatorias. Las regulaciones FCC iniciales requerían el uso de antenas "integrales" (permanentemente conectadas) para la banda U-NII1. En 2004, la FCC actualizó la normativa y ahora permite el uso de antenas externas en la banda U-NII1. [3]

Banda de Frecuencias (GHz)	Límite medio de EIRP
5.150–5.250	200mW
5.250–5.350	200mW
5.470–5.725	1W

Tabla 5.-Máxima potencia de transmisión en 5 GHz bajo las reglas del ETSI. [3]

En el estándar 802.11a, se envía una secuencia pseudo binaria a través de los subcanales piloto para evitar la generación de líneas espectrales. En el 802.11a, las 48 subportadoras restantes proporcionan vías inalámbricas separadas para enviar la información de una manera paralela. La distancia de frecuencia de subportadora resultante en el estándar IEEE 802.11a es de 0,3125 MHz (para 20 MHz con 64 ranuras de frecuencia de subportadora posibles) [3].

El propósito primario de la capa física de OFDM es transmitir unidades de datos de protocolo de control de acceso de medios (MAC) (MPDU) según lo indicado por la capa 802.11 MAC. El PHY OFDM del estándar 802.11a se divide en dos elementos: Protocolo de Convergencia de Capa Física (PLCP) y el de Subcapas de Medio Físico Dependiente (PMD) [3].

La capa MAC del estándar 802.11a se comunica con el PLCP a través de sentencias específicas a través de un punto de acceso de servicio PHY. Cuando la capa MAC instruye, el PLCP prepara MPDUs para la transmisión. El PLCP también suministra tramas entrantes desde el medio inalámbrico a la capa MAC. La subcapa PLCP minimiza la dependencia de la capa MAC en la subcapa PMD mapeando MPDU en un formato de trama adecuado para la transmisión por el PMD [3].

Bajo la dirección del PLCP, el PMD proporciona la transmisión y recepción reales de entidades PHY entre dos estaciones a través del medio inalámbrico. Para proporcionar

este servicio, el PMD se interconecta directamente con el medio aéreo y proporciona modulación y demodulación de las transmisiones de trama. El PLCP y PMD se comunican utilizando primitivas de servicio para gobernar las funciones de transmisión y recepción [3].

Con la modulación OFDM 802.11a, la señal serial binaria se divide en grupos (símbolos) de uno, dos, cuatro o seis bits, dependiendo de la velocidad de datos elegida, y se convierte en números complejos que representan puntos de constelación aplicables. Si se elige una velocidad de datos de 24 Mbps, por ejemplo, entonces el PLCP mapea los bits de datos a una constelación 16QAM [3].

Después de la asignación, el PLCP normaliza los números complejos en el estándar 802.11a para lograr la misma potencia media para todas las asignaciones. El PLCP asigna cada símbolo, con una duración de 4 microsegundos, a una subportadora particular. Una transformada de Fourier inversa (IFFT) combina las subportadoras antes de la transmisión [3].

Al igual que con otras PHYs basadas en 802.11, en el 802.11a el PLCP implementa un protocolo de evaluación de canal limpio reportando un medio ocupado o limpio a la capa MAC a través de una sentencia a través del punto de acceso de servicio. La capa MAC utiliza esta información para determinar si se deben emitir instrucciones para transmitir realmente una MPDU [3].

El estándar 802.11a requiere que los receptores tengan una sensibilidad mínima de -82 a -65 dBm, dependiendo de la velocidad de datos elegida.

5.4.1 Subcapa OFDM PLCP de 802.11 a.

Las Unidades de Datos de Servicio de la subcapa PHY (PSDU) del estándar 802.11a se convierten en una Unidad de Datos de Protocolo PLCP (PPDU). La PSDU de 802.11a está provista de un preámbulo y cabecera de PLCP para crear la PPDU. En el receptor de 802.11a, el preámbulo de PLCP y la cabecera se procesan para ayudar en la demodulación y entrega de la PSDU. [4]

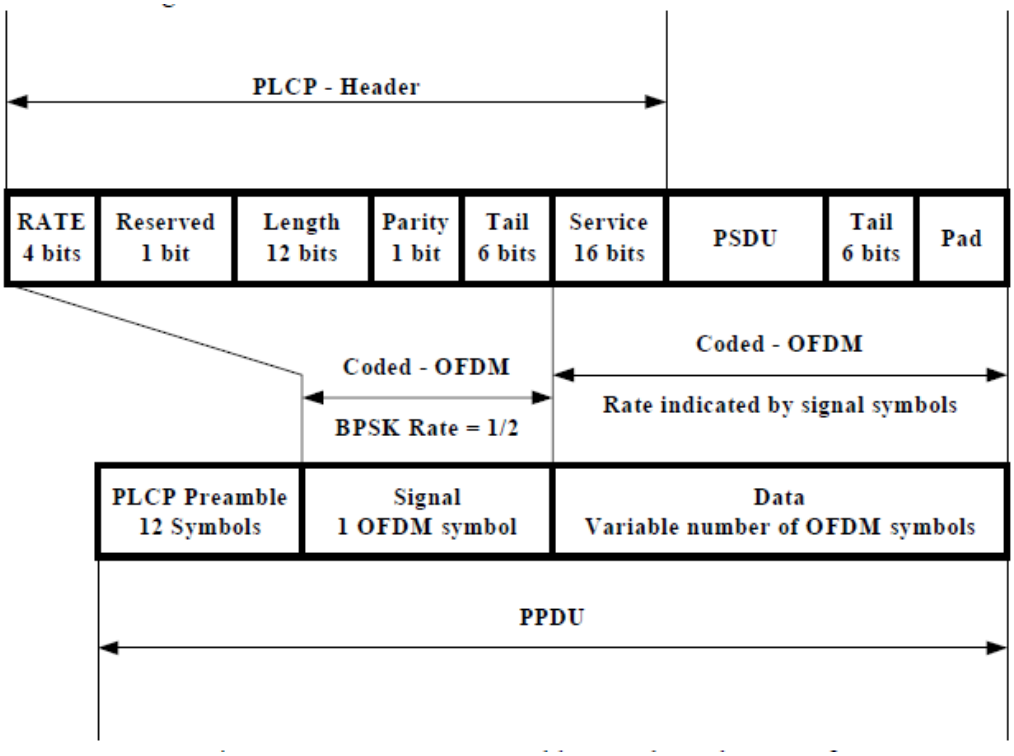


Ilustración 9.- Preámbulo, encabezado y PSDD de OFDM PLCP de 802.11a [4].

La PPDU es única para la PHY OFDM. El formato PPDU del estándar 802.11a se muestra en la Ilustración 9 e incluye:

Preámbulo de PLCP Este campo se utiliza para obtener la señal OFDM entrante y Sincronizar el demodulador. El preámbulo de PLCP consta de 12 símbolos, 10 de los cuales son símbolos cortos y 2 símbolos largos. Los símbolos cortos se utilizan para

entrenar el AGC del receptor y para tener una estimación aproximada de la frecuencia portadora y del canal. Los símbolos largos se usan para afinar la frecuencia y las estimaciones del canal. Doce subportadoras se utilizan para los símbolos de clasificación y 53 para el largo. La preparación de un OFDM se realiza en 16 μs. El preámbulo PLCP es BPSK-OFDM modulado a 6 Mbps usando la velocidad de codificación convolucional R = 1/2 [4].

SIGNAL: Este es un campo de 24 bits que contiene información sobre la velocidad y longitud de la PSDU. El preámbulo PLCP es BPSK-OFDM modulado a 6 Mbps usando la velocidad de codificación convolucional R = 1/2. Los primeros 4 bits (R1 - R4) se utilizan para codificar la tasa. El siguiente es un bit reservado. A continuación, se dispone de 12 bits utilizados para la longitud, que indica el número de octetos en la PSDU. A continuación, un bit de paridad y 6 bits de cola [4].

DATOS: Contiene 16 bits para el campo de servicio, el PSDU, los bits de cola y los bits de pad. Un total de 6 bits de cola que contienen 0s se anexan a la PPDU para asegurar que el codificador convolucional se vuelve a estado cero. La porción de datos del paquete se transmite a la velocidad de datos indicada en el campo de señal [4].

El encabezado PLCP de 802.11a contiene:

- 4 bits para velocidad de datos
- 1 bit reservado
- 12 bits para longitud
- 1 bit para la paridad
- 6 bits para la cola
- 16 bits para el servicio

Los bits de velocidad de datos (RATE) R1-R4 se establecen, dependiendo de RATE, según los valores de la Tabla 3.

Velocidad (Mbps)	R1–R4
6	1101
9	1111
12	0101
18	0111
24	1001
36	1011
48	0001
54	0011

Tabla 6.- Contenido del campo SIGNAL de 802.11a [4]

El estándar 802.11a no es compatible con 802.11 y 802.11b y no soporta cualquier velocidad de datos que sean compatibles en 802.11 y 802.11b. Además, al operar en 5 GHz, 802.11a no interfiere con 802.11 y radios 802.11b/g.

En la ilustración 10 se muestra el mapa de canal de frecuencia de 5 GHz para 802.11a.

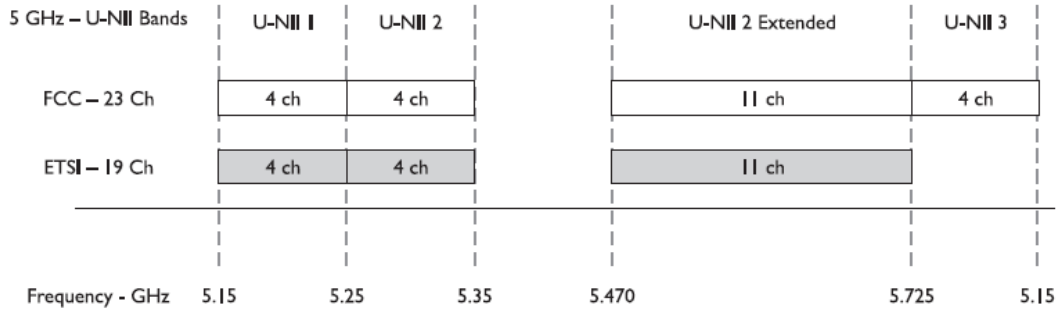


Ilustración 10.-Mapa de canal a frecuencia de 5 GHz. [3]

5.5 Estándar 802.11 b

El estándar 802.11b utiliza espectro ampliado de secuencia directa para recibir y transmitir datos teóricamente a una velocidad de 11 Mbps. Esta velocidad implica que no toma en cuenta la saturación de red para inicio y fin, sincronización de paquetes, etc.; por este motivo se considera que la tasa real de transferencia de datos es aproximadamente a 7Mbps que está cerca a la de Ethernet 10Base-T de 10 Mbps

nominal, pero que por limitaciones de hardware, interferencia y saturación son entregadas al cliente final transferencias de entre 4 a 5 Mbps [5].

El estándar 802.11 b tiene un alcance de 100 metros (nominal), que al igual que Bluetooth y Home RF, también emplea la banda de ISM de 2.4 GHz, pero en lugar de una simple modulación de radio digital y salto de frecuencia (Frequency Hopping), utiliza la modulación lineal compleja DSSS. Permite mayor velocidad, pero presenta una menor seguridad, y el alcance puede llegar a los 100 metros, suficientes para un entorno de oficina o residencial [5].

El estándar IEEE 802.11b es un sistema DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum) muy similar al concepto CDMA Wireless, que utiliza una secuencia de chips de espectro ensanchado [5].

Para proporcionar altas velocidades de transmisión, son utilizados 8 chips para codificación de código complementario de chip (CCK) y es empleado como esquema de modulación. La CCK utiliza 6 bits para codificar el código enviado, lo que aumenta la velocidad del estándar 802.11 por 6. La velocidad de corte es 11 MHz, que es el mismo que el sistema DSSS descrito en 802.11, proporcionando así el mismo ancho de banda de canal ocupado [5].

El estándar IEEE 802.11b describe un modo opcional que sustituye a la modulación CCK por la codificación convolucional binaria de paquetes (HR / DSSS / PBCC).

Otro modo opcional de 802.11b permite que el rendimiento de datos a velocidades más altas (2, 5.5 y 11 Mbps) se incremente significativamente usando un preámbulo de PLCP más corto. Este modo se denomina HR / DSSS / short. Este modo de Preámbulo

Corto puede coexistir con DSSS, HR / DSSS en circunstancias limitadas, como en canales diferentes o con mecanismos CCA apropiados [5].

La PHY de alta velocidad contiene tres entidades funcionales: la función PMD, la función de convergencia de capa física y la función de gestión de capas. Para los propósitos de MAC y administración MAC, cuando la agilidad del canal está presente y habilitada, el PHY de alta velocidad se interpretará como una capa física de alta velocidad y una de salto de frecuencia. El servicio PHY de alta velocidad se proporcionará al MAC a través de las primitivas de servicio PHY [5].

Para permitir que el MAC funcione con la mínima dependencia de la subcapa PMD, se define una subcapa de procedimiento de convergencia de capas físicas (PLCP). Esta función simplifica la interfaz de servicio PHY a los servicios MAC [5].

La subcapa PMD proporciona un medio y un método para transmitir y recibir datos a través de un medio inalámbrico (WM) entre dos o más STAs cada uno usando el sistema de alta velocidad [5].

El PLME realiza la gestión de las funciones PHY locales en conjunto con la entidad de gestión MAC.

5.6 PLCP EN ESTÁNDAR 802.11 b

PSDU se convierten a y de PPDU. Durante la transmisión, la PSDU se añadirá a un preámbulo y cabecera de PLCP para crear la PPDU. Se definen dos preámbulos y cabeceras diferentes: preámbulo y cabecera largos, que Inter operan con la especificación DSSS actual de 1 y 2 Mbps, y un preámbulo y cabecera cortos. En el receptor, el preámbulo de PLCP y la cabecera se procesan para ayudar en la demodulación y entrega de la PSDU. El preámbulo y el encabezado cortos están

destinados a aplicaciones en las que se desea un rendimiento máximo y no es posible la interoperabilidad con equipos compatibles con preámbulos anteriores y no cortos, es decir, pueden utilizarse en redes de equipos similares que puedan manejar este modo de funcionamiento [5].

La ilustración 11 muestra el formato para la PPDU interoperable (larga) que incluye el preámbulo de PLCP de alta velocidad, la cabecera de PLCP de alta velocidad y la PSDU. El Preámbulo de PLCP contiene los siguientes campos: Sincronización (Sincronización) y Delimitador de inicio de marco (SFD). El encabezado PLCP contiene los siguientes campos: Señalización (SEÑAL), Servicio (SERVICIO), Longitud (LONGITUD) y Campo CCITT CRC-16. El formato para la PPDU incluyendo el preámbulo de PLCP de alta velocidad, el encabezado de PLCP de alta velocidad y el PSDU no difieren del 802.11-1999 para 1 y 2 Mbps. Las únicas excepciones son la codificación de la velocidad en el campo SIGNAL y el uso de bits en el campo SERVICE para resolver una ambigüedad en la longitud de PSDU en octetos cuando la longitud se expresa en microsegundos completos e indicar si se está utilizando el modo PBCC [5].

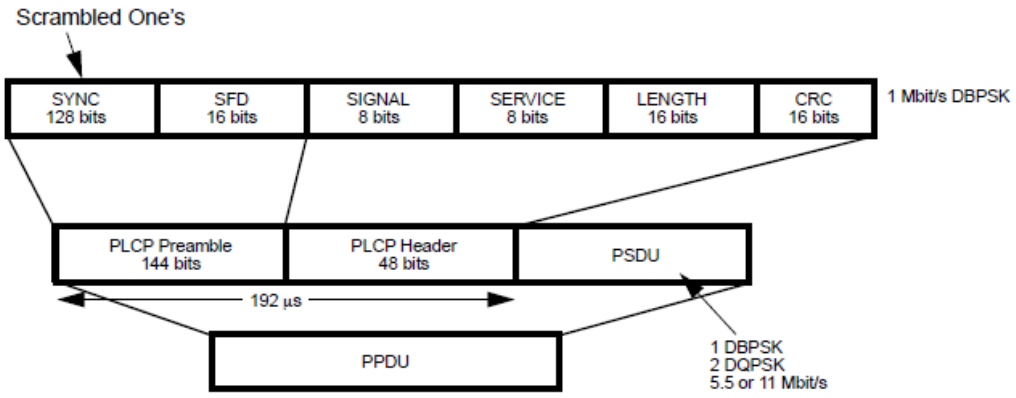


Ilustración 11.- Formato PPDU de PLCP largo [5]

El preámbulo corto de PLCP y el encabezado (HR / DSSS / short) pueden usarse para minimizar la sobrecarga y así maximizar el rendimiento de datos de la red. El formato de la PPDU con HR / DSSS / short se muestra en la Ilustración 12.

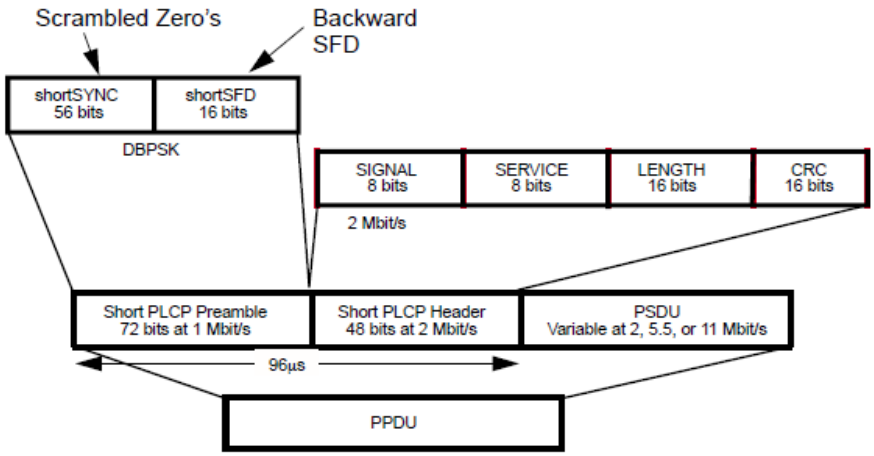


Ilustración 12.- Formato corto de PLCP PPDU [5]

5.7 Estándar 802.11 g

El estándar IEEE 802.11g fue aprobado en el año 2003, es compatible con el estándar 802.11b, y es capaz de alcanzar del doble de su velocidad, es decir puede llegar hasta 22 Mbit/s e incluso puede llegar hasta 54 Mbit/s, este puede coexistir en el mismo entorno debido a que las bandas de frecuencias que emplean son distintas [6].

5.7.1 Capa física del estándar 802.11 g

La presencia de un participante 802.11b en una red reduce significativamente la velocidad de una red. De hecho, fueron los problemas de compatibilidad los que ocuparon gran parte del tiempo de trabajo del comité IEEE 802.11g. [6]

El principal método de modulación elegido para 802.11g fue el de OFDM (ortogonal frecuencia división multiplex), aunque otros esquemas se utilizan para mantener la

compatibilidad, etc. Además del uso de OFDM, se utiliza también el espectro ensanchado de secuencia directa DSSS. [6]

Para proporcionar la capacidad máxima mientras se mantiene la compatibilidad con versiones anteriores, se utilizan cuatro capas físicas diferentes, tres de las cuales se definen como, ERP (Extended Rate Physicals) o velocidad física extendida. Estas coexisten durante el intercambio de tramas para que el remitente pueda usar cualquiera de las cuatro, siempre y cuando sean soportadas en cada extremo del enlace. [6]

Las cuatro opciones de capa física finidas en el estándar 802.11g son:

ERP-DSSS-CCK: Esta capa es la que se utiliza con el estándar 802.11b, en donde el espectro de dispersión de secuencia directa se utiliza junto con la codificación de código complementario de **CCK**. El rendimiento es el de los sistemas heredados 802.11b. [6]

ERP-OFDM: Esta capa física es una nueva introducida para 802.11g donde OFDM se utiliza para permitir la provisión de las velocidades de datos a 2,4 GHz que se lograron en el estándar 802.11a a 5,8 GHz [6].

ERP-DSSS / PBCC: Esta capa física fue introducida para su uso con 802.11b e inicialmente proporcionó las mismas velocidades de datos que la capa DSS / CCK, pero con 802.11g, las velocidades de datos se han extendido para proporcionar 22 y 33 Mbps. Utiliza la tecnología DSSS para la modulación combinada con la codificación PBCC para los datos. [6]

DSSS-OFDM: Esta capa utiliza una combinación de DSSS y OFDM - la cabecera de paquete se transmite usando DSSS mientras la carga útil se transmite usando OFDM.

El estándar 802.11g ocupa un ancho de banda de canal nominal de 22 MHz, lo que permite acomodar hasta tres señales que no se superponen dentro de la banda de 2,4 GHz. A pesar de esto, la separación entre diferentes puntos de acceso, significa que la interferencia no suele ser un problema. [4]

Compendio de capa física IEEE 802.11g		
Capa física	**Uso**	**Tasa de transferencia de datos (Mbps)**
ERP-DSSS	Mandatorio	1, 2, 5.5, 11
ERP-OFDM	Mandatorio	6, 9, 12, 18, 24, 36, 48, 54
ERP-PBCC	Opcional	1, 2, 5.5, 11, 22, 33
DSSS-OFDM	Opcional	6, 9, 12, 18, 24, 36, 48, 54

Tabla 7.-Tabla resumen de tasas de transferencia de las capas físicas de 802.11g. [4]

5.7.2 Estructura de paquetes del estándar 802.11 g

Es habitual que los paquetes de datos se dividan en diferentes elementos. Para los sistemas Wi-Fi, los paquetes de datos enviados a través de la interfaz de radio se pueden considerar en dos partes principales:

Preámbulo / encabezado: Como con cualquier otro, sirve para alertar a receptores, en este caso radios, de que se inicia una transmisión, y luego les permite sincronizar. El preámbulo consiste en una serie conocida de '1' y '0' que permiten a los receptores sincronizar con la transmisión entrante. El elemento Header sigue inmediatamente a pre-amble y contiene información sobre los datos a seguir incluyendo la longitud de la carga útil [6].

Payload (Carga útil): se trata de los datos reales que se envían a través de la red de radio y pueden variar de 64 bytes hasta 1500 bytes. En la mayoría de los casos, el preámbulo / cabecera se envían utilizando el mismo formato de modulación que la

carga útil, pero no siempre es así. Cuando se utiliza el formato DSSS-OFDM, el encabezado se envía utilizando DSSS, mientras que la carga útil utiliza OFDM.

El estándar inicial 802.11 definió un conjunto de tramas PLCP de preámbulo largo. En el estándar 802.11b posterior, se definió un preámbulo corto opcional. Entonces para 802.11g el preámbulo corto PPDU se definió como obligatorio [6].

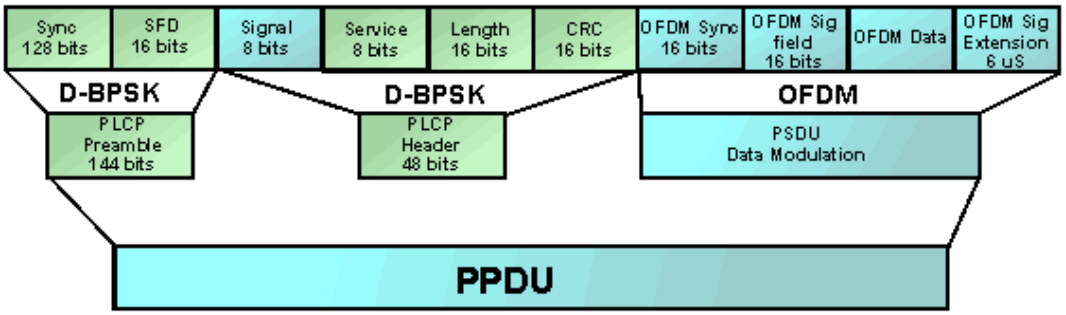


Ilustración 13.- Trama 802.11g ERP-DSSS/CCK PPDU [6].

De acuerdo a lo descrito se dispone de varias abreviaturas de entre las más importantes se tiene:

PPDU: Este es el formato en el que los datos son convertidos por el PLCP para su transmisión.

PLCP: Este es el procedimiento de convergencia de capa PHY y transforma cada trama 802.11 que una estación desea enviar a una unidad de datos de protocolo PLCP, PPDU.

PDSU: Esta es la Unidad de Datos de Servicio de Capa Física, que representa el contenido de la PPDU, es decir, los datos reales que se enviarán.

Service (Servicio): Este campo siempre se establece en 00000000. El estándar 802.11 reserva sus datos y su formato para uso futuro.

Para la opción PHY ERP-OFDM, un paquete ERP debe ir seguido de un periodo de 6μs sin transmisión llamado período de extensión de señal. La razón de esto es que para un período de 16 μs fue permitido en 802.11a el proceso de decodificación convolucional para terminar antes de que llegue el siguiente paquete.

Dentro de 802.11g, el esquema de modulación ERP-OFDM todavía requiere 16 μs para asegurar que el proceso de decodificación convolucional pueda completarse dentro de la temporización general del proceso. Para que esto ocurra, se incluye una extensión de señal de 6 μs. Esto permite a la estación transmisora calcular el campo Duración en el encabezado MAC. A su vez, esto asegura que el valor de NAV de las estaciones 802.11b están configuradas correctamente y se mantiene la compatibilidad [6].

5.8 Estándar 802.11 n

El estándar 802.11n difiere de sus predecesores en que proporciona una variedad de modos opcionales y configuraciones que dictan diferentes velocidades puras máximas de datos. Esto permite que la norma proporcione parámetros de rendimiento de línea de base para todos los dispositivos 802.11n, al tiempo que permite a los fabricantes mejorar o ajustar las capacidades para acomodar diferentes aplicaciones y puntos de valor. Con cada opción posible habilitada, 802.11n podría ofrecer velocidades de datos sin procesar hasta 600 Mbps. Pero el hardware WLAN no necesita soportar todas las opciones para cumplir con el estándar. En 2006, por ejemplo, la mayoría del hardware WLAN preliminar disponible soporta velocidades de datos puras de hasta 300 Mbps. En comparación, todos los productos compatibles con 802.11b deben admitir

velocidades de datos de hasta 11 Mbps, y todos los equipos 802.11a y 802.11g deben soportar velocidades de datos de hasta 54 Mbps [7].

En el estándar 802.11n, el primer requisito es apoyar una implementación OFDM que mejore con respecto a la empleada en los estándares 802.11a / g, utilizando una tasa de código máximo más alta y un ancho de banda ligeramente más amplio. Este cambio mejora la tasa de datos sin procesar más alta alcanzable a 65 Mbps de 54 Mbps en los estándares existentes [7].

Hasta el 2004, las interfaces 802.11 tenían una sola antena. Algunas interfaces tenían dos antenas en una configuración diferente, pero el concepto básico de es que se selecciona la "mejor" antena. En varias configuraciones, sólo se utiliza una sola antena en cualquier punto. Aunque puede haber dos o más antenas, sólo hay un conjunto de componentes para procesar la señal, o cadena de RF. El receptor tiene una única cadena de entrada, y el transmisor tiene una sola cadena de salida [7].

El siguiente paso más allá de la diversidad es conectar una cadena de RF a cada antena del sistema. Esta es la base de la operación MIMO (Multiple-Input / Multiple-Output). Cada cadena de RF es capaz de recibir o transmitir simultáneamente, lo que puede mejorar drásticamente el rendimiento. Además, el procesamiento simultáneo del receptor tiene ventajas en la resolución de la interferencia por trayectos múltiples y puede mejorar la calidad de la señal recibida mucho más allá de la simple diversidad. Cada cadena RF y su correspondiente antena son responsables de transmitir un flujo espacial. Una sola trama puede ser dividida y multiplexada a través de múltiples flujos espaciales, los cuales son re-ensamblados en el receptor [7].

5.9 Capa física de 802.11 n

En el sistema 802.11n, basado en el sistema OFDM WLAN, se definen dos nuevos formatos para el PLCP (Physical Layer Convergence Protocol): el modo mixto y el campo verde. Estos dos formatos se denominan formatos HT (High Throughput). Además de los formatos HT, existe un formato duplicado heredado que duplica el paquete heredado de 20 MHz en dos mitades de 20 MHz de un canal de 40 MHz. Por lo tanto, la capa física 802.11n opera en uno de los 3 modos en el dominio de tiempo: Legacy mode, Mixed Mode y Green Field Mode [7].

En el modo heredado y el modo HT, la transmisión se realiza a través de un canal de 20 MHz, y el canal se divide en 64 subportadoras. Cuatro señales piloto se insertan en las subportadoras -21, -7, 7 y 21. En el modo heredado, la señal se transmite en las subportadoras -26 a -1 y 1 a 26, siendo 0 el portador central (DC). En los modos HT, la señal se transmite en las subportadoras -28 a -1 y 1 a 28.

En la transmisión HT de 40 MHz, se utilizan dos canales adyacentes de 20 MHz. El canal se divide en 128 subportadoras. Se insertan 6 señales piloto en las subportadoras -53, -25, -11, 11, 25, 53. La señal se transmite en las subportadoras -58 a -2 y 2 a 58.

En el caso del modo duplicado heredado de más de 40 MHz, los mismos datos se transmiten a través de dos canales adyacentes de 20 MHz. En este caso, el canal de 40 MHz se divide en 128 subportadoras y los datos se transmiten sobre los portadores -58 a -6 y 6 a 58 [7].

Legacy Mode: En el modo heredado, las tramas se transmiten en el formato OFDM heredado 802.11a / g, tal como se muestra en la ilustración 14.

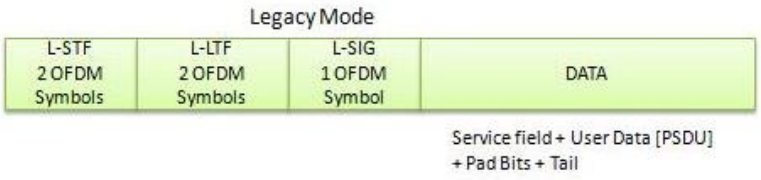


Ilustración 14.-Modo heredado capa física 802.11n [7].

Modo mixto: En el modo mixto, los paquetes se transmiten con un preámbulo compatible con el heredado 802.11a/g. La secuencia de entrenamiento corto heredado, la secuencia de entrenamiento largo heredado y la descripción de la señal heredada se transmiten para que puedan ser descodificadas por dispositivos heredados 802.11a/g. El resto del paquete tiene un nuevo formato de secuencia de entrenamiento MIMO. La ilustración 15 muestra el formato de modo mixto [7].



Ilustración 15.- Modo mixto capa física 802.11n [7].

Modo Campo Verde: En el modo Campo Verde, los paquetes de alto rendimiento se transmiten sin una parte compatible con lo heredado. La ilustración 16 muestra el formato del Campo Verde.



Ilustración 16.-Modo campo verde capa física 802.11n [7].

Campo de entrenamiento córto heredado (L-STF). El símbolo OFDM de entrenamiento corto heredado es idéntico al símbolo OFDM de entrenamiento corto 802.11a. El L-STF es BPSK modulado a 6 Mbps. No contiene ninguna codificación de canal, y no se codifica. El L-STF tiene un periodo de 0,8 μs. Todo el campo de entrenamiento corto incluye diez periodos de este tipo, con una duración total de 8 μs [7].

Campo de entrenamiento largo heredado (L-LTF). El símbolo OFDM de entrenamiento largo heredado es idéntico al símbolo OFDM de entrenamiento largo 802.11a. El L-LTF es BPSK modulado a 6 Mbps. No contiene ninguna codificación de canal, y no se codifica [7].

Campo de señal heredado (L-SIG). El campo de señal se utiliza para transferir información de velocidad y longitud. El L-SIG consiste en un símbolo OFDM asignado a las 52 subportadoras. Este símbolo es BPSK modulado a 6 Mbps y está codificado a una velocidad media. L-SIG está entrelazado y mapeado, y tiene pilotos insertados en subportadoras -21, -7, 7 y 21. El L-SIG no está codificado [7].

Campo de señal de alto rendimiento (HT-SIG). El campo de señal de alto rendimiento se utiliza para transportar la información necesaria para interpretar los formatos de paquetes HT. El HT-SIG se compone de dos partes HTSIG1 y HTSIG2, cada una con 24 bits. Todos los campos del HT-SIG se transmiten LSB primero [7].

Campo de entrenamiento corto de alto rendimiento (HT-STF). El propósito del campo de entrenamiento corto de alto rendimiento es mejorar la preparación, AGC (control automático de ganancia) en un sistema de multi-transmisión y multi-recepción. La duración del HT-STF es 4μsec [7].

Campo de entrenamiento largo de alto rendimiento (HT-LTF). El campo de entrenamiento largo de alto rendimiento proporciona medios para que el receptor estimule el canal entre cada entrada de mapeo espacial (o transmisor de flujo espacial si no se aplica STBC) y cadena de recepción; El número de símbolos de entrenamiento es igual o mayor que el número de flujos espacio-tiempo (con una excepción en el caso de 3 flujos espacio-tiempo) [7].

La porción HT-LTF tiene una o dos partes. La primera parte consiste de uno a cuatro campos de preparación HT (HT-LTF) que son necesarios para la demodulación de la porción de HT-Datos de la PPDU. Estos HT-LTF se denominan HT-LTFs de datos. La segunda parte opcional consta de cero a cuatro HT-LTF que pueden usarse para sondear dimensiones espaciales adicionales del canal MIMO que no son utilizadas por la porción HT-Data de la PPDU. Estos HT-LTF se denominan extensión HT-LTF. Si un receptor no ha anunciado su capacidad para recibir extensiones HT-LTF, puede descartar un marco que incluya extensiones HT-LTF como un tipo de trama desconocido [7].

Tanto las propuestas de WWiSE como TGnSync emplean tecnología MIMO para aumentar la velocidad de transmisión de datos, aunque sus aplicaciones difieren. Las configuraciones de antena MIMO se describen a menudo con la abreviatura "YxZ", donde Y y Z son números enteros, usados para referirse al número de antenas transmisor y el número de antenas receptoras. Por ejemplo, WWiSE y TGnSync requieren operaciones 2x2, que tiene dos cadenas de transmisión, dos cadenas de recepción y dos flujos espaciales multiplexados a través del enlace de radio. Ambas propuestas también tienen modos adicionales requeridos y opcionales. Se espera que

las configuraciones de hardware comunes tengan dos cadenas de RF en el lado del cliente para ahorrar costes y energía de la batería, mientras que al menos tres cadenas de RF se utilizarán en la mayoría de los puntos de acceso. Esta configuración utilizaría 2x3 MIMO para su enlace ascendente y 3x2 MIMO en el enlace descendente [7].

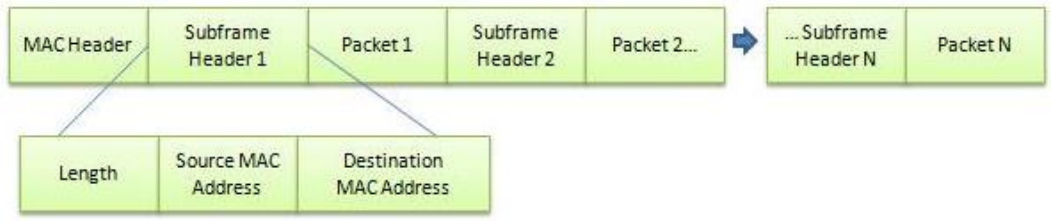


Ilustración 17.-Agregación en WWise [7].

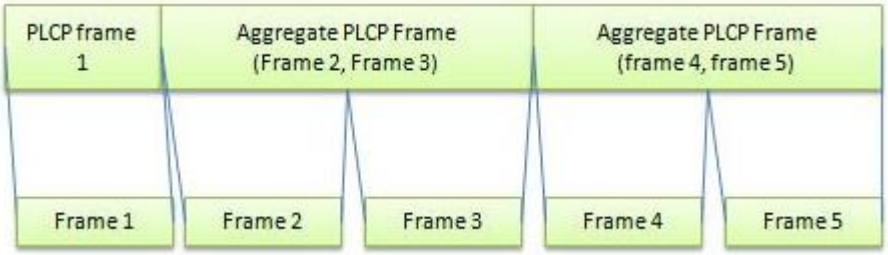


Ilustración 18.-Llenado en WWise [7].

5.10 Wwise plcp

El PLCP debe funcionar en dos modos. En modo Greenfield, funciona sin utilizar encabezados físicos compatibles con versiones anteriores. El acceso a Greenfield es más simple: puede funcionar sin compatibilidad con versiones anteriores. La ilustración 19 muestra la encapsulación PLCP [7].

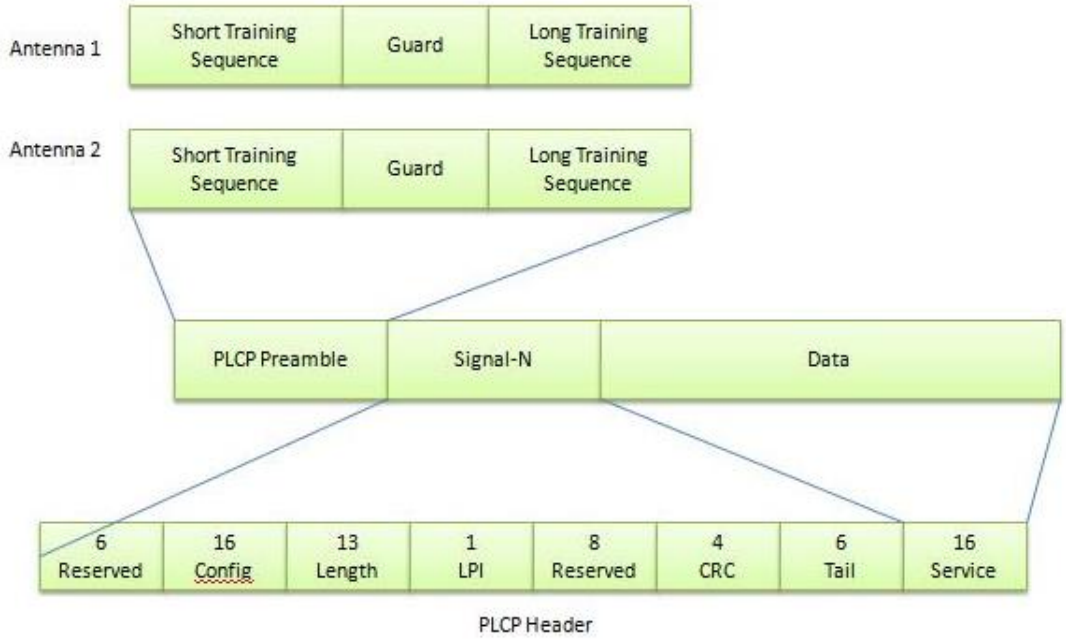


Ilustración 19.- Encapsulación WwiSE PLCP [7].

5.11 Campo SIGNAL-N

El campo SIGNAL-N se utiliza en todos los modos de transmisión. Tiene información para recuperar el flujo de bits de los símbolos de datos. El campo SIGNAL-N se muestra en la ilustración 20.

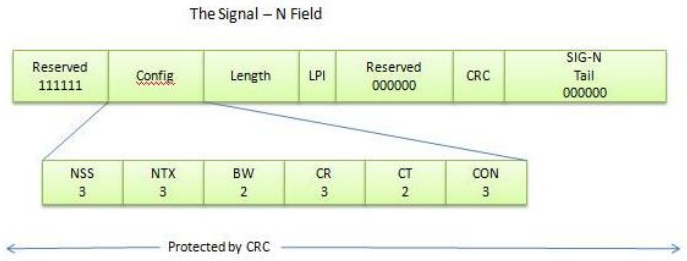


Ilustración 20.- Campo Signal-N [7].

La ilustración 20 muestra el formato básico de una única trama de capa física que contiene varios marcos de capa MAC.

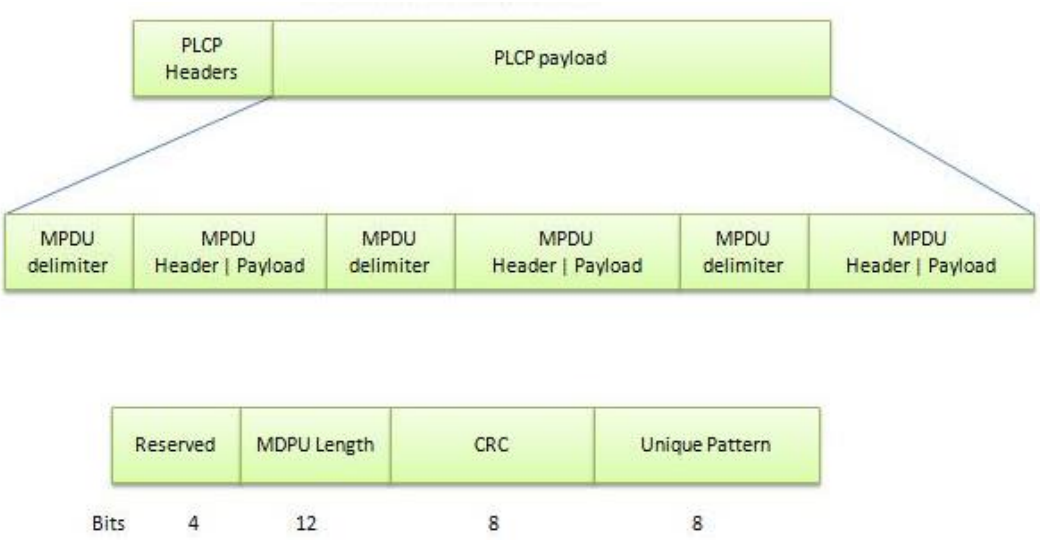


Ilustración 21.- Trama agregación TGnSync [7].

5.12 Estándar 802.11 ac

El estándar IEEE 802.11ac tiene por objeto proporcionar un rendimiento agregado de varias estaciones de al menos 1 gigabits por segundo en la banda de 5 GHz. Esta mejora del rendimiento, en comparación con IEEE 802.11n, se obtiene mediante la introducción de nuevas capas físicas (PHY) y medio de acceso a la capa de control (MAC) características, incluyendo más ancho de banda de canal, un mejor esquema de modulación, transmisiones de múltiples entradas de enlace descendente (MU-MIMO), y un mecanismo de agregación de tramas obligatorias. [9]

En las capas de direcciones PHY y MAC, 802.11ac optimiza el ancho de banda del canal, MIMO (multi-input multi-output), el modo de modulación y utiliza nuevas tecnologías. La arquitectura 802.11ac es la misma que la arquitectura 802.11n. Es decir, 802.11ac se desarrolla a partir de 802.11n.

El estándar 802.11ac proporciona un rendimiento máximo de 6,93 Gbit/s, que es casi 10 veces el rendimiento máximo de 802.11n. Los productos inicialmente lanzados

Wave 1 802.11ac proporcionan el rendimiento máximo de hasta 1,3 Gbit/s, cumpliendo con las expectativas de Wi-Fi Gbit/s. Además de un gran aumento del rendimiento máximo, 802.11ac mejora la capacidad de acceso simultáneo del usuario. 802.11ac puede transmitir datos de cuatro usuarios simultáneamente. Mejora la gestión de canales cuando se utilizan anchos de banda de múltiples canales y mejora la compatibilidad con 802.11a y 802.11n la tabla 8 resume las características más relevantes del estándar 802.11ac. [9]

<table>
<tr><th rowspan="2">Parámetro</th><th>802.11ac borrador 3.0</th><th>802.11ac (Subconjunto de la enmienda ratificada)</th><th rowspan="2">802.11ac Enmienda completa</th></tr>
<tr><th>Wave 1 Wi-Fi Alliance Certification</th><th>Potencial Wave 2 Wi-Fi Alliance Certification</th></tr>
<tr><td>Espectro</td><td colspan="2">5 GHz (Variedad soportada por el ámbito regulador; Casi 600 MHz en los Estados Unidos)</td><td><6 GHz, excluye 2.4 GHz</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Ancho de banda</td><td rowspan="2">Mandatorio: 20, 40, y 80 MHz</td><td>Mandatorio: 20, 40, and 80 MHz</td><td></td></tr>
<tr><td>Opcional: 160 and 80+80 MHz</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="2">Modulación</td><td colspan="3">Mandatorio: BPSK, QPSK, 16QAM, 64QAM</td></tr>
<tr><td colspan="3">Opcional: 256QAM</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Número de flujos espaciales</td><td>Mandatorio: 2 (no móvil APs*),</td><td>Mandatorio: 2 (no móvil APs*),</td><td>Mandatorio: 1</td></tr>
<tr><td>1 (otros)</td><td>1 (otros)</td><td>Opcional: 2 a 8</td></tr>
<tr><td>Opcional: Hasta 3 flujos espaciales</td><td>Opcional: Hasta 4 flujos espaciales</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="2">Corrección de errores hacia adelante</td><td colspan="3">Mandatorio: BCC</td></tr>
<tr><td colspan="3">Opcional: LDPC</td></tr>
<tr><td>STBC</td><td colspan="2">Opcional: 2×1 AP para clientes</td><td>Opcional: 2×1, 4×2, 6×3, 8×4</td></tr>
<tr><td>Intervalo de seguridad corto</td><td colspan="3">Opcional</td></tr>
<tr><td>Sondeo (un solo protocolo interoperable)</td><td colspan="3">Opcional</td></tr>
<tr><td>CTS en respuesta a RTS con indicación de ancho de banda</td><td colspan="3">Mandatorio</td></tr>
<tr><td>RTS con indicación de ancho de banda</td><td colspan="3">Opcional</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Agregación</td><td>Mandatorio: TX y RX de A-MPDU</td><td>Mandatorio: TX y RX de A-MPDU</td><td rowspan="2">A-MDPU, A-MDPU de A-MSDU</td></tr>
<tr><td>Opcional: RX A-MPDU de A-MSDU</td><td>Opcional: RX A-MPDU de A-MSDU</td></tr>
<tr><td>MU-MIMO</td><td>-</td><td colspan="2">Opcional</td></tr>
<tr><td colspan="4">* Requisito adicional introducido por Wi-Fi Alliance.</td></tr>
</table>

Tabla 8.-Especificaciones relevantes del estándar 802.11ac. [9]

5.13 Banda de frecuencia de 802.11ac

El estándar 802.11ac no admite la banda de frecuencia de 2,4 GHz. Previene las interferencias en la banda de frecuencia de 2,4 GHz y promueve la popularidad de los terminales en la banda de frecuencia de 5 GHz. En el estándar 802.11n, más de la mitad de los terminales de la red sólo admiten la banda de frecuencia de 2,4 GHz.

Aunque 802.11ac define la banda de frecuencia inferior a 6 GHz (excluyendo la banda de frecuencia de 2,4 GHz), la banda de frecuencia principal sigue siendo de 5 GHz, el estándar 802.11ac también es conocido como 5G Wi-Fi. ANCHO DE BANDA DEL CANAL 802.11ac. [9]

El estándar 802.11ac agrega anchos de banda de 80 MHz y 160 MHz. 802.11ac soporta 20 MHz, 40 MHz, 80 MHz, 80 + 80 MHz (incontinuo, sin superposición) y 160 MHz, donde son obligatorios los anchos de banda de 20 MHz, 40 MHz y 80 MHz y 80 + 80 MHz y 160 MHz. Los anchos de banda son opcionales. La ilustración 22 usa el espectro norteamericano como ejemplo e ilustra las diferencias entre 802.11ac, 802.11n y 802.11a. Para el ancho de banda de 160 MHz, 802.11ac soporta 2 canales continuos o incontinuos de 80 MHz. [9]

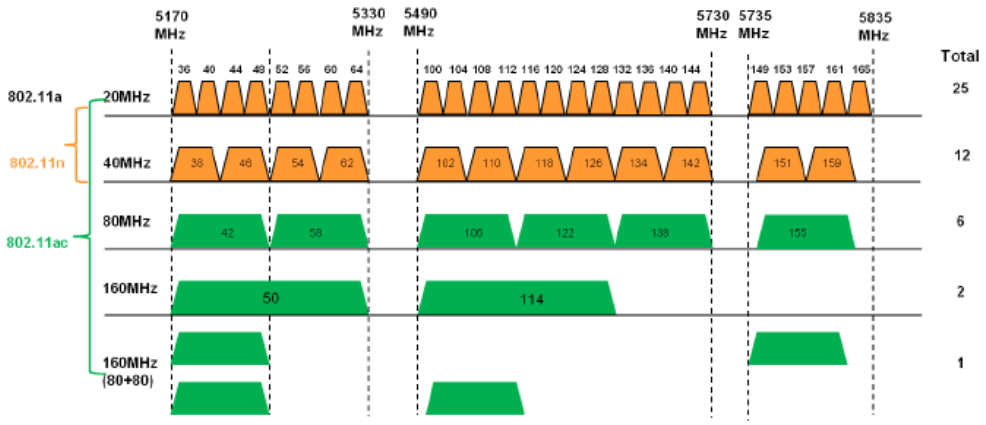


Ilustración 22.- Ancho de banda del canal 802.11ac. [8]

El diseño de ancho de banda variable reserva la compatibilidad con el ancho de banda de canal pequeño. Además, el aumento de ancho de banda también mejora el rendimiento máximo y aporta una mejor experiencia del usuario.

La transición del ancho de banda del canal también causa interferencia cuando se utilizan varios canales. El estándar 802.11ac necesita administrar el ancho de banda del canal de manera eficiente para reducir la interferencia del canal y aprovechar al máximo el ancho de banda del espectro.

5.14 Modo MCS

El estándar 802.11n define ocho modos MCS para cada combinación MIMO. Hay cuatro modos de modulación: BPSK, QPSK, 16QAM y 64QAM.

Índice MCS	**Modo de Modulación**	**Código de Velocidad**	**802.11n**	**802.11ac**
0	BPSK	1/2	Soportado	Soportado
1	QPSK	1/2	Soportado	Soportado
2	QPSK	3/4	Soportado	Soportado
3	16QAM	1/2	Soportado	Soportado
4	16QAM	3/4	Soportado	Soportado
5	64QAM	2/3	Soportado	Soportado
6	64QAM	3/4	Soportado	Soportado
7	64QAM	5/6	Soportado	Soportado
8	**256QAM**	**3/4**	No Soportado	No Soportado
9	**256QAM**	**5/6**	No Soportado	No Soportado

Tabla 9.-Modos MCS de 802.11ac. [8]

Para mejorar el rendimiento máximo, el estándar 802.11ac utiliza modulación 256Q-AM de orden superior con una eficiencia de modulación mejorada, admite velocidades de código de 3/4 y 5/6 y 10 modos MCS. Los estándares 802.11 originales

proporcionan la codificación MCS para cada combinación MIMO, que es desechada por 802.11ac. Por lo tanto, sólo hay 10 modos de codificación MCS en 802.11ac. Un valor MCS más alto indica un rendimiento máximo más alto. Esto se debe a que diferentes modos de codificación de modulación utilizan diferentes números de bits en cada subportadora que representa 2 bits en modo BPSK, 4 bits en modo 16QAM, 6 bits en modo 64QAM y 8 bits en modo 256QAM. La ilustración 22 muestra los diferentes modos de modulación BPSK, QPSK, 16QAM, 64QAM y 256QAM. Un modo de modulación de orden superior logra una mayor eficiencia de modulación. La eficiencia de modulación no se mejora linealmente. La eficiencia de modulación en los últimos modos de modulación es ligeramente mejorada. [8]

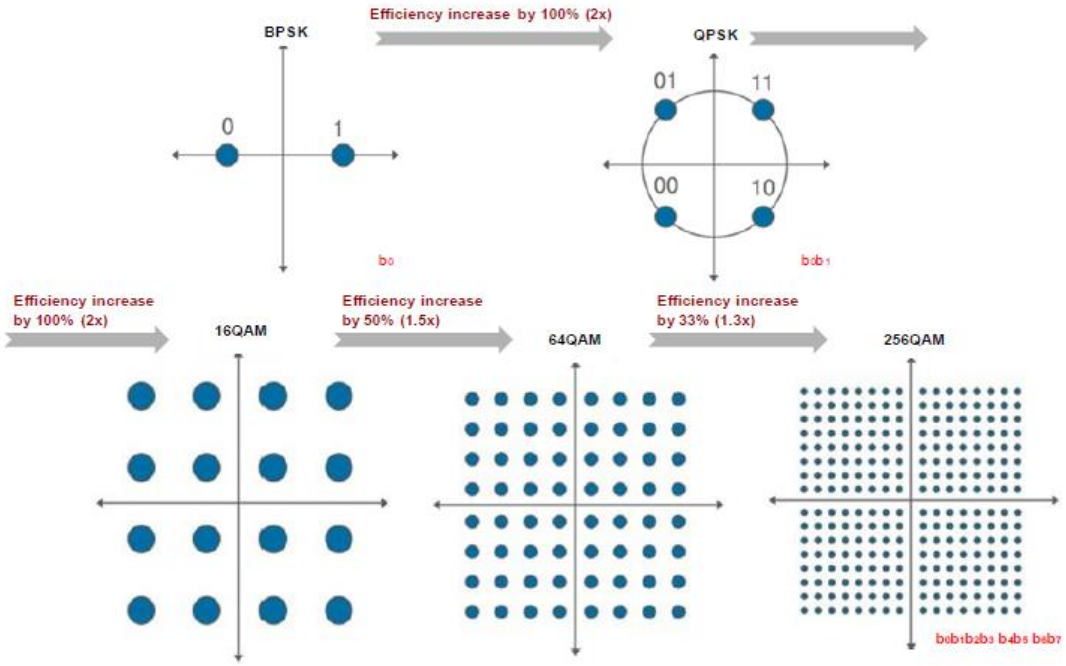


Ilustración 23.- Diferentes modos de modulación [8].

256QAM mejora la eficiencia, pero tiene requisitos estrictos para el entorno inalámbrico y exige SNR mayor que 64QAM. Por lo tanto, MCS8 y MCS9 son a

menudo aplicables a escenarios donde STAs están cerca de APs. En los escenarios, las señales de servicio son fuertes y las señales de interferencia son débiles, cumpliendo los requisitos SNR (SNR = señales útiles / señales de interferencia). [8]

5.15 Mimo de usuario único.

MIMO cae en un solo usuario MIMO y multiusuario MIMO. MIMO utiliza la diversidad espacial y la multiplexación. Aunque la diversidad espacial no puede mejorar directamente el rendimiento máximo, la ganancia de diversidad espacial puede aumentar la SNR para que un enlace pueda mejorar la capacidad utilizando un modo de modulación de orden superior. La multiplexación espacial transmite múltiples flujos de datos de un solo usuario o flujos de datos de múltiples usuarios simultáneamente sin cambiar el ancho de banda del canal. [8]

En aplicaciones Wi-Fi, Transmit Beamforming (TxBF) recibe mucha atención. La definición de TxBF en 802.11n es compleja, por lo que TxBF no es bien reconocida en el medio por lo que el estándar 802.11ac simplifica el diseño.

El 802.11n define los modos Beamforming explícitos e implícitos, pero sólo 802.11ac soporta Beamforming explícito.

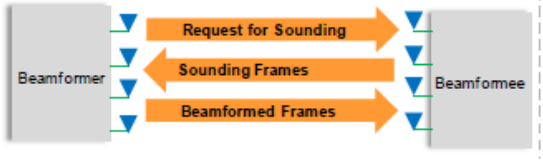
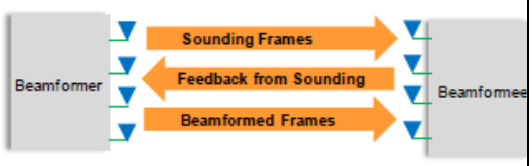
Beamforming implícito (compatible con 802.11n, no admitido por 802.11ac)	Beamforming explícito (Compatible con 802.11n y 802.11ac)
	

Ilustración 24.- Beamforming explícito e implícito [8].

El estándar 802.11ac mejora la sonda del canal y los mecanismos de retroalimentación, 802.11n utiliza los siguiente Modos para sondear canales: Null Data Packets (NDPs) y preámbulo escalonado. 802.11n define tres formatos de realimentación: CSI, no comprimido y comprimido. También define los modos de retroalimentación inmediata y retardada. 802.11ac utiliza sólo NDP para sondear canales y sólo admite el formato de matriz V comprimido y el modo inmediato. [8]

El estándar 802.11ac soporta un máximo de ocho flujos y proporciona el rendimiento máximo de 7 Gbit /s para un solo usuario.

La diversidad espacial y la multiplexación utilizan el sistema de múltiples antenas. Para soportar ocho flujos, APs y STAs requieren ocho antenas, lo cual es un gran reto tanto para APs como para STAs. Más antenas aumentan la complejidad, las dimensiones y los costos del dispositivo. Esta es también la razón por la que los principales puntos de acceso 802.11n utilizan antenas duales y las STA utilizan antena única, aunque 802.11n puede admitir cuatro flujos. [8]

El estándar 802.11ac soporta sólo MIMO de enlace descendente multiusuario y es capaz de transmitir datos a un máximo de cuatro usuarios. Los datos de enlace ascendente se envían uno por uno y no se pueden enviar simultáneamente. Cuando los tamaños de los paquetes de usuario que se transmiten simultáneamente son diferentes, se utiliza el relleno de trama. El mecanismo BA programado se utiliza para programar mensajes de respuesta ACK de cada usuario para que los mensajes ACK se envíen uno a uno. [8]

Cuando un AP admite el acceso de canal distribuido mejorado (EDCA), las prioridades de los diferentes servicios de usuario pueden ser diferentes. En este caso, los paquetes

de servicio de usuario se envían a diferentes colas de AC. Multi-usuario MIMO utiliza la oportunidad de transmisión (TXOP) para transmitir paquetes con diferentes prioridades simultáneamente. [8]

Multiusuario MIMO aumenta el número de usuarios simultáneos conectados a un solo AP. En escenarios que utilizan terminales de flujo único, el MIMO multiusuario aumenta el número de usuarios simultáneos y el rendimiento máximo de un enlace descendente del AP. Cuando los flujos de datos se transmiten a múltiples usuarios, la interferencia entre flujos afecta al modo de modulación de orden superior. Por ejemplo, 256QAM no se puede utilizar en este escenario. [8]

5.16 Gestión dinámica de canales

El estándar 802.11ac admite anchos de banda de canal amplio de 20 MHz a 160 MHz, lo que también plantea desafíos a la gestión de canales. Cuando se utilizan anchos de banda de canal diferentes, se deben utilizar métodos de gestión adecuados para reducir la interferencia entre canales y utilizar canales completamente. [8]

El estándar 802.11ac define un mecanismo de solicitud de envío / borrado a enviar (RTS / CTS) mejorado para determinar cuándo los canales están disponibles. El mecanismo es el siguiente:

1. Un dispositivo 802.11ac envía un RTS. La transmisión básica 802.11a, de 20 MHz de ancho, se reproduce tres veces más para llenar los 80 MHz u otras siete veces para llenar 160 MHz. Cada dispositivo cercano, independientemente de si el canal principal es el canal de 20 MHz sobre el canal de 80 MHz o 160 MHz, puede recibir el RTS. Cada dispositivo que recibe el RTS establece subcanales virtuales en estado ocupado.

2. El dispositivo que recibe el RTS comprueba si el canal principal o los subcanales del canal de 80 MHz están ocupados. Si se utiliza un ancho de banda de canal, el receptor responde con un CTS con ancho de banda disponible e informa del ancho de banda repetido. [8]

3. Se envía un CTS sobre cada sub-canal de 20 MHz disponible el remitente puede aprender canales disponibles y no disponibles. A continuación, los datos se envían sólo a través de los subcanales disponibles.

La gestión dinámica de ancho de banda está diseñada para la multiplexación de espectro. Esta función aumenta la eficiencia del uso del canal y reduce la interferencia entre canales. Por lo tanto, dos AP pueden trabajar en el mismo canal de ancho de banda, tal como se muestra en la ilustración 24.

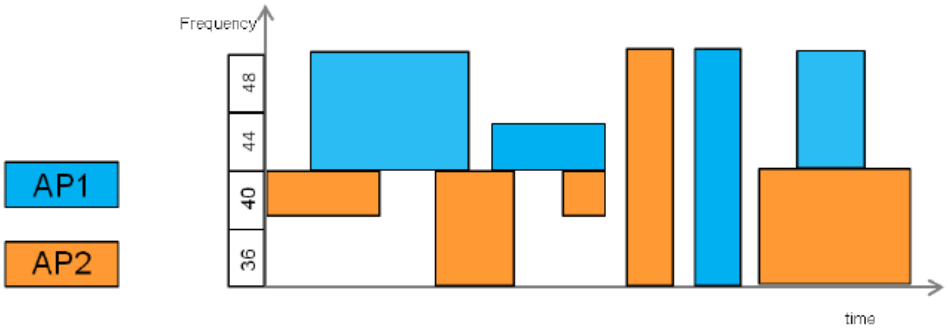


Ilustración 25. Dos puntos de acceso sobre el mismo canal de 80 MHz [8].

En una red Wi-Fi, cada trama se transmite en una interfaz aérea en modo CSMA / CA. Cuando se transmiten muchas tramas, las colisiones reducen la eficiencia de uso de la interfaz aérea. 802.11n comienza a utilizar la agregación de tramas en la capa de direcciones MAC. MSDUs o MPUD se agregan, y luego se encapsulan en la capa física. Esto mejora la eficiencia de la encapsulación y reduce el uso y la preferencia en la interfaz aérea. [8]

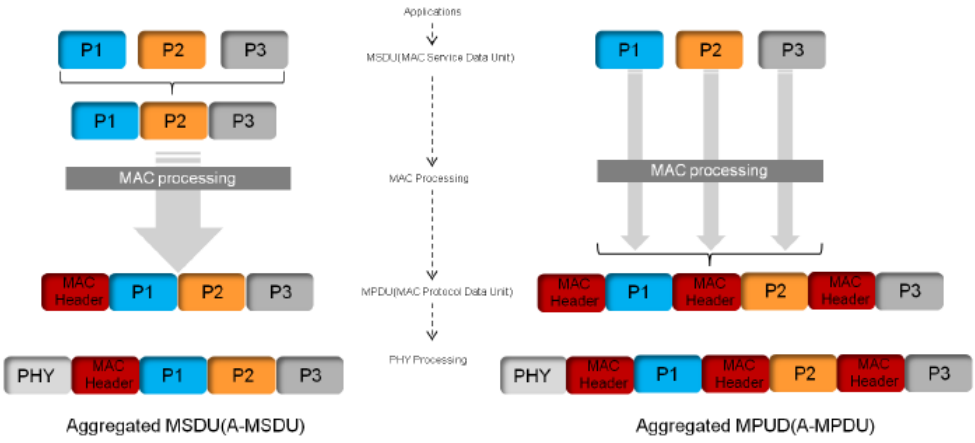


Ilustración 26. A-MSDU y A-MPDU. [8]

La ilustración 26 muestra la encapsulación A-MSDU y A-MPDU. Los dos modos de agregación pueden mejorar la eficiencia de la encapsulación, pero A-MPDU tiene la siguiente ventaja de que A-MSDU no tiene: Cuando se produce un error durante la transmisión, A-MSDU necesita retransmitir toda la trama agregada, mientras que A-MPDU sólo necesita retransmitir los paquetes de datos de error porque cada MPDU tiene su encabezado de dirección MAC. Por lo tanto, A-MPDU se utiliza con más frecuencia que A-MSDU. [8]

Para mejorar aún más la eficiencia y la fiabilidad, el estándar 802.11ac aumenta el tamaño de la MPDU y el tamaño del marco A-MPDU. Cabe indicar que el estándar 802.11ac sólo admite A-MPDU.

5.17 Comparación de estándares 802.11n y 802.ac.

El estándar 802.11ac es una mejora evolutiva a 802.11n. Uno de los objetivos de 802.11ac es ofrecer niveles más altos de rendimiento que sean proporcionales a la red Gigabit Ethernet.

Uno de los factores con más relevancia y que debe ser comparado en estas tecnologías es la velocidad de transmisión de la información, para ello es fundamental indicar que velocidad inalámbrica es el producto de tres factores: ancho de banda de canal, densidad de constelación y número de flujos espaciales.

El estándar 802.11ac mejora en gran medida los límites obtenidos por el estándar 802.11n su inmediatamente predecesor, esto se puede observar en la ilustración 27.

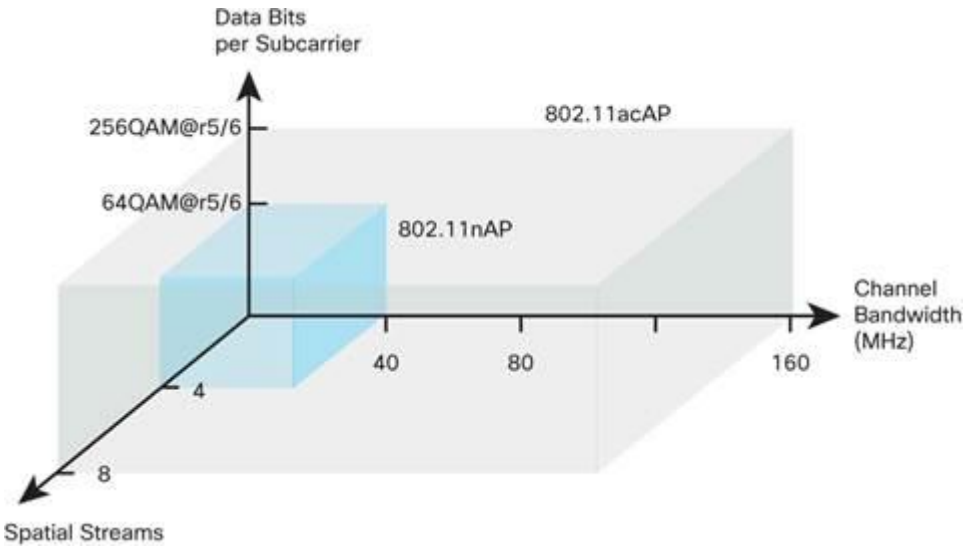


Ilustración 27. Comparación de velocidad entre 802.11n y 802.11ac [9].

Para tener una visión matemática, la velocidad en capa física del estándar 802.11ac se calcula de acuerdo con la tabla 10. Por ejemplo, se tiene una transferencia de información a 80 MHz enviada a 256QAM con tres corrientes espaciales y un intervalo de entrega corta, lo que proporciona 234 x 3 x 5/6 x 8 bits /3,6 microsegundos = 1300 Mbps [9].

PHY	**Ancho de banda (con numero de subportadoras)**		**Número de flujos espaciales**		**Bits de datos por subportadora**		**Tiempo por símbolo OFDM**		**PHY Data Rate (bps)**
802.11n o 802.11ac	56 (20 MHz)	×	1 a 4	×	Hasta $5/6 \times \log_2(64) = 5$	÷	3.6 Microsegundos (intervalo de	=	

						protección corto)	
	108 (40 MHz)					4 microsegundos (intervalo de guardia largo)	
802.11ac solamente	234 (80 MHz)		5 a 8		Hasta 5/6 × $\log_2(256)$ ≈ 6.67		
	2 × 234 (160 MHz)						

Tabla 10.- Cálculo de la velocidad de 802.11n y 802.11ac. [9]

Se puede observar que el aumento de ancho de banda del canal a 80 MHz produce velocidades 2.16 veces más rápidas y 160 MHz ofrece una duplicación adicional. Cabe indicar que esta mejora implica que se consuma más espectro, y cada vez se está dividiendo la misma potencia de transmisión sobre el doble de subportadoras, por lo que la velocidad se duplica, pero el rango para esa velocidad se reduce ligeramente.

Pasar de 64QAM a 256QAM también ayuda, porque es 8/6 = 1,33 veces más rápido. Al estar más cerca, los puntos de constelación son más sensibles al ruido, por lo que 256QAM ayuda a mejorar en el rango más corto donde 64QAM ya es confiable. Sin embargo, 256QAM no requiere más espectro o más antenas que 64QAM. [9]

La velocidad es directamente proporcional al número de corrientes espaciales. Más flujos espaciales requieren más antenas, conectores de RF y cadenas de RF en el transmisor y el receptor. Las antenas deben espaciarse un tercio de una longitud de onda (3/4 pulgadas) o más, y las cadenas RF adicionales consumen energía adicional. Esto hace que muchos dispositivos móviles limiten el número de antenas a uno, dos o tres. [9]

Colectivamente, estos tres aumentos de velocidad son significativos. Como se muestra la tabla 11, el producto 802.11ac mínimo permitido es 4,4 veces más rápido que el

producto 802.11n correspondiente y los productos Wave 1 de nivel medio y alto son casi 3 veces más rápidos, alcanzando velocidades de datos PHY de 1,3 Gbps. El rendimiento real será una función de la eficiencia MAC (raramente mejor que el 70 por ciento) y las capacidades de los dispositivos en cada extremo del enlace. [9]

Configuración Nominal	**Ancho de Banda (MHz)**	**Número de flujos espaciales**	**Tamaño y velocidad de la constelación**	**Intervalo de protección**	**PHY Velocidad de datos(Mbps)**	**Rendimiento (Mbps)***
802.11a						
Todo	20	1	64QAMr3/4	largo	54	24
802.11n						
Corrección mínima	20	1	64QAMr5/6	largo	65	46
Productos de gama baja (2.4 GHz solo +)	20	1	64QAMr5/6	corto	72	51
Producto de nivel medio	40	2	64QAMr5/6	corto	300	210
Producto máximo	40	3	64QAMr5/6		450	320
Corrección máxima	40	4	64QAMr5/6	corto	600	420
802.11ac 80 MHz						
Corrección mínima	80	1	64QAMr5/6	largo	293	210
Productos de gama baja	80	1	256QAMr5/6	corto	433	300
Producto de nivel medio	80	2	256QAMr5/6	corto	867	610
Producto máximo	80	3	256QAMr5/6	corto	1300	910
Corrección máxima	80	8	256QAMr5/6	corto	3470	2400
802.11ac 160 MHz						
Corrección mínima	160	1	256QAMr5/6	corto	867	610
Productos de gama baja	160	2	256QAMr5/6	corto	1730	1200
Producto de nivel medio	160	3	256QAMr5/6	corto	2600	1800
Producto máximo	160	4	256QAMr5/6	corto	3470	2400
Corrección máxima	160	8	256QAMr5/6	corto	6930	4900

* Asumiendo un 70 % de eficiencia en MAC, excepto para 802.11a, que carece de agregación.
+ Suponiendo que 40 MHz no está disponible debido a la presencia de otros APs.

Tabla 11.- Cálculo de la velocidad de 802.11n y 802.11ac. [9]

El estándar 802.11ac continúa con algunas de las características más valiosas de 802.11n, incluyendo la opción de un intervalo de seguridad corto (para un 10 % de velocidad) y una tasa incrementalmente mejor en rango, usando el avanzado error de forward de verificación de paridad de baja densidad (LDPC) - corrección de códigos. Los códigos LDPC están creados para ser una extensión evolutiva de los códigos LDPC 802.11n. [9]

5.18 Diferencias entre 802.11ac y 802.11n

El estándar 802.11ac ha evitado contraponerse al estándar 802.11n y en su lugar se ha centrado en ampliar los enormes avances realizados en 802.11n para ofrecer la próxima generación de velocidad y robustez.

Por ejemplo, 802.11n fue pionera en la agregación mediante el uso selectivo de A-MPDU, A-MSDU y A-MPDU de A-MSDU. El estándar 802.11ac realmente requiere que cada transmisión 802.11ac sea enviada como un agregado A-MPDU. Esto se debe en parte a la eficiencia intrínseca de la A-MPDU, así como a algunos otros factores.

En otro ejemplo, 802.11ac extiende el mecanismo de acceso al canal 802.11n: el sentido de la portadora virtual y el backoff se producen en un solo canal primario de 20 MHz; El CCA se utiliza entonces para los subcanales restantes de 20 MHz inmediatamente antes de transmitirlos [9].

Dada la potencia de A-MPDU y el mecanismo de acceso al canal 802.11n, 802.11ac realmente no necesitaba innovar mucho en el MAC. De hecho, las extensiones del mecanismo RTS / CTS son la única nueva característica MAC obligatoria.

El estándar 802.11n incluye muchas opciones con valor reducido, y 802.11ac adopta un enfoque muy pragmático. Si se utiliza una opción "inútil" y afecta a un dispositivo de terceros, 802.11ac normalmente prohíbe que un dispositivo 802.11ac (que funciona en modo 802.11ac) utilice la opción. Si una opción "inútil" no se ha utilizado en los productos 802.11n o afecta sólo a los dispositivos que activan la opción, esta característica no es actualizada para el estándar 802.11ac, sino que se la descarta.

Por ejemplo, no existe una versión 802.11ac del formato de preámbulo "802.11n campo verde". 802.11ac define sólo un formato de preámbulo, que, para los dispositivos heredados 802.11a/n, se verá seguro como un preámbulo 802.11a seguido de una carga útil con un CRC defectuoso. Esto significa que los dispositivos heredados no intentarán transmitir por encima de la transmisión 802.11ac, ni intentarán enviar una carga mala al apilamiento.

El estándar 802.11n introdujo el espaciamiento reducido de interframe (RIFS), que reduce los gastos indirectos entre transmisiones consecutivas, pero se menciona que A-MDPU intenta solucionar el mismo problema eficientemente. Los dispositivos 802.11ac que funcionan en modo 802.11ac no están permitidos para transmitir RIFS.

Las funciones 802.11n que no tienen compatibilidad con el estándar 802.11ac incluyen todas las opciones de sondeo 802.11n, los LTF de extensión, el procedimiento de calibración, la selección de antena, la protección PCO, L-SIG TXOP, modulación desigual, modos STBC 4 × 3 y 3 × 2, MCS32 y protección dual CTS [9].

5.19 Compatibilidad del estándar 802.11 ac.

El estándar 802.11ac está cuidadosamente diseñado para ser maximizado hacia adelante y hacia atrás compatible con dispositivos 802.11a/n. De hecho, el diseño

802.11ac es aún más simple y más completo que la compatibilidad 802.11n con dispositivos 802.11a, como se muestra en la tabla 12.

Función del receptor	**Transmisor** / **Receptor**	**802.11a**	**802.11n**	**802.11ac**
Destinatario	802.11a	admite	Dispositivo 802.11n baja hasta 802.11a PPDUs	Dispositivo 802.11ac baja hasta 802.11a PPDUs
	802.11n	admite	admite	Dispositivo 802.11n baja hasta 802.11n PPDUs
	802.11ac	admite	admite	admite
Destinatario externo	802.11a	admite	Para las PPDU HT_MM transmitidas, el tercero espera la longitud del paquete como se indica en la parte heredada del preámbulo, entonces un EIFS adicional (por lo que no hay colisiones)	El tercero espera la longitud del paquete indicada en la parte heredada del preámbulo, luego un EIFS adicional (por lo que no hay colisiones)
			HT_GF PPDUs, el preámbulo debe ser transmitido sólo si está precedido por la protección MAC (por ejemplo, RTS / CTS o CTS a sí mismo) enviada utilizando PPDU de formato 802.11a (por lo que no hay colisiones)	
	802.11n	admite	admite	El tercero espera la longitud del paquete indicada en la parte heredada del preámbulo, luego un EIFS adicional (por lo que no hay colisiones)
	802.11ac	admite	admite	admite

Tabla 12.- Compatibilidad y coexistencia de dispositivos 802.11a, 802.11n y 802.11ac. [9]

Un dispositivo 802.11ac debe soportar todos los modos obligatorios de 802.11a y 802.11n. Así, un AP 802.11ac puede comunicarse con clientes 802.11a y 802.11n utilizando paquetes con formato 802.11a o 802.11n. Para este propósito es como si el AP fuera un AP 802.11n. Del mismo modo, un cliente 802.11ac puede comunicarse con un AP 802.11a o 802.11n utilizando paquetes 802.11a o 802.11n. Por lo tanto, la aparición de clientes 802.11ac no causará problemas. [9]

6. ANÁLISIS DE TRÁFICO

La institución provee a los usuarios tanto internos como externos una gama de servicios que van desde portales web de servicios institucionales, servicio de directorio activo, internet, compartición de archivos, file server, sftp, intranet, entre otros. Para ello es necesario determinar efectivamente el uso de los recursos tecnológicos en lo que tiene que ver a consumo de ancho de banda de las aplicaciones más utilizadas con la finalidad de determinar niveles de consumo.

Además, es fundamental conocer el tipo de tráfico que se transporta en la red de datos institucional especialmente en la red WLAN, para poder definir la distribución más apropiada de los AP de acuerdo al volumen de transacciones concurrentes que generan los usuarios internos al consumir dichos servicios.

Para el análisis de tráfico se definió la utilización del software Wireshark que es un analizador de protocolos open-source diseñado por Gerald Combs y que actualmente está disponible para plataformas Windows y Unix.

6.1 Infraestructura de red de la entidad

Antes de comenzar el análisis de tráfico es importante conocer la arquitectura de red que actualmente tiene la institución, por lo que en la ilustración 28 se muestra gráficamente el diseño lógico de red.

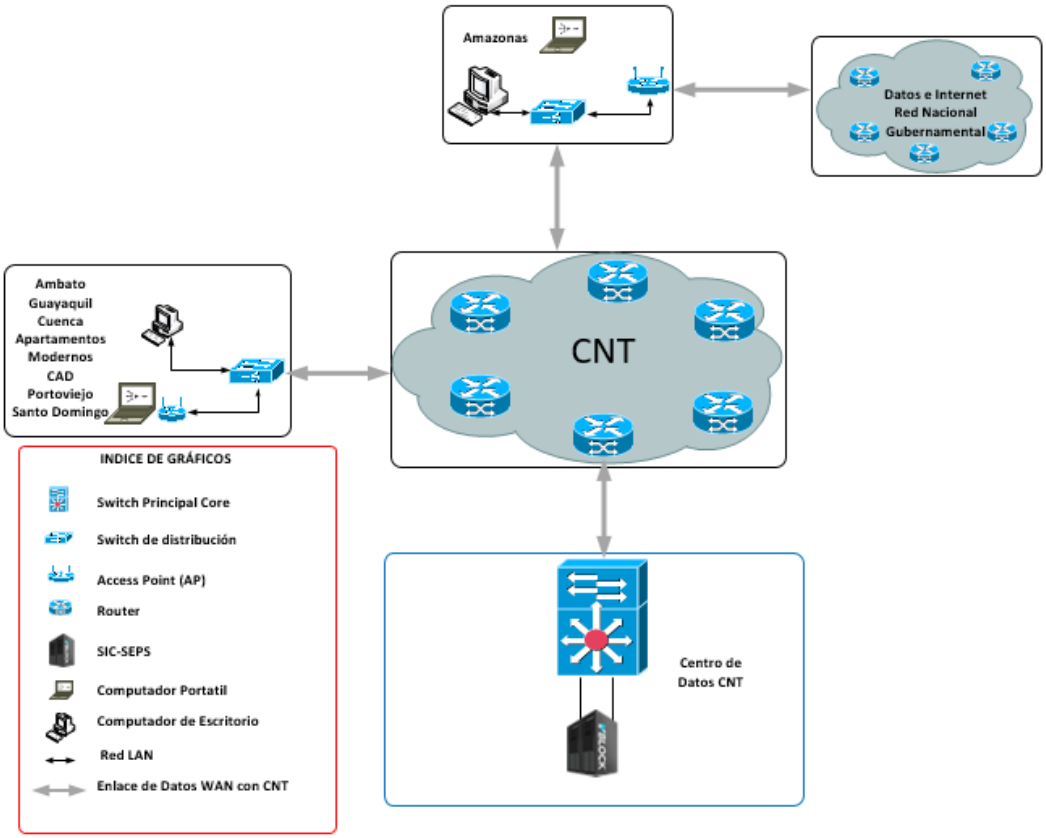


Ilustración 28. Diseño lógico de red de la entidad.

La institución cuenta con dependencias zonales ubicadas en Quito, Ambato, Portoviejo, Guayaquil, Santo Domingo, Cuenca, las mismas que son dependientes de los servicios que se distribuyen desde el Edificio Amazonas 100 en el caso de comunicaciones unificadas y acceso a internet para los usuarios internos y del Centro de Datos de CNT en donde se encuentra instalado el SIC-SEPS que es el Sistema Integrado de Cómputo de la entidad donde se encuentran alojados todos los servicios electrónicos.

Hay que indicar que todas las dependencias e intendencias zonales tienen el mismo diseño lógico, es decir se conectan a la MPLS de CNT a través de un router entregado y administrador por el proveedor del Enlace de datos y que se conecta directamente al

switch de distribución de cada localidad. Dependiendo de la cantidad de usuarios de cada localidad se dispone o no de switch de acceso que se interconecta al swich principal o distribución.

En el Centro de datos de CNT la institución dispone de un switch de core de la serie 6500 en donde se encuentra instalada una tarjeta interna WLC 5550, la misma que cumple la función de controladora de los puntos de acceso y que permite la administración remota de los mismos.

6.2 Análisis de tráfico

La institución cuenta con usuarios internos que disponen en su mayoría de equipos portátiles dotados por la institución, con el fin de desarrollar las actividades diarias encomendadas, los servicios electrónicos básicos con los que cuenta un usuario regular de la institución son correo electrónico, acceso a intranet, internet de acuerdo a las necesidades propias del cargo, servicio de mensajería instantánea, sistema de gestión documental.

Para determinar el consumo de ancho de banda por usuario se realizó un muestreo con el software Wireshark, la finalidad de este estudio es identificar los protocolos más utilizados y el consumo de ancho de banda de los mismos.

6.2.1 Pre requisitos para ejecución de software wireshark.

Wireshark es un software de uso libre, que permite identificar el tráfico sobre una interfaz determinada de un equipo de cómputo, en este contexto es importante conocer a detalle qué tipo de aplicaciones y protocolos están haciendo uso del canal de datos para de esta manera definir las aplicaciones que deberían tener prioridad de utilización de los recursos de la red inalámbrica o WLAN.

Considerando esta necesidad se ha determinado para este análisis realizar un port-mirroring en el switch de distribución del Edificio de Apartamentos Modernos que es la dependencia de la entidad que más usuarios tiene y donde se centra la mayor cantidad de peticiones de servicios de la institución.

Port-mirroring no es más que un proceso interno utilizado con un switch para enviar copias de paquetes de red vistos en un puerto del switch (o una VLAN entera) a una conexión de red monitoreada en otro puerto del switch.

Para ello es necesario definir qué puerto es el origen de la información y hacia qué puerto destino se va a dirigir las copias de los paquetes para el análisis con Wireshark.

La interfaz 0/12 del switch de distribución del edificio de apartamentos modernos de la institución tiene la configuración que permite el acceso a la vlan 123 en donde está configurado el enlace de datos de CNT tal como se muestra en la descripción del puerto a continuación:

```
interface GigabitEthernet0/12
        description ENLACE_CNT
        switchport access vlan 123
        switchport mode access
```

Para determinar el puerto destino de los paquetes se debe realizar la búsqueda en primera instancia de la dirección MAC del computador conociendo la dirección IP que ejecutará el software Wireshark con el siguiente comando:

```
SEPS_APM_SACCESS# sh arp 192.168.100.14
```

Dando como resultado la siguiente información que contiene la MAC necesaria para determinar el puerto destino.

Protocol Address Age (min) Hardware Addr Type Interface

Internet 192.168.100.14 1 **8000.0b51.24e9** ARPA Vlan14

Con la información marcada en rojo que representa la MAC del equipo, se procede a ejecutar el siguiente comando que permite determinar el puerto necesario para configurar el port-mirroring.

SEPS_APM_SACCESS #sh mac address-table address 8000.0b51.24e9

Teniendo como resultado la siguiente información:

Mac Address Table

Vlan Mac Address Type Ports

---- ----------- -------- -----

14 8000.0b51.24e9 DYNAMIC Gi0/19

17 8000.0b51.24e9 DYNAMIC Gi0/19

Total Mac Addresses for this criterion: 2

El resultado obtenido determina que el puerto destino deberá ser el que pertenece a la interfaz Gi0/19, por lo que se procede a ejecutar las siguientes sentencias en modo de configuración:

monitor session 1 source interface Gi0/12

monitor session 1 destination interface Gi0/19

Estas sentencias indican que la información que se transporte por el puerto del switch Gi0/12 sea copiada al puerto Gi0/19 con lo que se podrá realizar el análisis de protocolos en el software Wireshark.

6.2.2 Análisis de resultados de software wireshark

Al iniciar la aplicación Wireshark permite al usuario definir la interfaz de red con la que se desea realizar el análisis, con fines de identificación de las aplicaciones y protocolos que son más utilizadas por los usuarios de la institución, se definió realizar el análisis de la interfaz que interconecta la red de la entidad con la MPLS de CNT, por lo que se realizará dicho análisis en la interfaz LAN como se muestra en la ilustración 29 que previamente se configuro el port-mirroring.

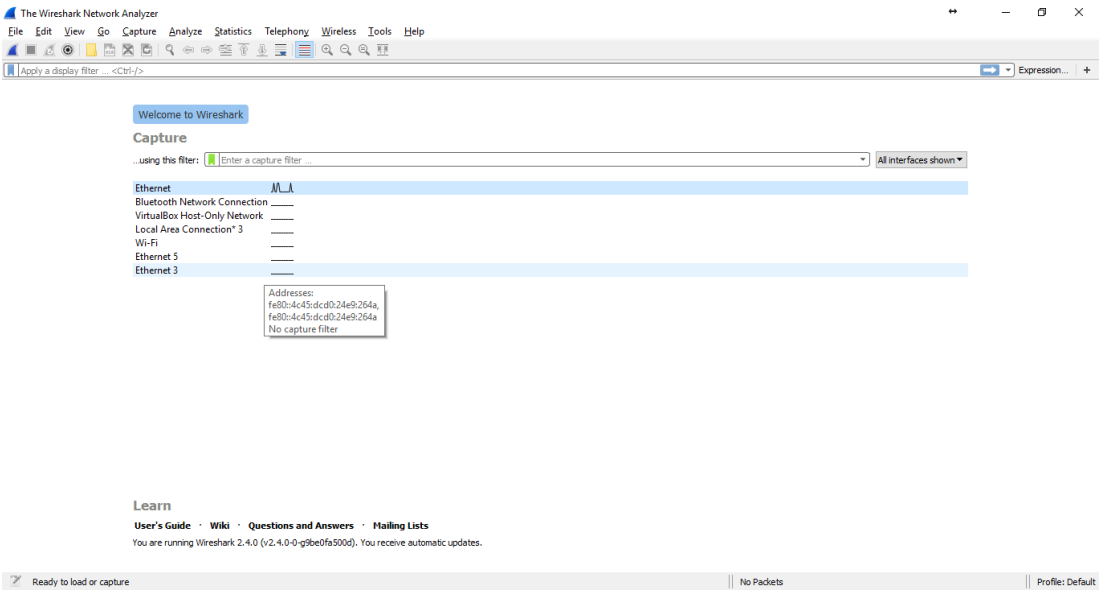


Ilustración 29. Interfaces de Red detectadas por Wireshark.

Una vez que se selecciona la interfaz adecuada se despliega la ventana de monitoreo de la interfaz como se muestra en la ilustración 30, en donde se tienen cuatro secciones que se describen a continuación:

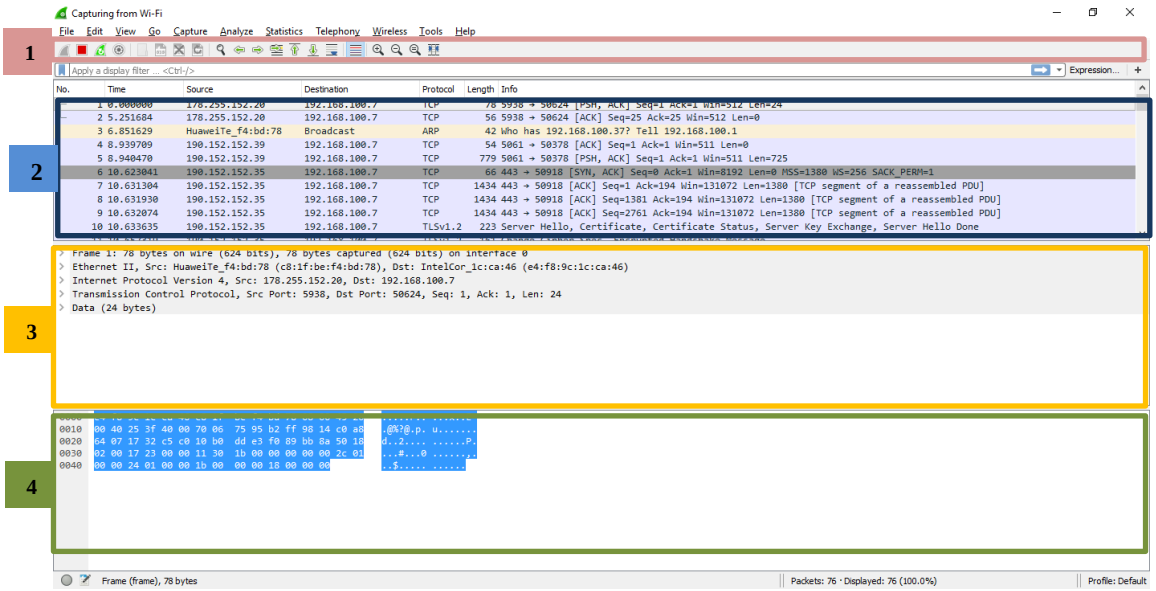


Ilustración 30. Ventana de monitoreo de Wireshark.

La zona 1 es el área de definición de filtros, permite definir patrones de búsqueda para visualizar paquetes o protocolos a buscar.

La zona 2 corresponde a la lista de visualización de todos los paquetes que se están capturando en tiempo real, tales como tipo de protocolo, números de secuencia, flags, marcas de tiempo, puertos, etc.

La zona 3 permite desglosar por capas cada una de las cabeceras de los paquetes seleccionados en la zona 2.

La zona 4 representa, en formato hexadecimal, el paquete en bruto, es decir, tal y como fue capturado por la tarjeta de red.

El objetivo de este análisis es determinar los protocolos y aplicaciones más utilizadas por los usuarios internos de la institución, para ello se ha tomado muestras del tráfico que se transmite atreves del puerto configurado con port-mirroring, cabe indicar que para disponer de estas muestras se ha realizado el análisis en horario laboral de tal forma de disponer de mejores elementos de análisis.

6.2.2.1 Análisis de tráfico.

Este análisis se divide en grupos de utilización de protocolos, esto debido a la gran diferencia que existe en uso de algunos protocolos, y así disponer de mejores alternativas de análisis:

Grupo 1.- Se considera los protocolos que se encuentran en un rango de utilización de entre 10000 y 1000000 peticiones, estos resultados son mostrados en la tabla 13.

Protocolo	Suma de tipo	Grupo
TCP	772111	1
UDP	86986	1
TLSv1.2	67706	1
TLSv1	50167	1
SMB2	12032	1
802.11	11553	1
SNMP	10432	1
HTTP	10197	1
Total Grupo	**1021184**	

Tabla 13.-Número de Peticiones del grupo 1.

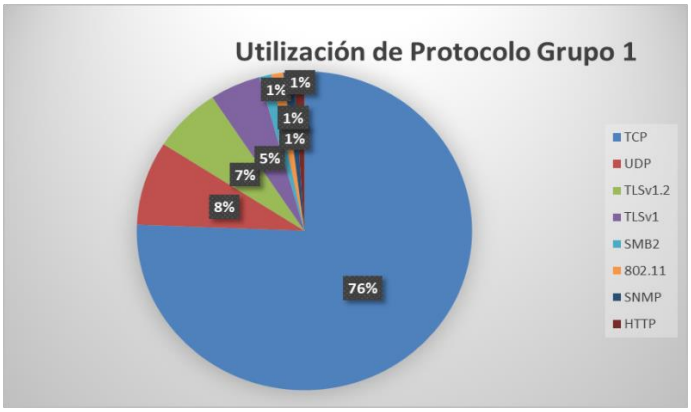


Ilustración 31. Porcentajes de utilización protocolos de entre 10000 y 1000000 peticiones.

De los resultados obtenidos se puede mostrar que el protocolo más utilizado en la institución es TCP con un porcentaje de utilización del 76%, se debe indicar que los

puertos más utilizados en este análisis realizado con la herramienta Wireshark son los que se muestra en la tabla 14:

Número de Puerto	**Servicios asociados**
443	Exchange, https
9990	Jboss
2383	Microsoft OLAP
554	RTSP (Real Time Streaming Protocol)
3389	Microsoft Terminal Server (RDP) officially registered as Windows Based Terminal (WBT) - Link (Official)
10051	Zabbix Trapper
49263, 49248, 58042, 54563, 59020	Xsan. Xsan Filesystem Access
110	POP3
1197	Carrius Remote Access
1200	SCOL
5061	SIP-TLS
1521	ORACLE
2000	Cisco SCCP
80, 8080	HTTP
25	SMTP(Simple Mail Transfer)
389	LDAP(Lightweight Directory Access Protocol)

3910	Printer Request Port
4070	Trivial IP Encryption (TrIPE)
445	Microsoft-DS Active Directory, Windows shares
5222	XMPP Client Connection (JABER)
9100	EMC2 (Legato) Networker or Sun Solcitice Backup (Official)

Tabla 14.-Puertos más utilizado asociado a un servicio.

Además, se debe indicar que el protocolo que después de TCP tiene mayor porcentaje de utilización es UDP (Protocolo del Datagrama del Usuario) con un 8% de utilización, es el protocolo mínimo de la Capa de Transporte orientado en el mensaje (el protocolo es documentado en IETF RFC 768). Los ejemplos de aplicación, que a menudo usan UDP: voz por IP (VoIP), media de flujo. Muchas aplicaciones Web usan UDP, por ejemplo, el Sistema del Nombre de Dominio (DNS), Protocolo de información de Enrutamiento (RIP), Protocolo Dinámico de Configuración del Host (DHCP), Protocolo Simple de Tratamiento de Red (SNMP) [10].

Con un 7% y 5 % de peticiones está el protocolo TLSv1.2 y TLSv1 Transport Layer Security (seguridad de la capa de transporte), son protocolos criptográficos que proporcionan comunicaciones seguras por una red, comúnmente Internet.

Con 1 % se encuentran SMB2(es una nueva versión del viejo protocolo de intercambio de archivos de Windows SMB y se utiliza para compartir archivos en hosts Windows modernos y futuros. Windows 8 introdujo varias características nuevas), 802.11, SNMP (El Protocolo Simple de Administración de Red (Simple Network Management

Protocol) es un protocolo de la capa de aplicación que facilita el intercambio de información de administración entre dispositivos de red), HTTP (El Protocolo de transferencia de hipertexto (Hypertext Transfer Protocol) es el protocolo de comunicación que permite las transferencias de información en la World Wide Web).

Grupo 2.- Se considera los protocolos que se encuentran en un rango de utilización de entre 1000 y 9999 peticiones, estos resultados son mostrados en la tabla 15.

Protocolo	Suma de tipo	Grupo
ICMP	6525	2
DTLSv1.0	3505	2
TNS	3416	2
SMTP	3144	2
DNS	1629	2
QUIC	1190	2
SKINNY/RESP	1023	2
SKINNY/REQ	1017	2
Total Grupo	**21449**	

Tabla 15.-Número de Peticiones del grupo 2.

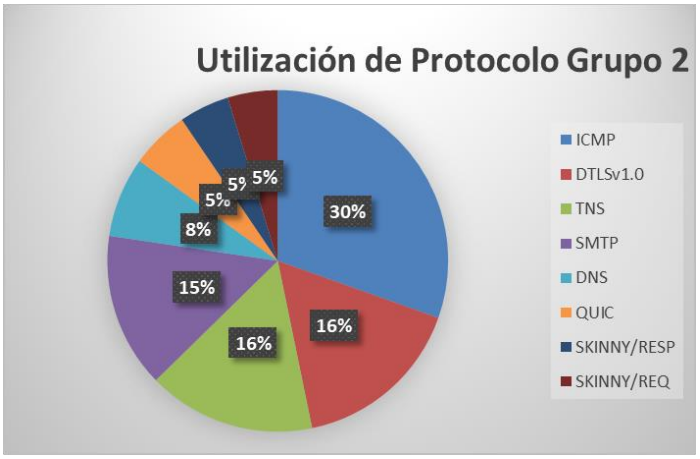


Ilustración 32. Porcentajes de utilización de protocolos de entre 1000 y 9999 peticiones.

Con menor utilización que el grupo 1 se encuentra el protocolo ICMP (Internet Control Message Protocol, los mensajes de este protocolo se utilizan con fines de diagnóstico o control y se generan en respuesta a los errores en operaciones IP) con el 30% de utilización, con el 16% de utilización está el protocolo DTLSv1,0(Datagram Transport Layer Security, protocolo que proporciona privacidad en las comunicaciones para protocolos de datagramas) y el protocolo TNS(se asigna al configurar la conectividad a la base de datos de Oracle), con el 15 % se tiene el protocolo SMTP.

Con el 8% de peticiones generadas se encuentra el protocolo DNS, y el 5% lo tienen los protocolos QUIC (protocolo de comunicaciones desarrollado por Google, mejora el rendimiento percibido de aplicaciones web orientadas a conexión que usan actualmente TCP), SKINNY/RESP y SKINNY/RESP (Skinny Call Control Protocol o SCCP es un protocolo propietario de control de terminal desarrollado originariamente por Selsius Corporation. Actualmente es propiedad de Cisco Systems, Inc. y se define como un conjunto de mensajes entre un cliente ligero y el CallManager.).

Grupo 3.- Se considera los protocolos que se encuentran en un rango de utilización de entre 100 y 999 peticiones, estos resultados son mostrados en la tabla 16.

Protocolo	Suma de tipo	Grupo
WLCCP	850	3
SKINNY	782	3
ISAKMP	532	3
SSL	499	3
RTSP	487	3
NTP	436	3
SSH	394	3

HTTP/XML	310	3
CAPWAP-Data	233	3
GIOP	221	3
CAPWAP-Control	106	3
TLSv1.1	105	3
DHCP	101	3
Total Grupo	**5056**	

Tabla 16.-Número de Peticiones del grupo 3.

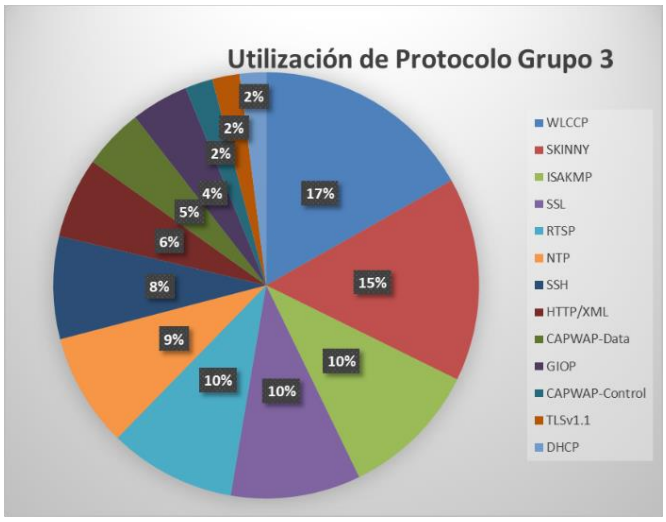


Ilustración 33. Porcentajes de utilización de protocolos de entre 100 y 999 peticiones.

Con el 17 % de peticiones en el grupo 3 se encuentra el protocolo WLCCP (es utilizado por los puntos de acceso y servidores inalámbricos de Cisco para administrar una infraestructura inalámbrica de punto de acceso múltiple llamada WDS, Wireless Domain Services), el 15% de utilización en el grupo 3 lo tiene el protocolo SKINNY, el 10 % lo tienen los protocolos ISAKMP(Internet Security Association and Key Management Protocol , define los procedimientos para la autenticación entre pares, creación y gestión de asociaciones de seguridad, técnicas de generación de claves), SSL (Secure Socket Layer, proporciona seguridad en la comunicación entre dos hosts) y RTSP (se utiliza para configurar flujos de medios en tiempo real).

Con el 9% de utilización se encuentra el protocolo NTP(Network Time Protocol, se utiliza para sincronizar el reloj de un cliente de red con un servidor), el 8% de peticiones lo tiene el protocolo SSH(Secue Shell, es un reemplazo para programas de shell remoto más antiguos como telnet), el 6% el protocolo HTTP/XML(Utilizado para transferencia de archivos XML sobre http), el 5% el protocolo CAPWAP-Data(Control And Provisioning of Wireless Access Points, utilizado por la controladora de Wireless), con el 4% el protocolo GIOP(Genereal Inter-ORB Protocol, protocolo utilizado típicamente por CORBA), con el 2 % se tienen los protocolos CAPWAP-Control, TLSv1.1 y DHCP(Protocolo de configuración dinámica de Host, es un protocolo cliente / servidor utilizado para asignar dinámicamente parámetros de dirección IP (y otras cosas) a un cliente DHCP).

Grupo 4.- Se considera los protocolos que se encuentran en un rango de utilización de entre 1 y 100 peticiones, estos resultados son mostrados en la tabla 17.

Protocolo	Suma de tipo	Grupo
RTCP	88	4
SIP	83	4
IPA	67	4
DCERPC	61	4
NBSS	60	4
LDAP	57	4
EAPOL	56	4
ICMPv6	54	4
CLDAP	53	4
SMPP	40	4
FTP	36	4
KRB5	31	4
POP	30	4
SRVSVC	26	4

SKINNY/XML	21	4
NBNS	19	4
IMAP	18	4
SSLv3	10	4
OCSP	10	4
DIS	8	4
SMB	8	4
NDPS	7	4
FB_ZERO	7	4
EPM	6	4
IOXIDResolver	6	4
RPC_NETLOGON	6	4
PKIX-CRL	5	4
LSARPC	4	4
CDP	3	4
H1	3	4
ISystemActivator	2	4
BROWSER	1	4
Total Grupo	**886**	

Tabla 17.-Número de Peticiones del grupo 4.

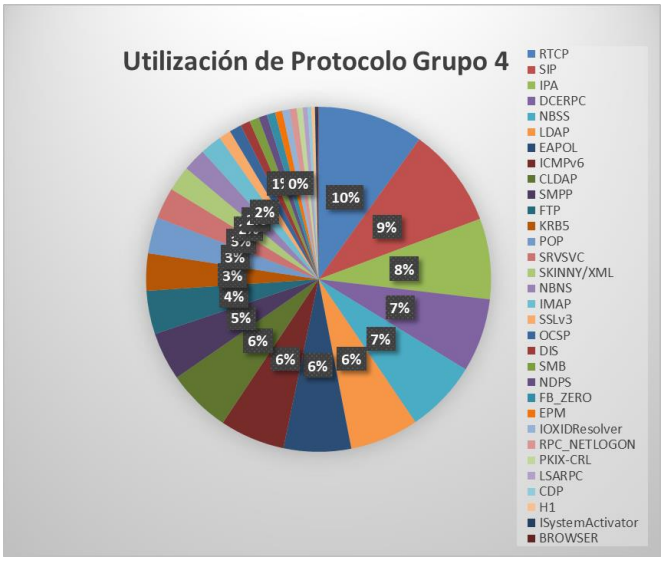


Ilustración 34. Porcentajes de utilización de protocolos de entre 1 y 99 peticiones.

En el grupo 4 se encuentran los protocolos que tienen un rango de peticiones de 1 a 99 lo que no es considerable para el análisis, sin embargo, se muestran los datos de porcentaje de utilización por el número de peticiones descrito en la ilustración 34.

6.3 Análisis de ancho de banda

Una vez determinados los protocolos y aplicaciones que más se utilizan en la red institucional de la entidad, se debe realizar el análisis de ancho de banda que se requiere garantizar a los usuarios con el fin de entregar un óptimo servicio. Para ello se realizará el análisis de utilización de ancho de banda de usuarios de distintas áreas para tener una muestra de utilización del canal.

6.3.1 Análisis de ancho de banda por usuarios

Para determinar el ancho de banda utilizado por usuarios se utiliza el software Networx versión 6.0.3 que permite el uso sin restricciones por un tiempo limitado y que dispone la siguiente interfaz que se muestra en la ilustración 35:

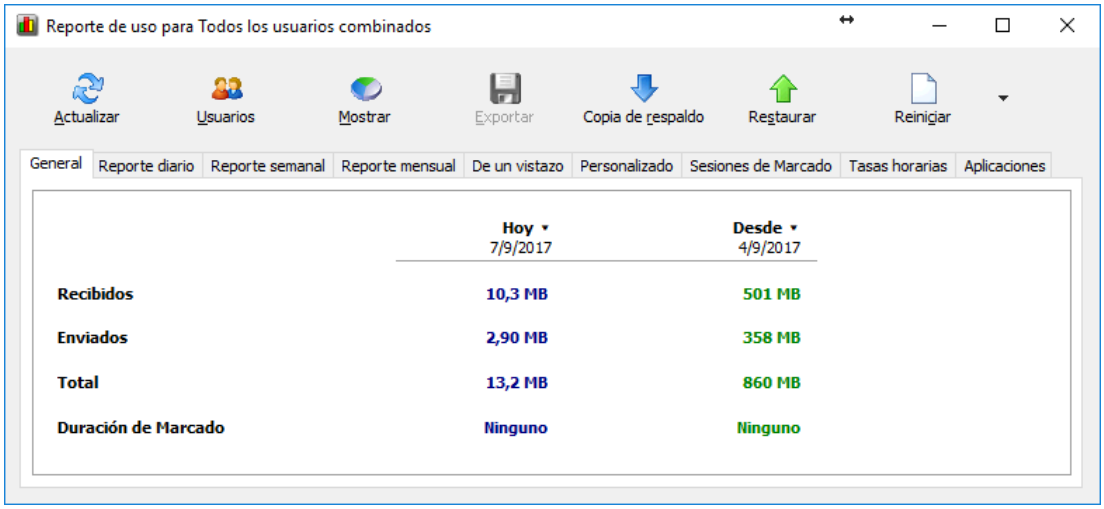


Ilustración 35. Interfaz principal de Networx.

Networx permite realizar el análisis de consumo de ancho de banda de un computador, para ello se debe elegir la tarjeta de red, teniendo la posibilidad de elegir entre Ethernet

y Wireless, dependiendo de la necesidad. Para este caso y en razón del análisis que se está realizando de la red WLAN institucional se ejecuta la aplicación escogiendo la red inalámbrica.

Con el objetivo de medir los resultados de consumo de ancho de banda se instaló la aplicación en 3 usuarios de las áreas con más peticiones y cuyos resultados se analizan a continuación.

6.3.1.1 Análisis de ancho de banda usuario de la Dirección Nacional 1(DN1).

La muestra para el análisis de ancho de banda de usuario del área en mención se realiza los días 05,06 de septiembre, para ello se dispone de los reportes que a continuación se detallan:

- **Reporte Diario de Usuario 1:** La ilustración 36 muestra el consumo de ancho de banda correspondiente al usuario 1 que pertenece a la DN1, en el mismo se puede distinguir que el total de transferencia de información el día 05/09/2017 es de 20 GB y para el 06/09/2017 es de 27,4 con lo que se tiene un promedio de transferencia de información por día de 23,7 GB.

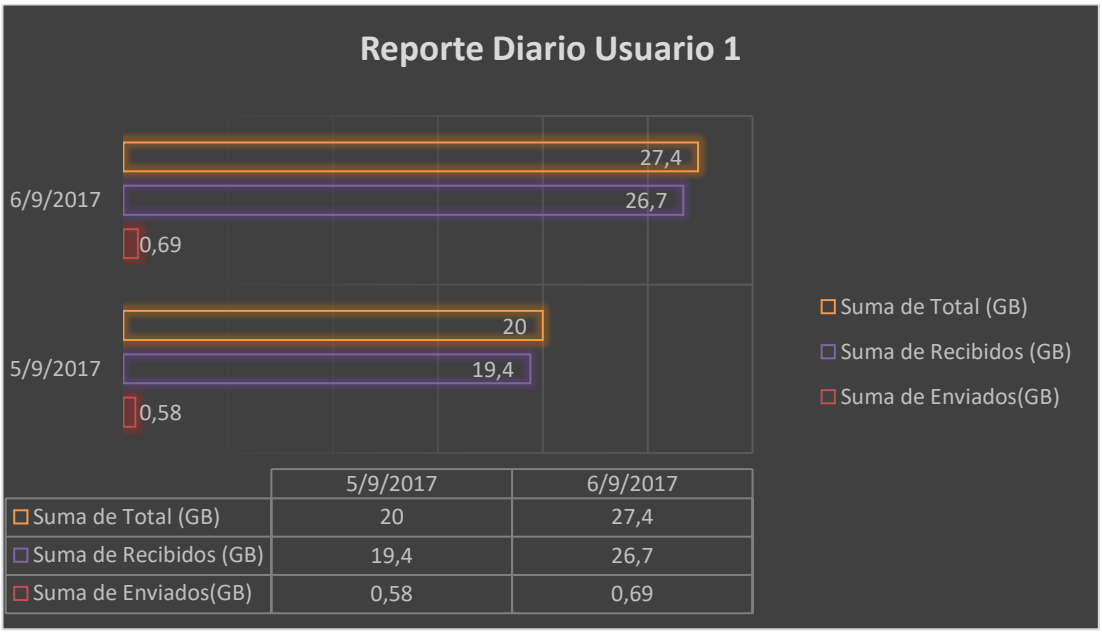


Ilustración 36. Reporte diario Usuario 1.

- **Reporte de tasas horarias de usuario 1 del 05/09/2017:** La ilustración 37 muestra la tasa de transferencia por hora del día 05/09/2017 en donde se evidencia que la mayor utilización de canal está en descarga de archivos, llegando a su consumo más alto de 16 a 17 horas con 1,68 MB/s, teniendo un promedio en la tasa de transferencia en el día de 634,88 KB/s en descarga y 18,23 KB/s en carga.

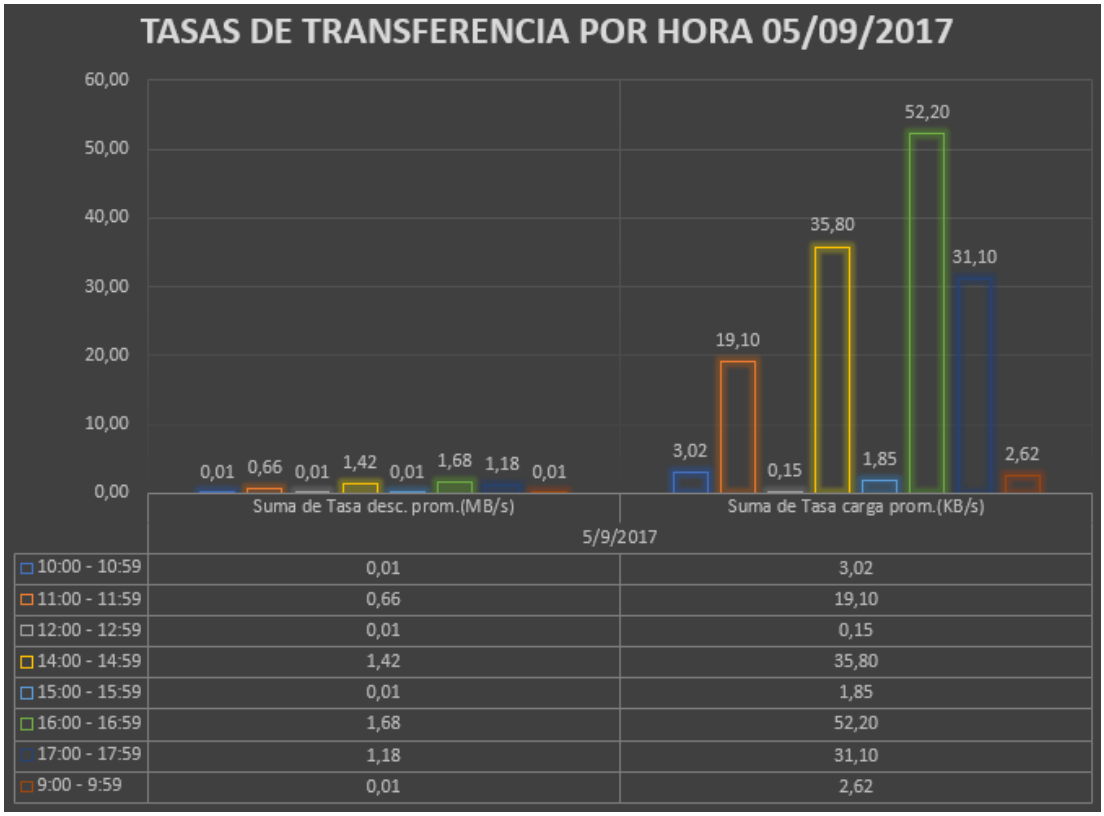
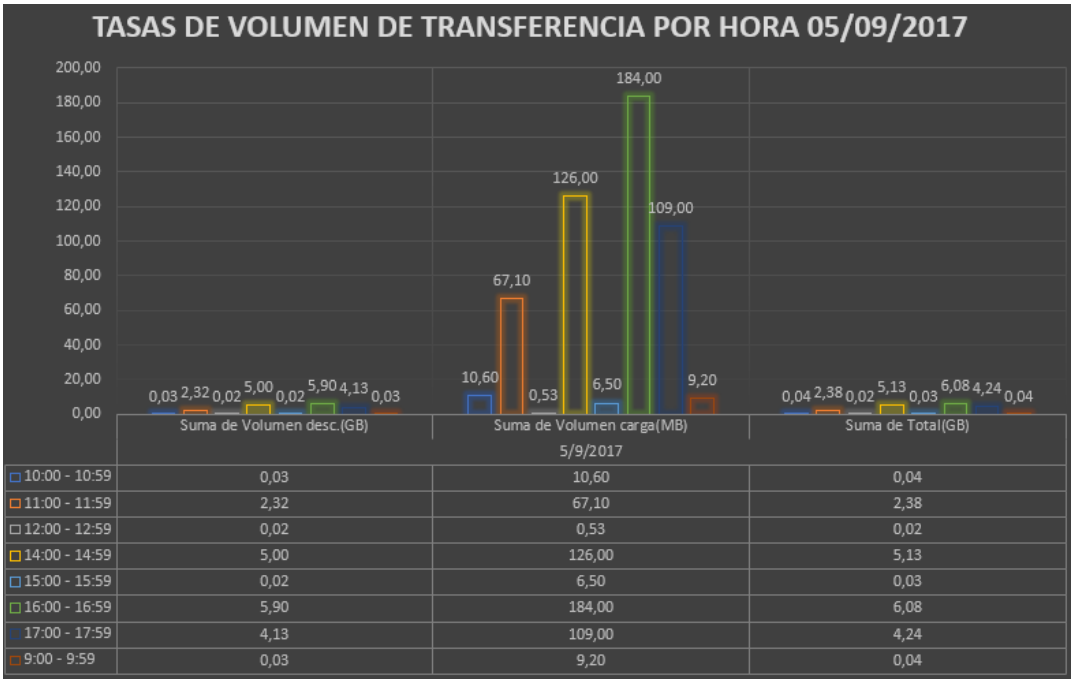


Ilustración 37. Tasa de transferencia por hora del 05/09/2017 usuario1.

- **Reporte de volumen de transferencia de información del usuario 1 en el 05/09/2017:** La ilustración 38 muestra el volumen de transferencia de información por hora del día 05/09/2017 en donde se evidencia que la mayor utilización del canal para transferencia de información en descarga llega a su consumo más alto de 16 a 17 horas con 5,9 GB, cabe indicar que se tiene un promedio total entre carga y descarga de 2,24 GB por hora en el día de análisis.



	Suma de Volumen desc.(GB)	Suma de Volumen carga(MB)	Suma de Total(GB)
	5/9/2017		
10:00 - 10:59	0,03	10,60	0,04
11:00 - 11:59	2,32	67,10	2,38
12:00 - 12:59	0,02	0,53	0,02
14:00 - 14:59	5,00	126,00	5,13
15:00 - 15:59	0,02	6,50	0,03
16:00 - 16:59	5,90	184,00	6,08
17:00 - 17:59	4,13	109,00	4,24
9:00 - 9:59	0,03	9,20	0,04

Ilustración 38. Tasa de volumen de transferencia por hora del 05/09/2017 usuario1.

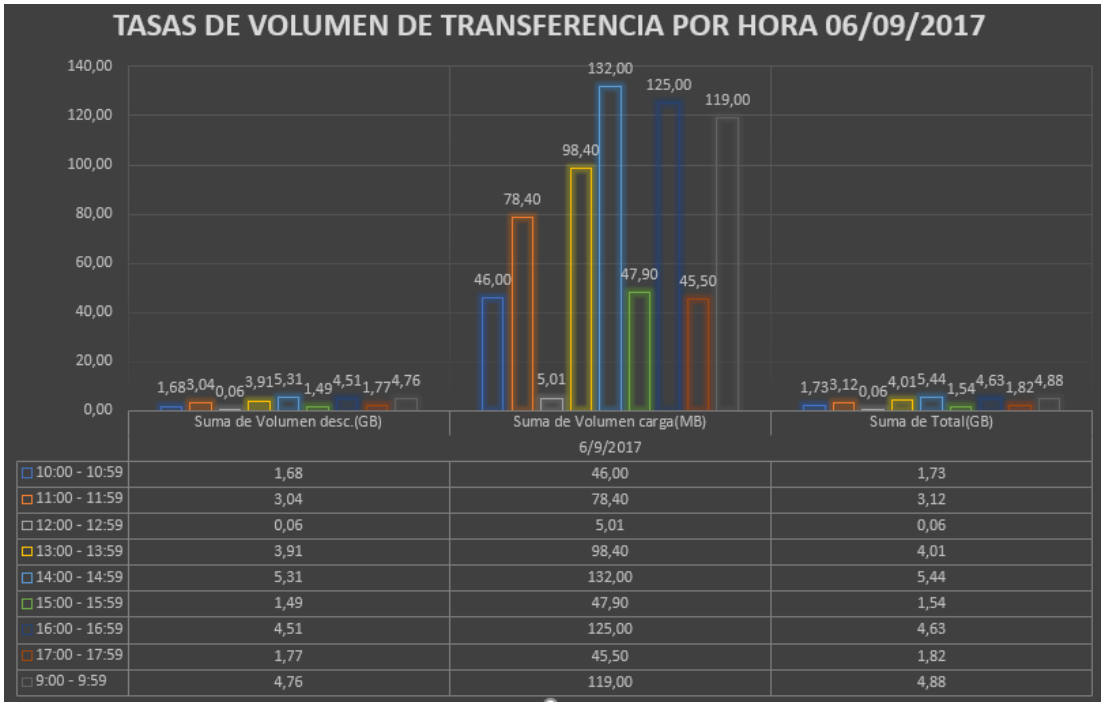
- **Reporte de tasas horarias de usuario 1 del 06/09/2017:** La ilustración 39 muestra la tasa de transferencia por hora del día 06/09/2017 en donde se evidencia que la mayor utilización de canal está en descarga de archivos, llegando a su consumo más alto de 14 a 15 horas con 1,51 MB/s, teniendo un promedio en la tasa de transferencia en el día de 858,96 KB/s en descarga y 22,04 KB/s en carga.



	Suma de Tasa carga prom.(KB/s)	Suma de Tasa desc. prom.(MB/s)
	6/9/2017	
10:00 - 10:59	13,10	0,48
11:00 - 11:59	22,30	0,87
12:00 - 12:59	1,42	0,02
13:00 - 13:59	28,00	1,11
14:00 - 14:59	37,60	1,51
15:00 - 15:59	13,60	0,42
16:00 - 16:59	35,50	1,28
17:00 - 17:59	12,90	0,50
9:00 - 9:59	33,90	1,36

Ilustración 39. Tasa de transferencia por hora del 06/09/2017 usuario1.

- **Reporte de volumen de transferencia de información del usuario 1 en el 06/09/2017:** La ilustración 40 muestra el volumen de transferencia de información por hora del día 06/09/2017 en donde se evidencia que la mayor utilización del canal para transferencia de información en descarga llega a su consumo más alto de 14 a 15 horas con 5,31 GB, cabe indicar que se tiene un promedio total entre carga y descarga de 3,02 GB por hora en el día de análisis.



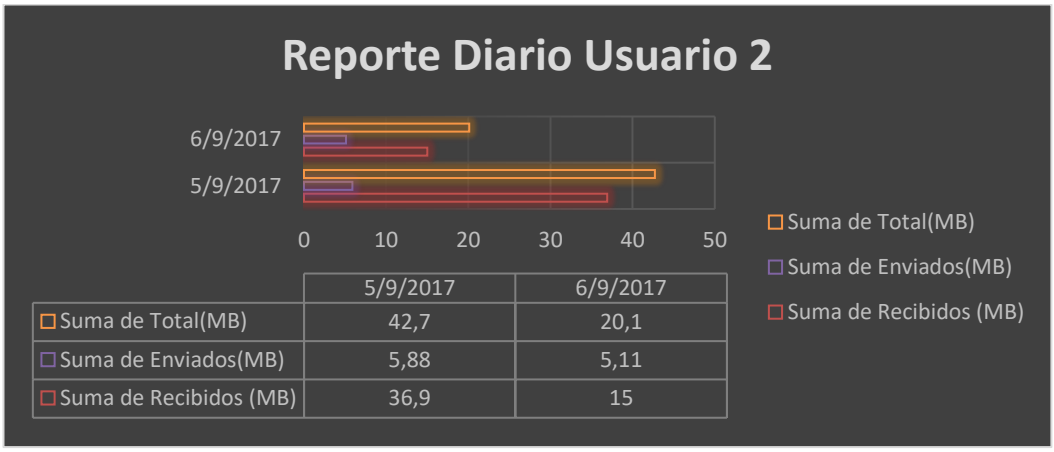
	Suma de Volumen desc.(GB)	Suma de Volumen carga(MB)	Suma de Total(GB)
	6/9/2017		
10:00 - 10:59	1,68	46,00	1,73
11:00 - 11:59	3,04	78,40	3,12
12:00 - 12:59	0,06	5,01	0,06
13:00 - 13:59	3,91	98,40	4,01
14:00 - 14:59	5,31	132,00	5,44
15:00 - 15:59	1,49	47,90	1,54
16:00 - 16:59	4,51	125,00	4,63
17:00 - 17:59	1,77	45,50	1,82
9:00 - 9:59	4,76	119,00	4,88

Ilustración 40. Tasa de volumen de transferencia por hora del 06/09/2017 usuario1.

6.3.1.2 Análisis de ancho de banda usuario de la Dirección Nacional 2 (DN2).

La muestra para el análisis de ancho de banda de usuario del área en mención se realiza los días 05,06 de septiembre de 2017, para ello se dispone de los reportes que a continuación se detallan:

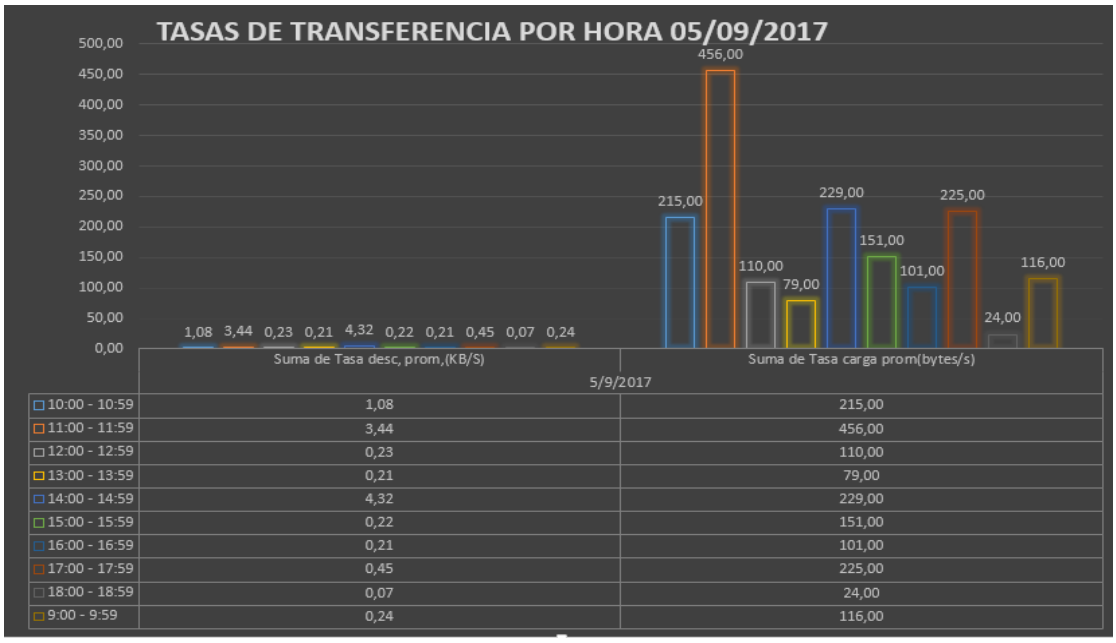
- **Reporte Diario de Usuario 2:** La ilustración 41 muestra el consumo de ancho de banda correspondiente al usuario 1 que pertenece a la DN2, en el mismo se puede distinguir que el total de transferencia de información el día 05/09/2017 en envío y recepción de información es de 47,2 MB y para el 06/09/2017 es de 20,1 MB respectivamente, con lo que se tiene un promedio de transferencia de información por día de 31,4 MB.



	5/9/2017	6/9/2017
Suma de Total(MB)	42,7	20,1
Suma de Enviados(MB)	5,88	5,11
Suma de Recibidos (MB)	36,9	15

Ilustración 41. Reporte diario usuario 2.

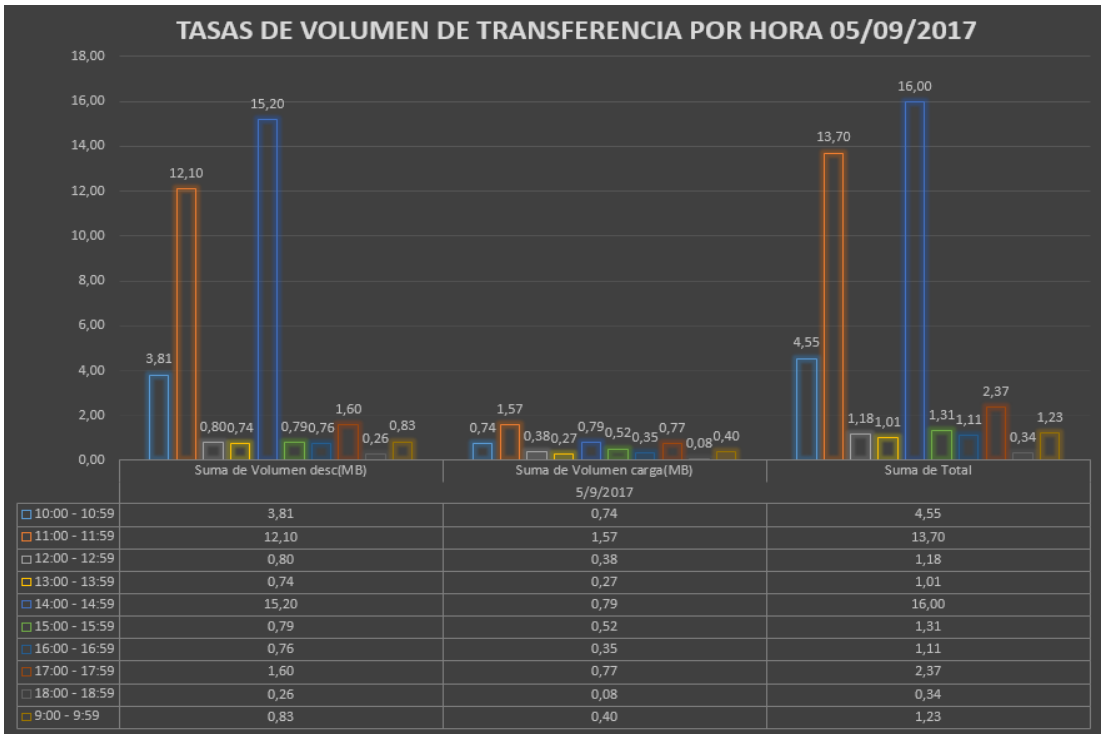
- **Reporte de tasas horarias de usuario 2 del 05/09/2017:** La ilustración 42 muestra la tasa de transferencia por hora del día 05/09/2017 en donde se evidencia que la mayor utilización de canal está en descarga de archivos, llegando a su consumo más alto de 14 a 15 horas con 4,32 KB/s, teniendo un promedio en la tasa de transferencia en el día de 1,05 KB/s en descarga y 170,6 bytes/s en carga.



	Suma de Tasa desc, prom,(KB/S)	Suma de Tasa carga prom(bytes/s)
	5/9/2017	
10:00 - 10:59	1,08	215,00
11:00 - 11:59	3,44	456,00
12:00 - 12:59	0,23	110,00
13:00 - 13:59	0,21	79,00
14:00 - 14:59	4,32	229,00
15:00 - 15:59	0,22	151,00
16:00 - 16:59	0,21	101,00
17:00 - 17:59	0,45	225,00
18:00 - 18:59	0,07	24,00
9:00 - 9:59	0,24	116,00

Ilustración 42. Tasa de transferencia por hora del 05/09/2017 usuario2.

- **Reporte de volumen de transferencia de información del usuario 2 en el 05/09/2017:** La ilustración 43 muestra el volumen de transferencia de información por hora del día 05/09/2017 en donde se evidencia que la mayor utilización del canal para transferencia de información en descarga llega a su consumo más alto de 14 a 15 horas con 15,2 MB, cabe indicar que se tiene un promedio total entre carga y descarga de 4,28 MB por hora en el día de análisis.



5/9/2017	Suma de Volumen desc(MB)	Suma de Volumen carga(MB)	Suma de Total
10:00 - 10:59	3,81	0,74	4,55
11:00 - 11:59	12,10	1,57	13,70
12:00 - 12:59	0,80	0,38	1,18
13:00 - 13:59	0,74	0,27	1,01
14:00 - 14:59	15,20	0,79	16,00
15:00 - 15:59	0,79	0,52	1,31
16:00 - 16:59	0,76	0,35	1,11
17:00 - 17:59	1,60	0,77	2,37
18:00 - 18:59	0,26	0,08	0,34
9:00 - 9:59	0,83	0,40	1,23

Ilustración 43. Tasa de volumen de transferencia por hora del 05/09/2017 usuario2.

- **Reporte de tasas horarias de usuario 2 del 06/09/2017:** La ilustración 44 muestra la tasa de transferencia por hora del día 06/09/2017 en donde se evidencia que la mayor utilización de canal está en descarga de archivos, llegando a su consumo más alto de 9 a 10 AM con 1,54 KB/s, teniendo un promedio en la tasa de transferencia en el día de 0,53 KB/s en descarga y 0,18 KB/s en carga.

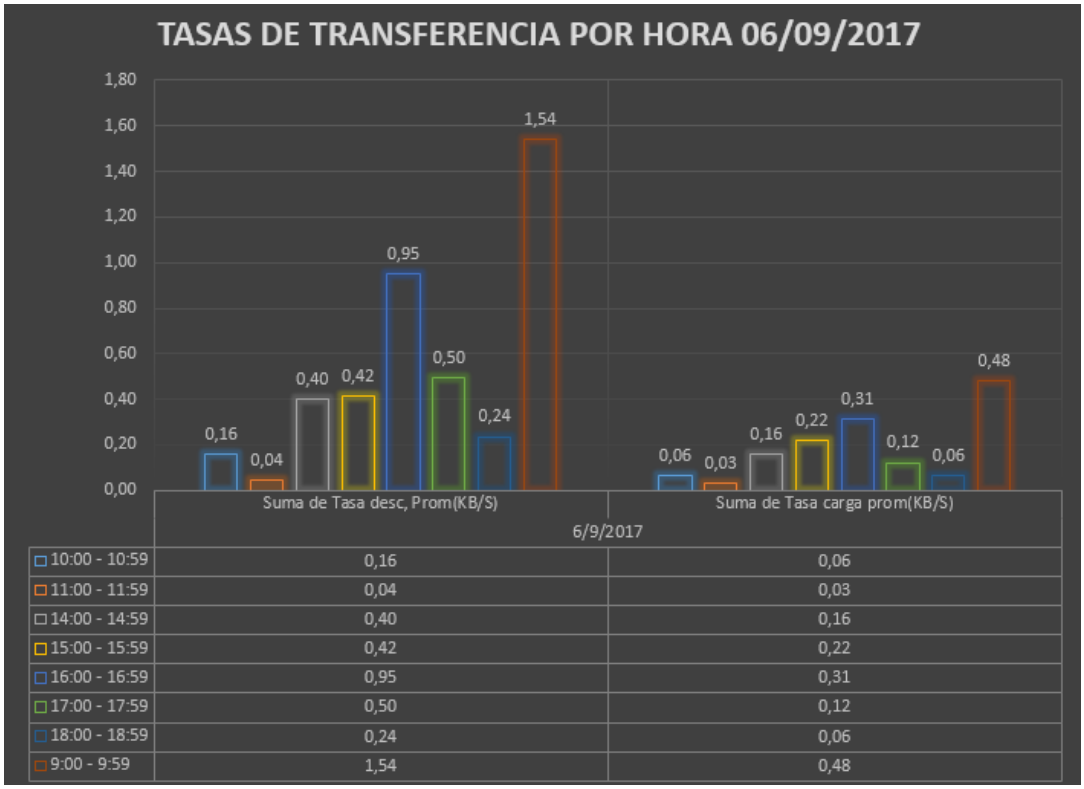
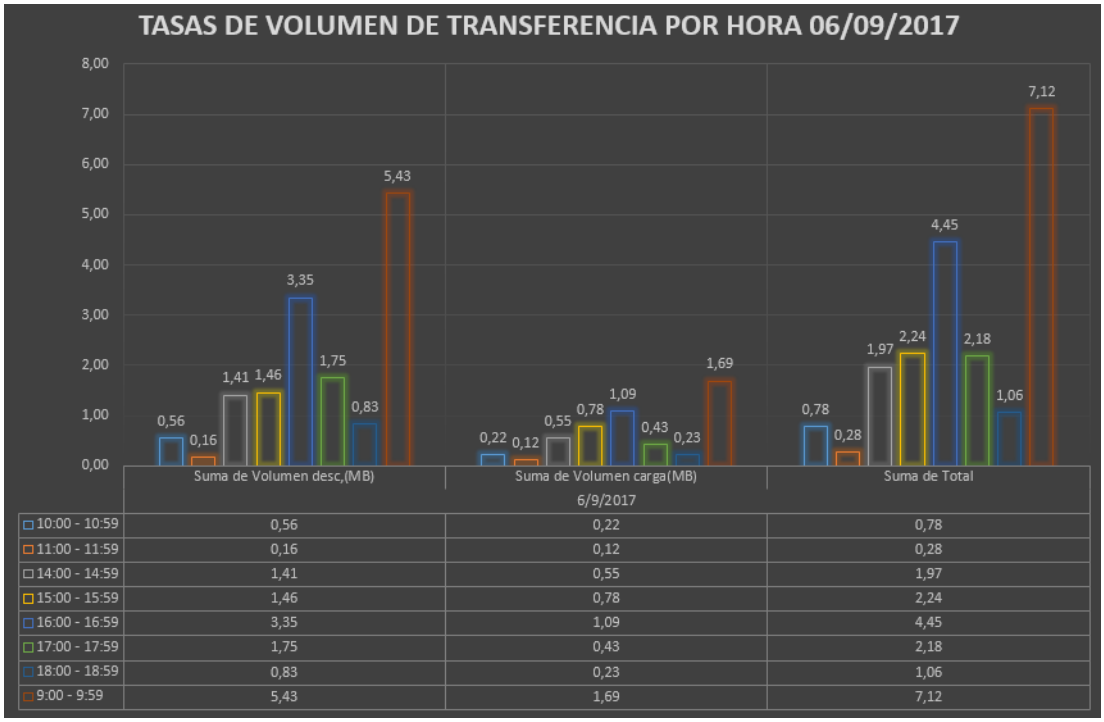


Ilustración 44.Tasa de transferencia por hora del 06/09/2017 usuario2.

- **Reporte de volumen de transferencia de información del usuario 2 del día 06/09/2017:** La ilustración 45 muestra el volumen de transferencia de información por hora del día 06/09/2017 en donde se evidencia que la mayor utilización del canal para transferencia de información en descarga llega a su consumo más alto de 9 a 10 AM con 5,43 MB, cabe indicar que se tiene un promedio total entre carga y descarga de 2,51 MB por hora en el día de análisis.



6/9/2017	Suma de Volumen desc,(MB)	Suma de Volumen carga(MB)	Suma de Total
10:00 - 10:59	0,56	0,22	0,78
11:00 - 11:59	0,16	0,12	0,28
14:00 - 14:59	1,41	0,55	1,97
15:00 - 15:59	1,46	0,78	2,24
16:00 - 16:59	3,35	1,09	4,45
17:00 - 17:59	1,75	0,43	2,18
18:00 - 18:59	0,83	0,23	1,06
9:00 - 9:59	5,43	1,69	7,12

Ilustración 45. Tasa de volumen de transferencia por hora del 06/09/2017 usuario2.

6.3.1.3 Análisis de ancho de banda usuario de la Dirección Nacional 3(DN3).

La muestra para el análisis de ancho de banda de usuario del área en mención se realiza los días 05,06 de septiembre de 2017, para ello se dispone de los reportes que a continuación se detallan:

- **Reporte Diario de Usuario 3:** La ilustración 46 muestra el consumo de ancho de banda correspondiente al usuario 3 que pertenece a la DN3, en el mismo se puede distinguir que el total de transferencia de información el día 05/09/2017 en envío y recepción de información es de 57,9 MB y para el 06/09/2017 es de 161 MB respectivamente, con lo que se tiene un promedio de transferencia de información por día de 109,45 MB.

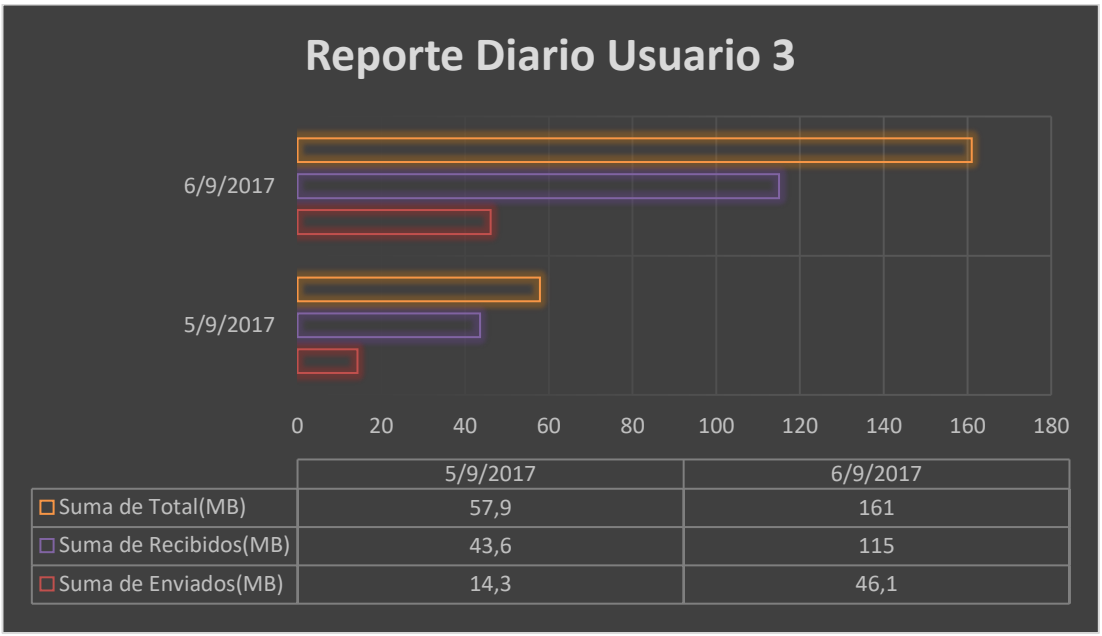


Ilustración 46. Reporte diario usuario 3.

- **Reporte de tasas horarias de usuario 3 del 05/09/2017:** La ilustración 47 muestra la tasa de transferencia por hora del día 05/09/2017 en donde se evidencia que la mayor utilización de canal está en descarga de archivos, llegando a su consumo más alto de 17 a 18 horas con 3,39 KB/s, teniendo un promedio en la tasa de transferencia en el día de 1,22 KB/s en descarga y 0,41 KB/s en carga.

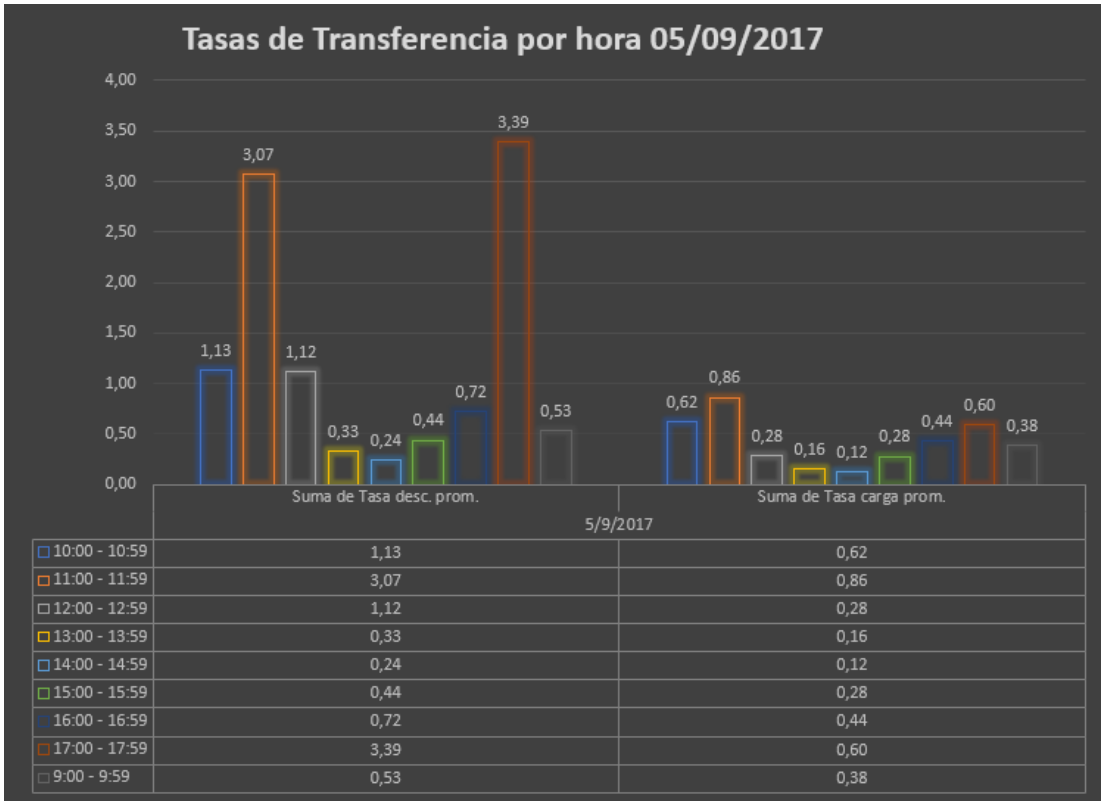
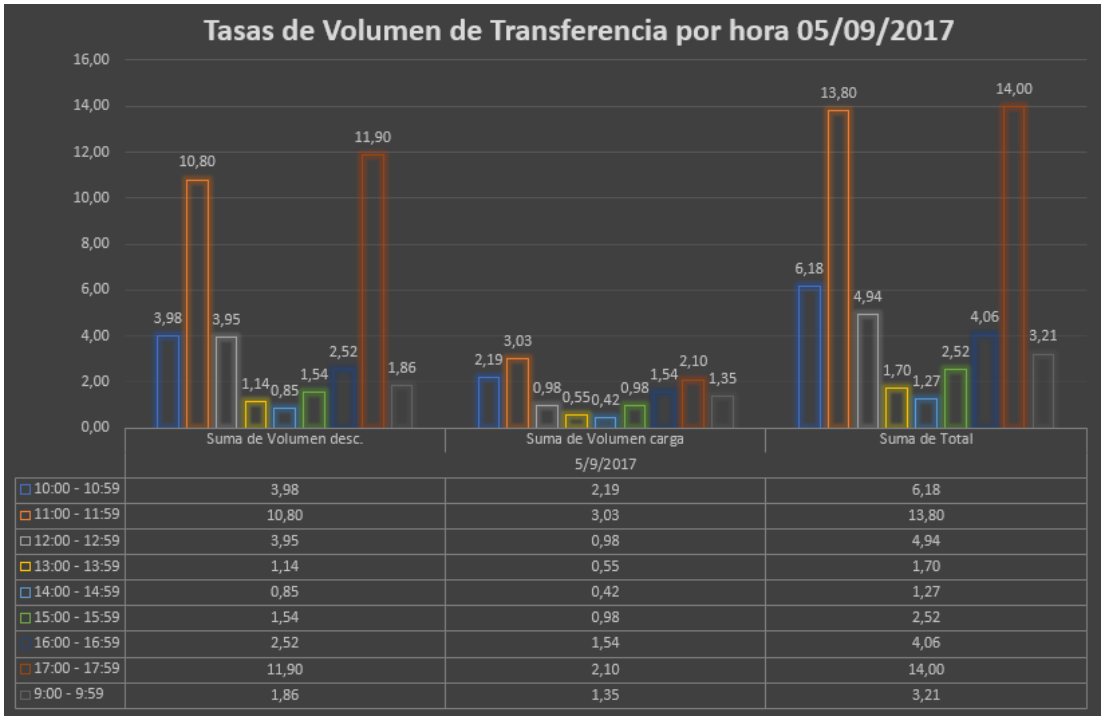


Ilustración 47. Tasa de transferencia por hora del 05/09/2017 usuario3.

- **Reporte de volumen de transferencia de información del usuario 3 en el 05/09/2017:** La ilustración 48 muestra el volumen de transferencia de información por hora del día 05/09/2017 en donde se evidencia que la mayor utilización del canal para transferencia de información en descarga llega a su consumo más alto de 17 a 18 horas con 11,9 MB, cabe indicar que se tiene un promedio total entre carga y descarga de 5,74 MB por hora en el día de análisis.



	Suma de Volumen desc.	Suma de Volumen carga	Suma de Total
5/9/2017			
10:00 - 10:59	3,98	2,19	6,18
11:00 - 11:59	10,80	3,03	13,80
12:00 - 12:59	3,95	0,98	4,94
13:00 - 13:59	1,14	0,55	1,70
14:00 - 14:59	0,85	0,42	1,27
15:00 - 15:59	1,54	0,98	2,52
16:00 - 16:59	2,52	1,54	4,06
17:00 - 17:59	11,90	2,10	14,00
9:00 - 9:59	1,86	1,35	3,21

Ilustración 48. Tasa de volumen de transferencia por hora del 05/09/2017 usuario3.

- **Reporte de tasas horarias de usuario 3 del 06/09/2017:** La ilustración 49 muestra la tasa de transferencia por hora del día 06/09/2017 en donde se evidencia que la mayor utilización de canal está en descarga de archivos, llegando a su consumo más alto de 14 a 15 horas con 7,99 KB/s, teniendo un promedio en la tasa de transferencia en el día de 3,23 KB/s en descarga y 1,32 KB/s en carga.

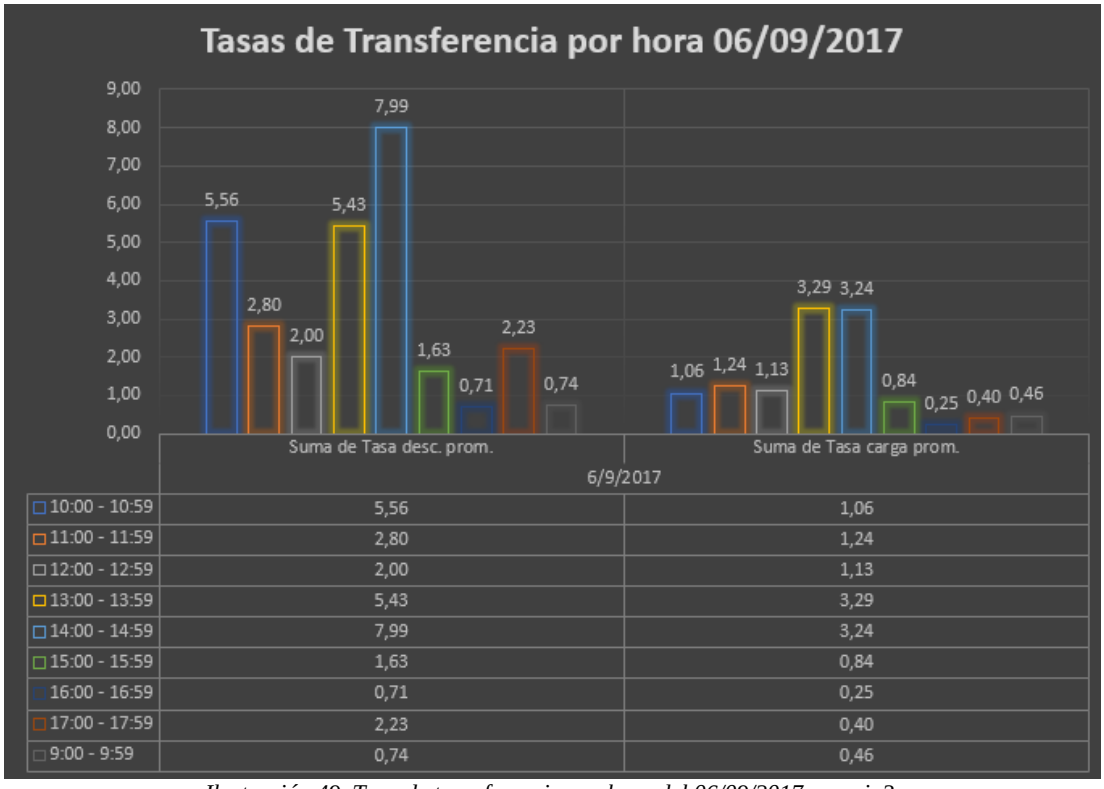
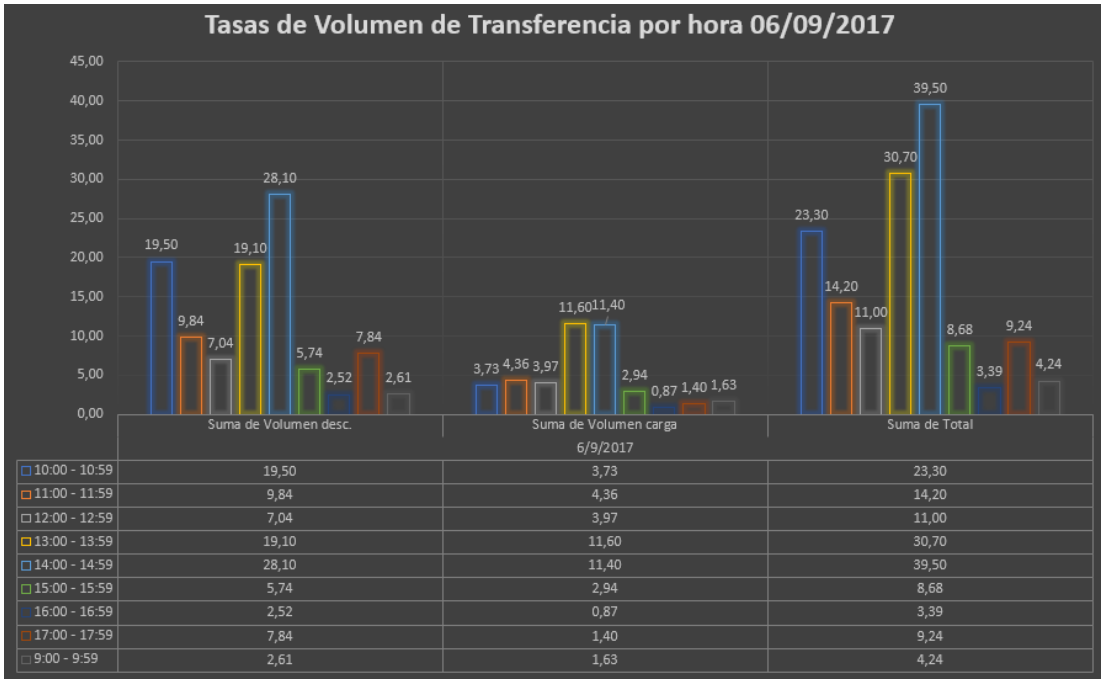


Ilustración 49. Tasa de transferencia por hora del 06/09/2017 usuario3.

- **Reporte de volumen de transferencia de información del usuario 3 del día 06/09/2017:** La ilustración 50 muestra el volumen de transferencia de información por hora del día 06/09/2017 en donde se evidencia que la mayor utilización del canal para transferencia de información en descarga llega a su consumo más alto de 14 a 15 horas con 28.1 MB, cabe indicar que se tiene un promedio total entre carga y descarga de 16,3 MB por hora en el día de análisis.



6/9/2017	Suma de Volumen desc.	Suma de Volumen carga	Suma de Total
10:00 - 10:59	19,50	3,73	23,30
11:00 - 11:59	9,84	4,36	14,20
12:00 - 12:59	7,04	3,97	11,00
13:00 - 13:59	19,10	11,60	30,70
14:00 - 14:59	28,10	11,40	39,50
15:00 - 15:59	5,74	2,94	8,68
16:00 - 16:59	2,52	0,87	3,39
17:00 - 17:59	7,84	1,40	9,24
9:00 - 9:59	2,61	1,63	4,24

Ilustración 50. Tasa de volumen de transferencia por hora del 06/09/2017 usuario3.

6.3.2 Análisis de ancho de banda general

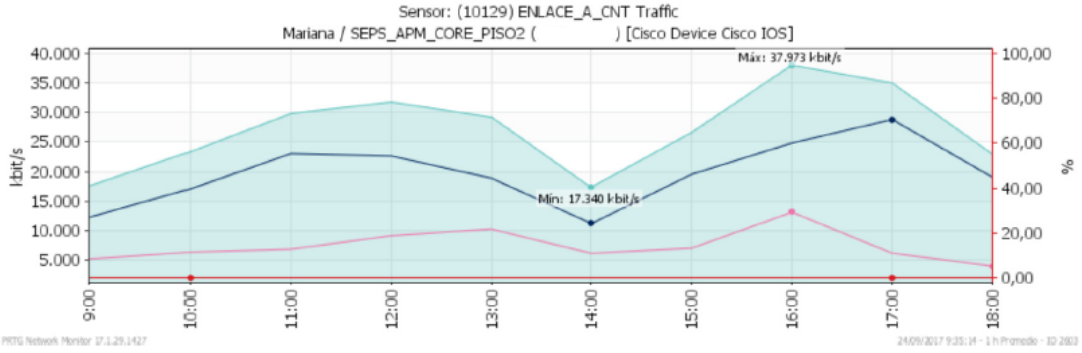
Para definir el ancho de banda que utiliza la institución en su principal localidad se instaló la herramienta libre de PRTG que permite el monitoreo de interfaces de red mediante sensores que ejecutan el protocolo SNMP, bajo esta consideración se realizó el seguimiento de la interfaz del switch de la serie 3560 que se encuentra expuesto a la nube de CNT y por donde fluye todo el tráfico ya sea de peticiones de internet o de servicios de la SEPS.

En este sentido se analiza el comportamiento del tráfico generado por los funcionarios de la SEPS en un día ordinario de labores, tomando como parámetros de generación del informe el horario de 8:00 a 18:00 del día 14/09/2017.

PAESSLER PRTG Network Monitor

Informe para (10129) ENLACE_A_CNT Traffic

Plazo de tiempo de informe:	14/09/2017 8:00:00 - 14/09/2017 18:00:00					
Tipo de sensor:	SNMP trafico 64bit (60 s Intervalo)					
Sonda, grupo, dispositivo:	127.0.0.1 > Mariana > SEPS_APM_CORE_PISO2 ( ) [Cisco Device Cisco IOS]					
Estadísticas de tiempo disponible:	Disponible:	100 %	[9h59m30s]	Fallo:	0 %	[0s]
Estadísticas de petición:	Bueno:	100 %	[600]	Fallo:	0 %	[0]
Promedio (Trafico suma):	27.158 kbit/s					
Total (Trafico suma):	119.337.856 KByte					



Fecha Hora	Trafico suma (volumen)	Trafico suma (velocidad)	Trafico in (volumen)	Trafico in (velocidad)	Trafico out (volumen)	Trafico out (velocidad)	Tiempo de inactividad	Cobertura
Sumas (de 10 valores)	119.337.856 KByte		86.713.708 KByte		32.624.148 KByte			
Promedios (de 10 valores)	11.933.786 KByte	27.158 kbit/s	8.671.371 KByte	19.734 kbit/s	3.262.415 KByte	7.424 kbit/s	0 %	100 %

Fecha Hora	Trafico suma (volumen)	Trafico suma (velocidad)	Trafico in (volumen)	Trafico in (velocidad)	Trafico out (volumen)	Trafico out (velocidad)	Tiempo de inactividad	Cobertura
14/09/2017 8:00:00 – 9:00:00	7.728.382 KByte	17.443 kbit/s	5.425.760 KByte	12.246 kbit/s	2.302.622 KByte	5.197 kbit/s	0 %	100 %
14/09/2017 9:00:00 – 10:00:00	10.273.555 KByte	23.380 kbit/s	7.492.679 KByte	17.051 kbit/s	2.780.876 KByte	6.328 kbit/s	0 %	100 %
14/09/2017 10:00:00 – 11:00:00	13.140.299 KByte	29.904 kbit/s	10.130.871 KByte	23.055 kbit/s	3.009.428 KByte	6.849 kbit/s	0 %	100 %
14/09/2017 11:00:00 – 12:00:00	13.973.496 KByte	31.800 kbit/s	9.959.745 KByte	22.666 kbit/s	4.013.751 KByte	9.134 kbit/s	0 %	100 %
14/09/2017 12:00:00 – 13:00:00	12.813.134 KByte	29.159 kbit/s	8.303.282 KByte	18.896 kbit/s	4.509.852 KByte	10.263 kbit/s	0 %	100 %
14/09/2017 13:00:00 – 14:00:00	7.619.722 KByte	17.340 kbit/s	4.922.097 KByte	11.201 kbit/s	2.697.625 KByte	6.139 kbit/s	0 %	100 %
14/09/2017 14:00:00 – 15:00:00	11.684.722 KByte	26.591 kbit/s	8.594.012 KByte	19.558 kbit/s	3.090.710 KByte	7.034 kbit/s	0 %	100 %
14/09/2017 15:00:00 – 16:00:00	16.685.961 KByte	37.973 kbit/s	10.919.181 KByte	24.849 kbit/s	5.766.781 KByte	13.124 kbit/s	0 %	100 %
14/09/2017 16:00:00 – 17:00:00	15.377.826 KByte	34.996 kbit/s	12.669.325 KByte	28.832 kbit/s	2.708.502 KByte	6.164 kbit/s	0 %	100 %
14/09/2017 17:00:00 – 18:00:00	10.040.758 KByte	23.042 kbit/s	8.296.755 KByte	19.040 kbit/s	1.744.003 KByte	4.002 kbit/s	0 %	99 %

HISTORIA DE ESTADO DE SENSOR

Estado	Fecha Hora	
Desconocido	14/09/2017 8:00:00 – 14/09/2017 8:00:30	(=30 s)
Disponible	14/09/2017 8:00:30 – 14/09/2017 18:00:00	(=9 h 59 m)

Ilustración 51. Análisis de tráfico promedio de un día.

La Ilustración 51 muestra el comportamiento del enlace de datos de la dependencia principal de la institución, en donde se puede apreciar que la velocidad de transferencia media por hora es de 27.158 kbit/s con un volumen de tráfico promedio de 11.933.786 Kbyte es decir 11 Gbyte por hora.

Se debe indicar que el direccionamiento IP y las etiquetas de interfaces utilizadas para este análisis fueron cambiadas para no comprometer la seguridad de la información.

7. ANÁLISIS DE COBERTURA

La institución cuenta con una infraestructura de Red Inalámbrica compuesta por switch de distribución y acceso, puntos de acceso (AP) y controladora de red inalámbrica (WLC), bajo esta premisa es necesario describir la arquitectura lógica de la red inalámbrica (WLAN) mostrada en la ilustración 52:

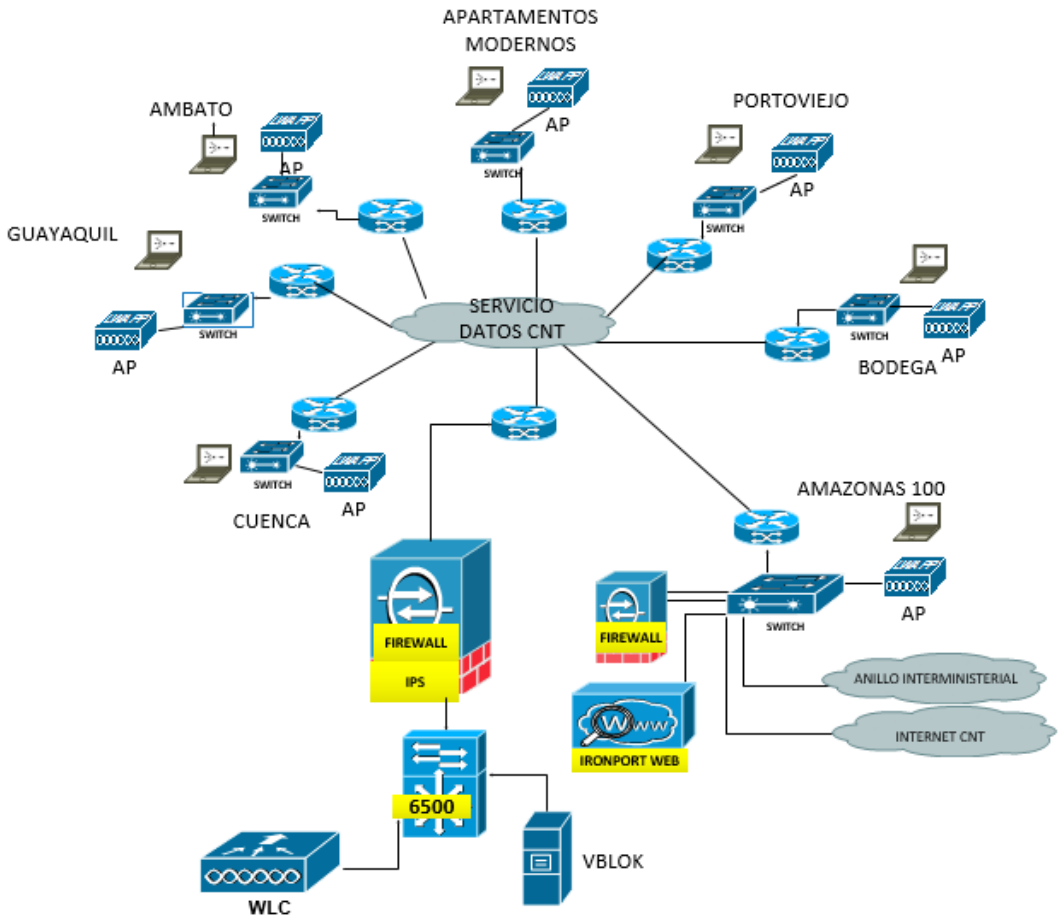


Ilustración 52.Arquitectura de red inalámbrica.

La controladora de red inalámbrica institucional se encuentra instalada en un switch cisco de la serie 6500 como una tarjeta física del mismo, este equipamiento se encuentra funcionando en la infraestructura tecnológica de la entidad alojada en el

centro de datos de CNT, el cual está determinado como centro tecnológico de comunicaciones de la institución.

Cada una de las dependencias e intendencias zonales de la institución está compuesta por un switch de distribución en donde se encuentran configurados grupos de DHCP que entregan las direccione IP a los equipos terminales, tanto pc, como laptops de usuarios finales. Estos switch de distribución son cisco de la serie 3500 con todos los puertos POE (Power over ethernet) que brindan independencia energética tanto a los puntos de acceso (AP) como a los teléfonos IP, es importante indicar que al ser toda la infraestructura de la misma marca se dispone de compatibilidad total en la administración de la solución de red inalámbrica.

La red WLAN está compuesta por los siguientes componentes tecnológicos:

- WLC o controladora de red inalámbrica cisco modelo WS-SVC-WISM2-K9
- switch catalysy 3509 con puertos POE
- Puntos de acceso inalámbricos cisco de las AIR-CAP2702E-A-K9, AIR-CAP2602E-A-K9, AIR-CAP3501E-A-K9 cuyas especificaciones técnicas se muestran en el ANEXO 1.

7.1 Site survey utilizando software ekahau

Ekahau Site Survey es una herramienta de mantenimiento y diseño de redes Wi-Fi, que permite planificar y crear redes WLAN de acuerdo a requisitos de rendimiento y capacidad, la interfaz principal se muestra en la ilustración 53.

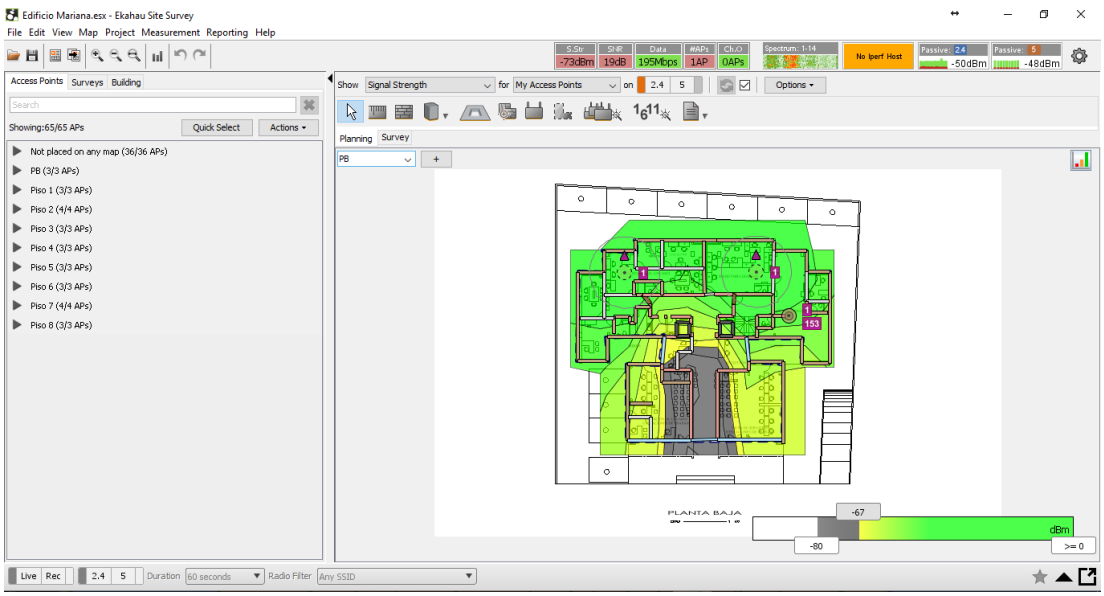


Ilustración 53.Interfaz principal de Ekahau.

7.2 ANÁLISIS DE COBERTURA WLAN SEDE PRINCIPAL DE LA INSTITUCIÓN

La sede principal de la institución donde se concentra la mayor cantidad de funcionarios se encuentra en la Av. Amazonas y Marinada de Jesús en Quito, en estas oficinas se encuentra el 70% de los usuarios que disponen de equipos portátiles y por ende hacen uso de la red inalámbrica.

El edificio dispone de 9 plantas donde se distribuyen los distintos departamentos administrativos de la entidad, con esta premisa se procede a realizar el análisis de cobertura de los distintos pisos.

7.3 Distribución de puntos de acceso por piso.

En cada uno de los pisos administrativos de la entidad se encuentran distribuidos de 2 a 4 puntos de acceso para dotar a los usuarios de red inalámbrica WLAN, en este sentido las ilustraciones de 54-62 indican gráficamente dicha distribución.



Ilustración 54.Distribución AP de PB.

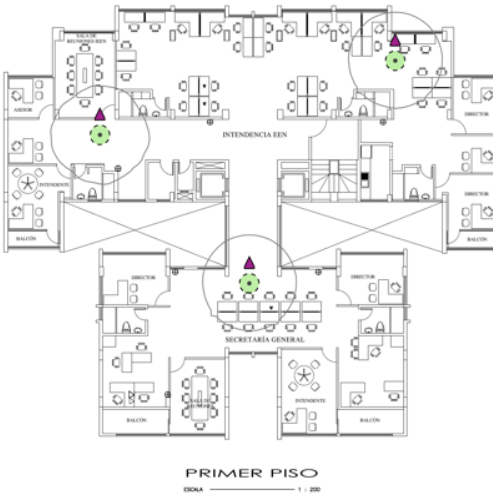


Ilustración 55.Distribución AP de P1.

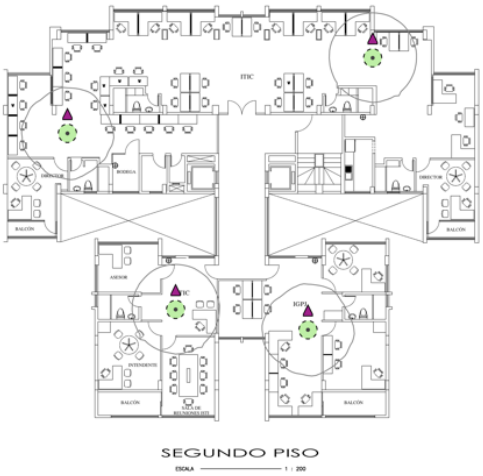


Ilustración 56.Distribución AP de P2.

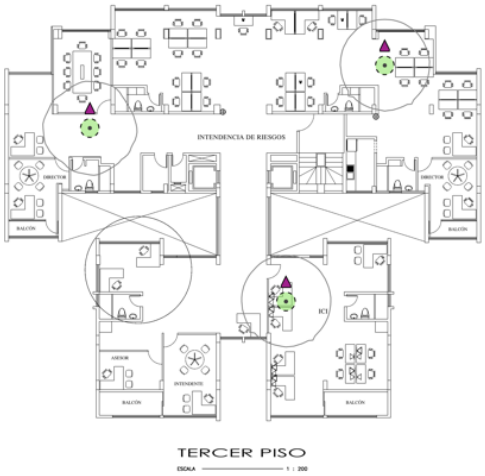


Ilustración 57.Distribución AP de P3.



Ilustración 58.Distribución AP de P4.

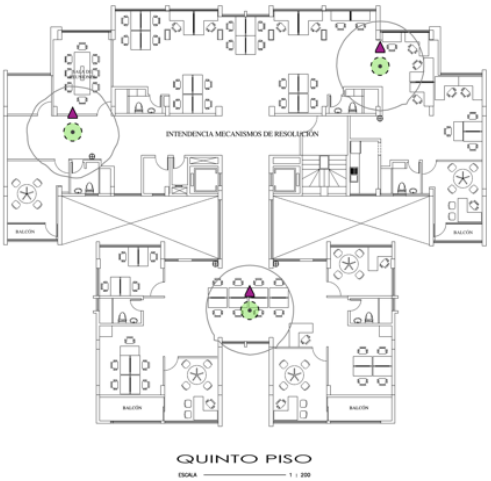


Ilustración 59.Distribución AP de P5.

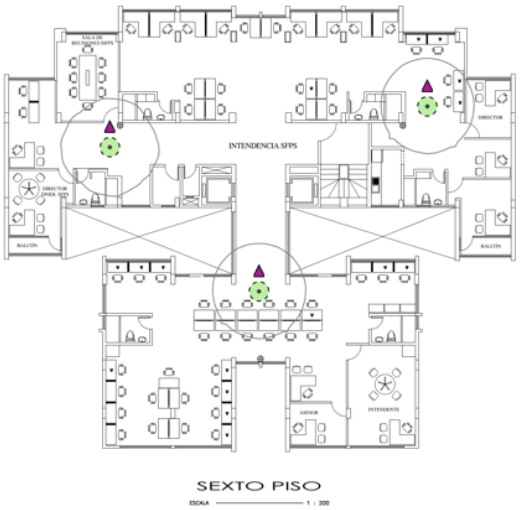


Ilustración 60.Distribución AP de P6.



Ilustración 61.Distribución AP de P7.

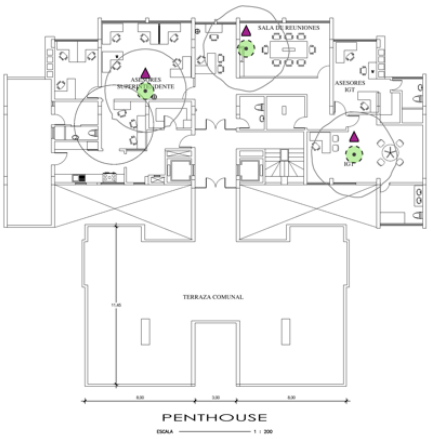


Ilustración 62.Distribución AP de P8.

7.4 Intensidad de la señal por piso en la banda de 2.4 GHz.

La intensidad de la señal más conocida como cobertura es el requisito más básico para una red inalámbrica. Como regla general, la baja intensidad de la señal significa que las conexiones son poco fiables y tienen un bajo rendimiento de datos, Ekahau muestra en las ilustraciones 63-71 la cobertura de los puntos de acceso distribuidos por piso.



Ilustración 63.Cobertura de AP en piso PB.

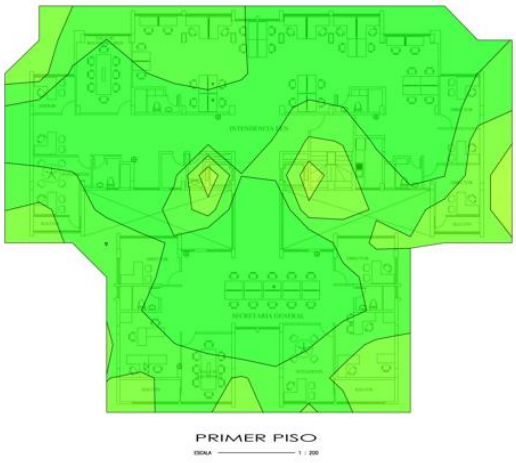


Ilustración 64.Cobertura de AP en piso P1.

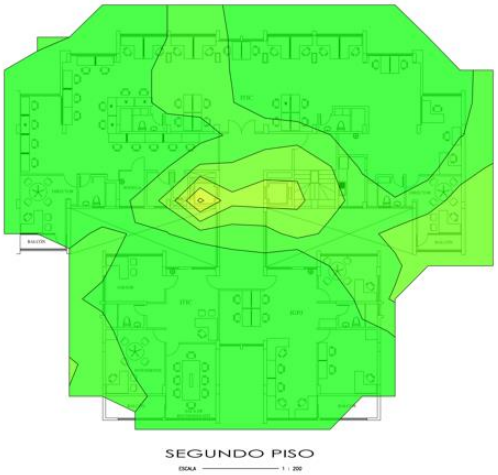


Ilustración 65.Cobertura de AP en piso P2.

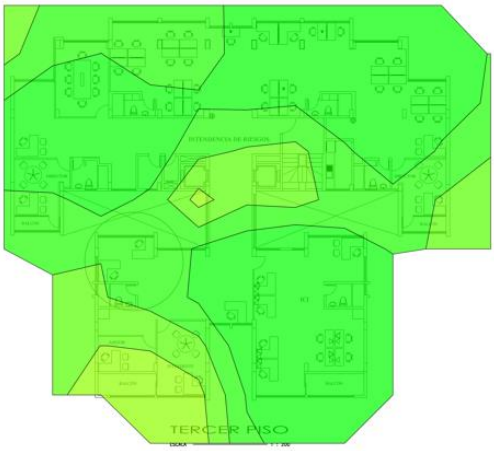


Ilustración 66.Cobertura de AP en piso P3.

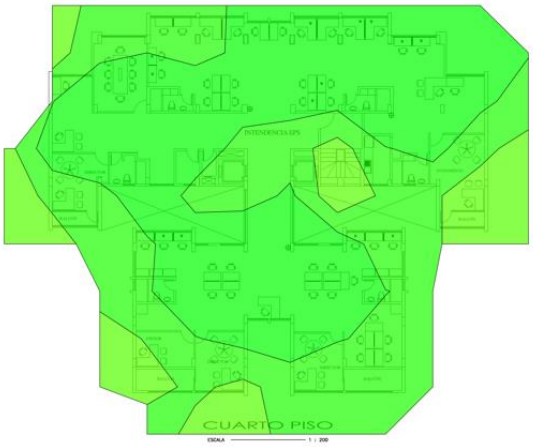


Ilustración 67.Cobertura de AP en piso P4.

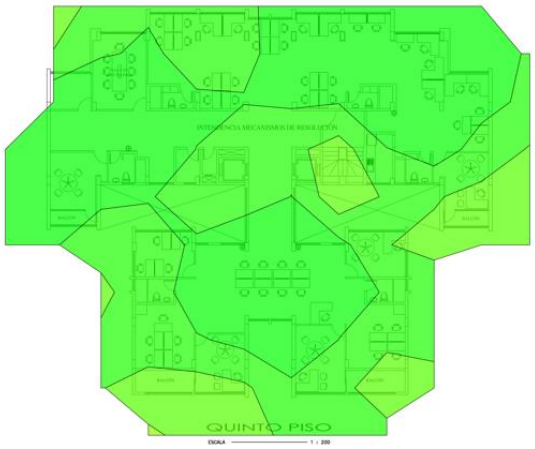


Ilustración 68.Cobertura de AP en piso P5.



Ilustración 69.Cobertura de AP en piso P6.

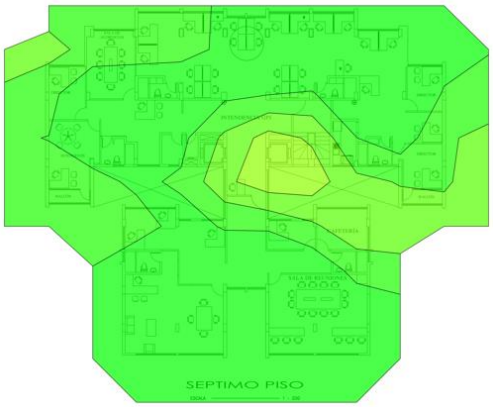


Ilustración 70.Cobertura de AP en piso P7.

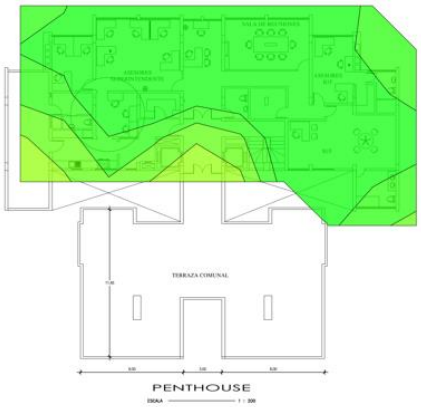


Ilustración 71.Cobertura de AP en piso P8.

La medida de intensidad de la señal está dada en dBm o decibelio-milivatio. El dBm es una unidad de medida de potencia expresada en decibelios (dB) relativa a 1 milivatio (mW). Puesto que la referencia es siempre la misma, es una unidad absoluta.

- dBm =10 * log(P)

Donde P es una potencia expresada en mW. Si se dispone de un AP que emite 100mW, el resultado será:

- dBm =10 * log(100) = 10 * 2 = 20

Así se puede indicar que la señal emitida por este AP es de 20 dBm. Por otro lado, si el dispositivo cliente recibe una señal de tan solo 0,00001 mW, la referencia en dBm es la siguiente:

- dBm =10 * log(0,00001) = 10 * -5 = -50

Se puede observar que la señal recibida es de -50 dBm. En el caso de la medición realizada para determinar la cobertura en los distintos pisos administrativos de la SEPS nos muestra un nivel de intensidad de acuerdo a la ilustración 72.



Ilustración 72.Mapa de color para nivel de cobertura

7.5 Relación señal / ruido (SNR) en la banda de 2,4 GHz.

La Relación Señal-Ruido indica en cuánto la intensidad de la señal es más fuerte que el ruido (interferencia co-canal). La señal debe ser más fuerte que el ruido (SNR mayor que cero) para que la transferencia de datos sea posible. Si la señal es apenas más fuerte que el ruido, es más probable que se presenten perdidas ocasionales de la conexión. En las ilustraciones 73-81 se muestra la gráfica de color que indica la intensidad de la señal con respecto al ruido de cada uno de los pisos administrativos de la institución.



Ilustración 73.Relación S/R para piso PB

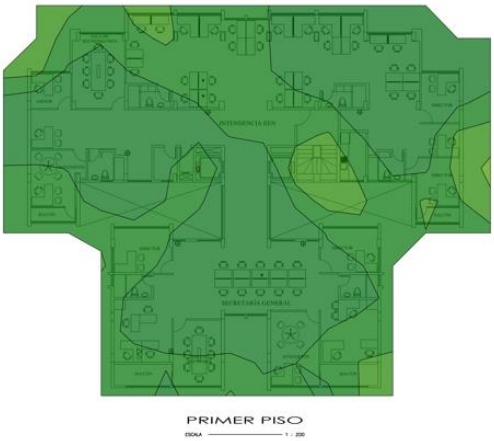


Ilustración 74.Relación S/R para piso P1

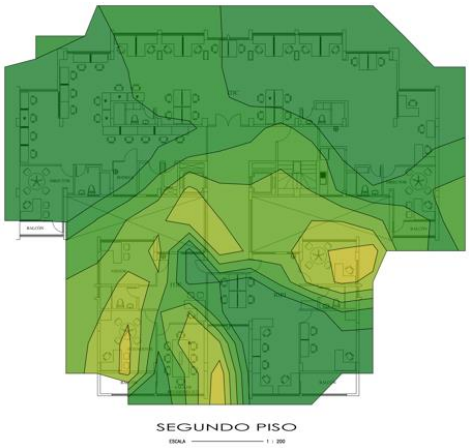


Ilustración 75.Relación S/R para piso P2

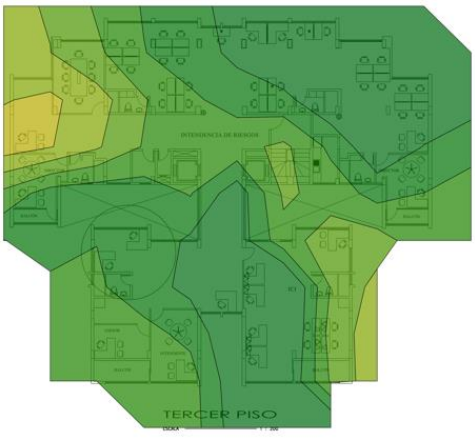


Ilustración 76.Relación S/R para piso P3

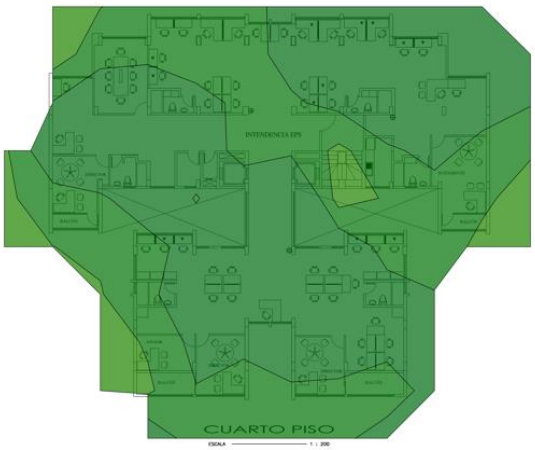


Ilustración 77.Relación S/R para piso P4

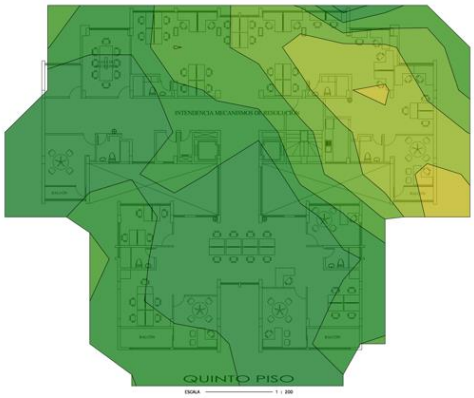


Ilustración 78.Relación S/R para piso P5

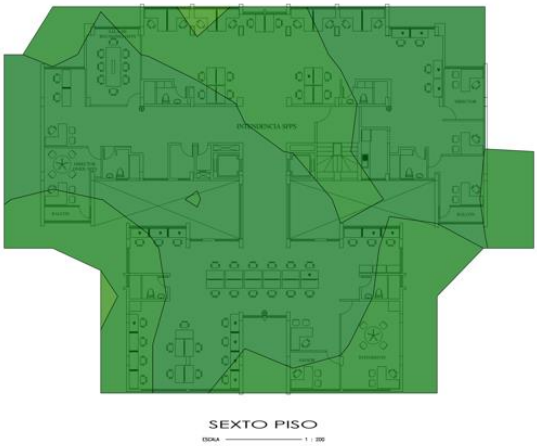


Ilustración 79.Relación S/R para piso P6

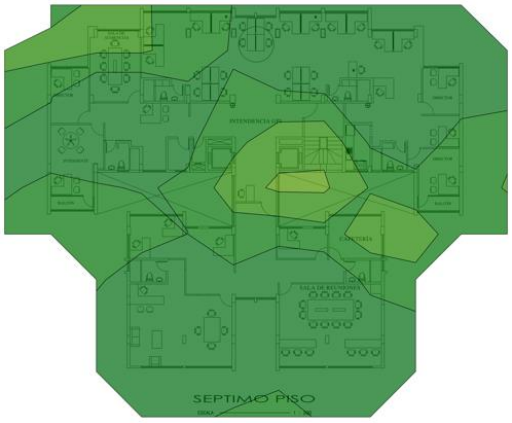


Ilustración 80.Relación S/R para piso P7

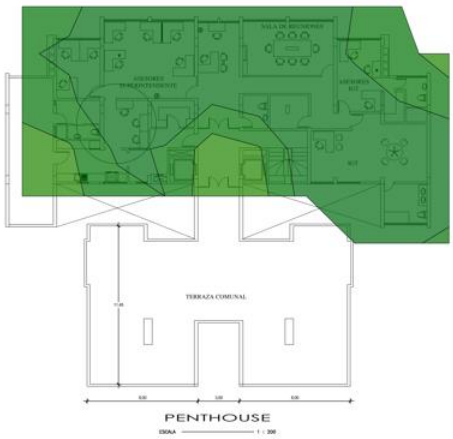


Ilustración 81.Relación S/R para piso P8

La relación señal/ruido (SNR) es un parámetro fundamental para la caracterización del desempeño de un enlace inalámbrico. La potencia recibida de señal depende de la potencia transmitida y de la atenuación de trayecto entre transmisor y receptor. La potencia de ruido consiste del aporte del receptor mismo y del ruido (externo) recibido a través de la antena. Normalmente el ruido dominante es el del propio receptor, aunque hay casos en que el factor relevante es el aporte de otros usuarios de la misma banda de frecuencia. En estos casos generalmente no se habla de ruido sino de "interferencia". En la ilustración 82 se muestra el mapa de color para el nivel de intensidad de la señal con respecto al ruido.



Ilustración 82.Mapa de color para nivel de intensidad de señal con respecto al ruido.

7.6 Superposición de canales.

La superposición de canales indica el número de puntos de acceso audibles en cada ubicación en un solo canal. En las ilustraciones 83-91 se muestra los gráficos de color que identifica la superposición de canales por cada piso del edificio de la entidad.



Ilustración 83.Superposición de canales en PB

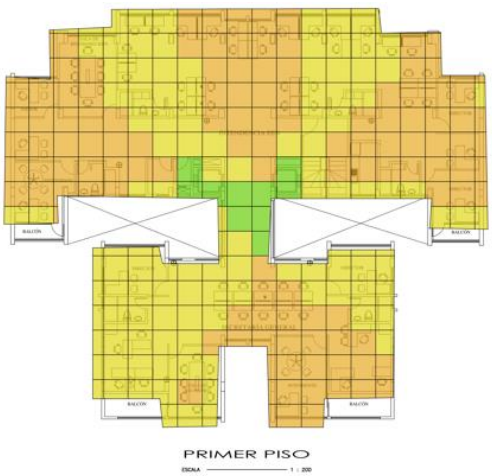


Ilustración 84.Superposición de canales en P1

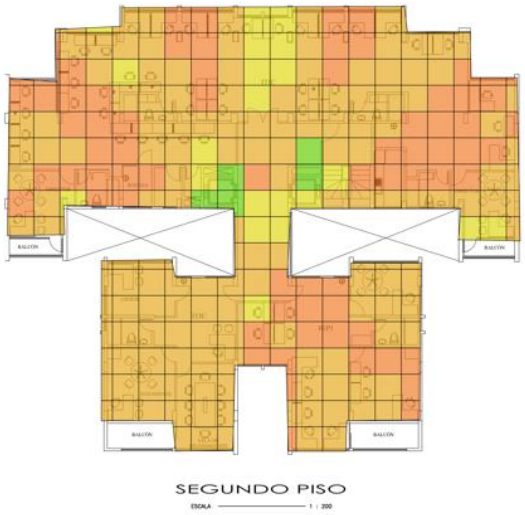


Ilustración 85.Superposición de canales en P2

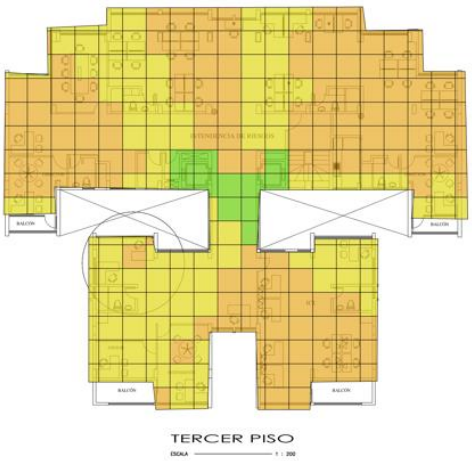


Ilustración 86.Superposición de canales en P3

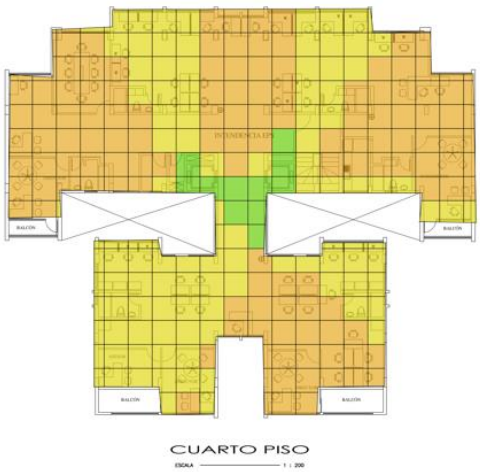


Ilustración 87.Superposición de canales en P4

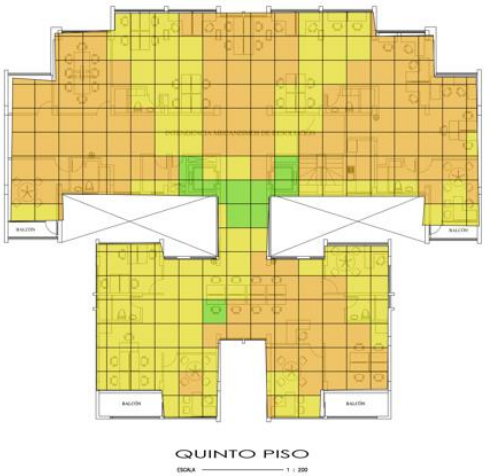


Ilustración 88.Superposición de canales en P5

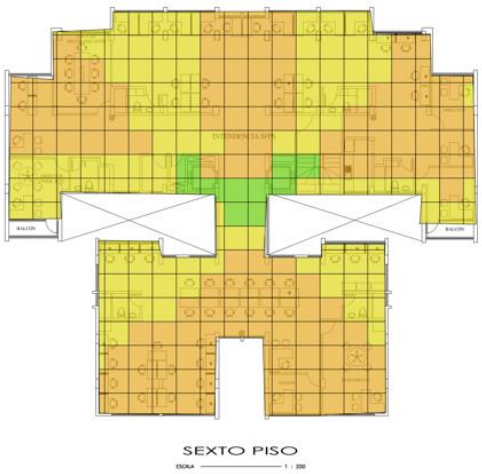


Ilustración 89.Superposición de canales en P6

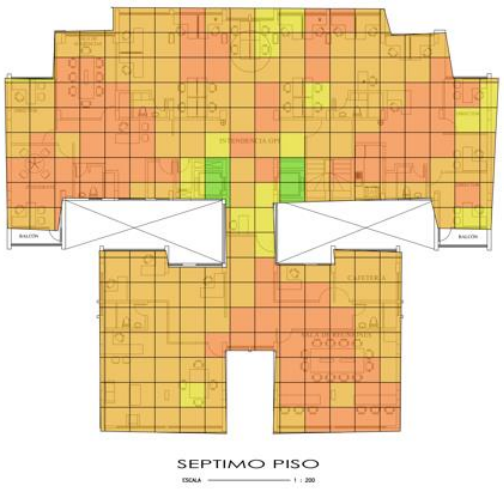


Ilustración 90.Superposición de canales en P7

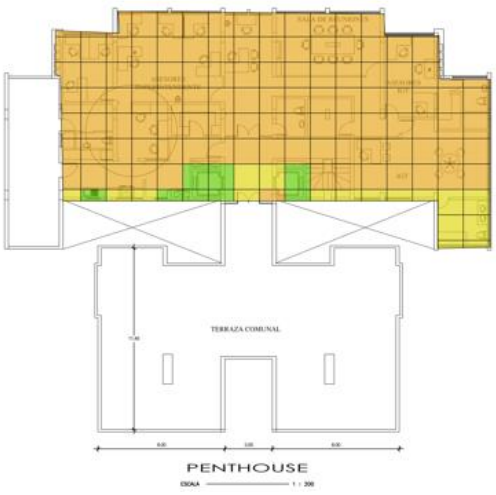


Ilustración 91.Superposición de canales en P8

La superposición de canales es nula cuando el nivel de color se aproxima a verde es decir cuando es menor que 6, este indicador de color se muestra en la ilustración 92.



Ilustración 92.Mapa de color para nivel de superposición de canales.

7.7 Velocidad de transferencia de datos.

Tasa o velocidad de datos como su nombre lo indica es la velocidad más alta posible medida en megabits por segundo (Mb/s) en la que los dispositivos inalámbricos estarán transmitiendo datos. Normalmente, el rendimiento real de datos es aproximadamente la mitad de la velocidad de datos o menos.

En las ilustraciones 93-101 se muestra el mapa de color donde se puede evidenciar la velocidad de transmisión más alta posible que puede alcanzar un dispositivo en el rango de los 2,4 GHz; medido en cada uno de los pisos del edificio de la institución.

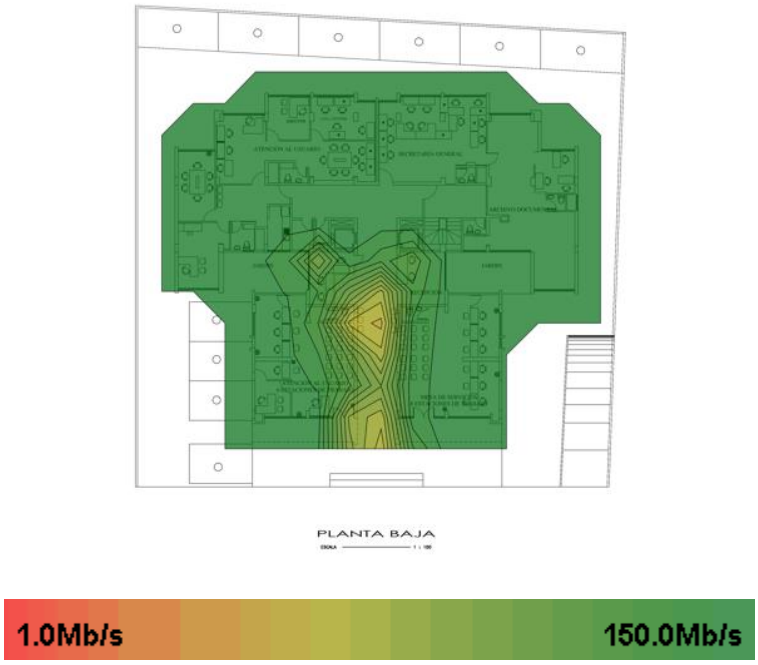


Ilustración 93.Mapa de color para velocidad de transferencia de datos PB.

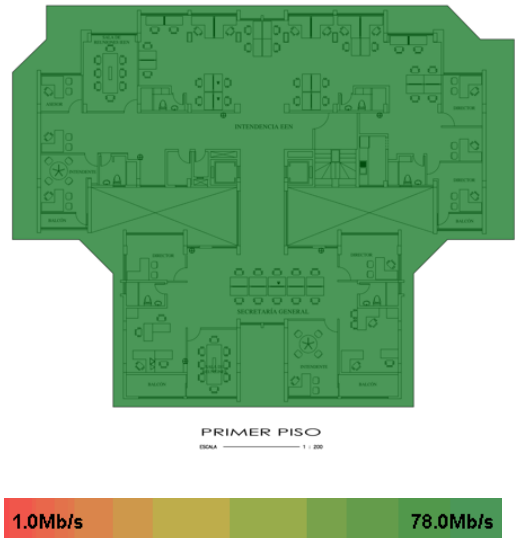


Ilustración 94.Mapa de color para velocidad de transferencia de datos P1.

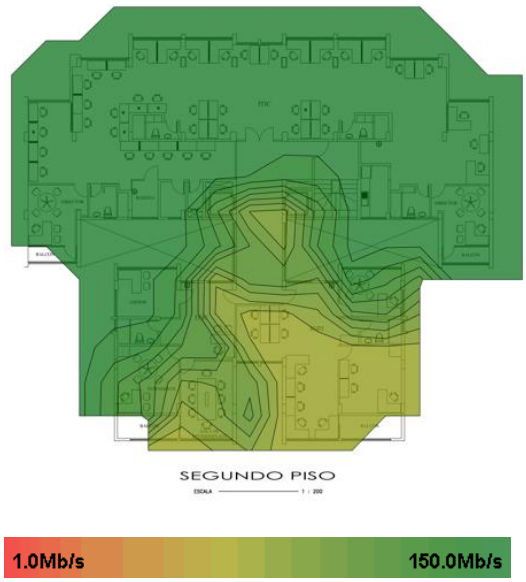


Ilustración 95.Mapa de color para velocidad de transferencia de datos P2.

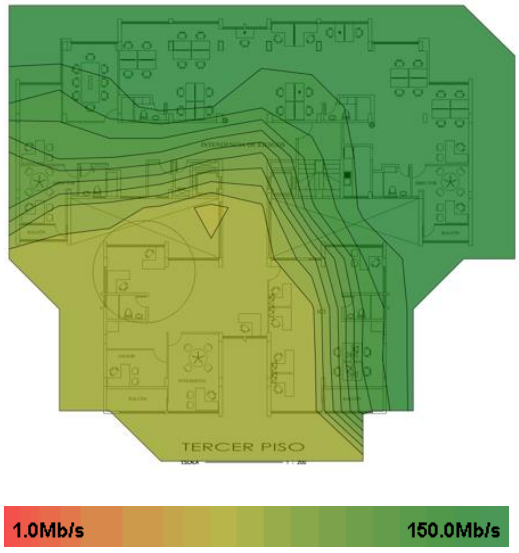


Ilustración 96.Mapa de color para velocidad de transferencia de datos P3.

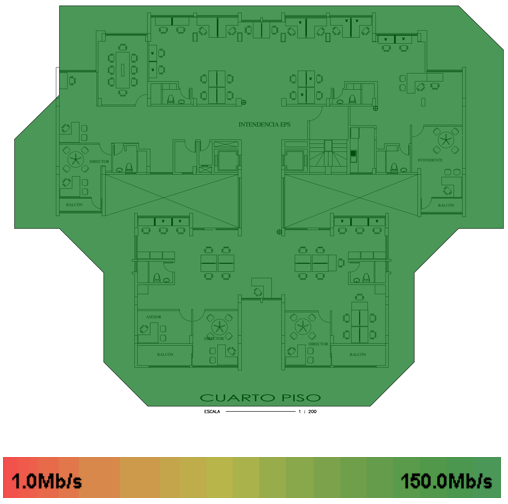


Ilustración 97.Mapa de color para velocidad de transferencia de datos P4.

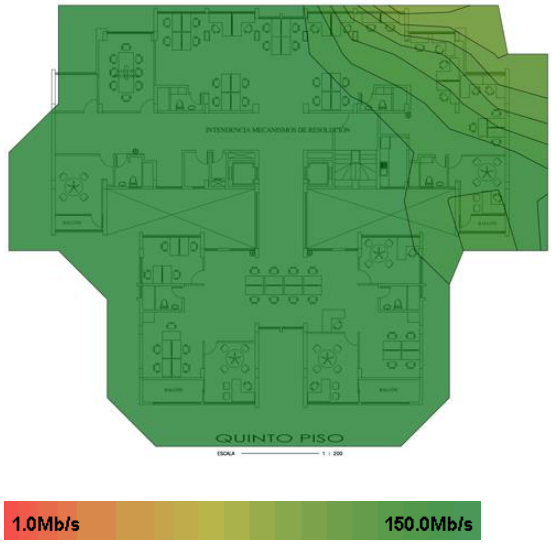


Ilustración 98.Mapa de color para velocidad de transferencia de datos P5.

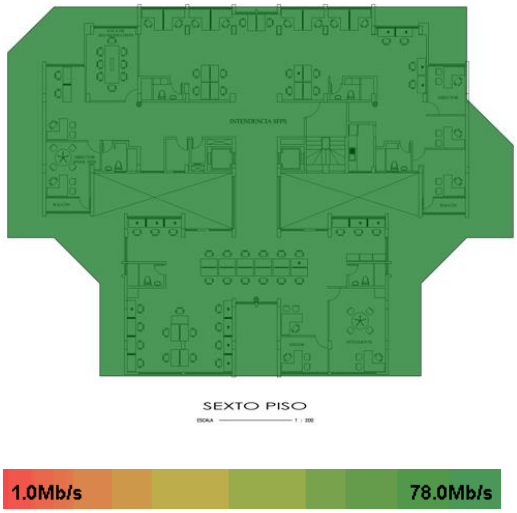


Ilustración 99.Mapa de color para velocidad de transferencia de datos P6.

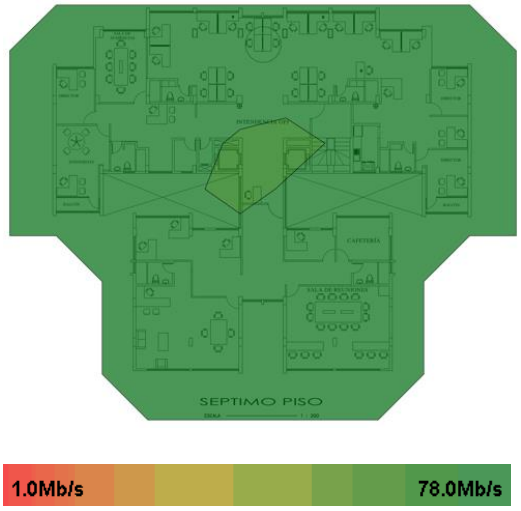


Ilustración 100.Mapa de color para velocidad de transferencia de datos P7.

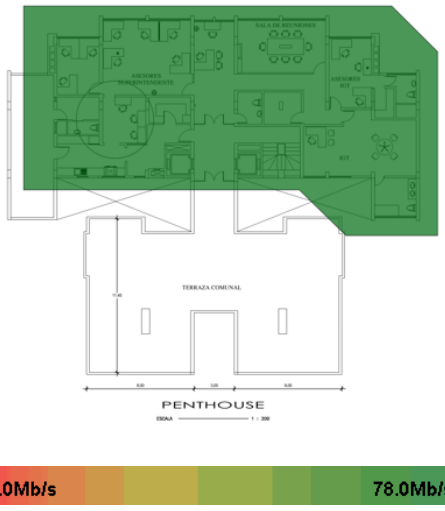


Ilustración 101.Mapa de color para velocidad de transferencia de datos P8.

7.8 Rendimiento de los AP por piso.

Muestra el rendimiento de los puntos de acceso medido. Si no hay un rendimiento medido disponible, entonces se muestra el rendimiento máximo estimado, este comportamiento se muestra en las ilustraciones 102-110.

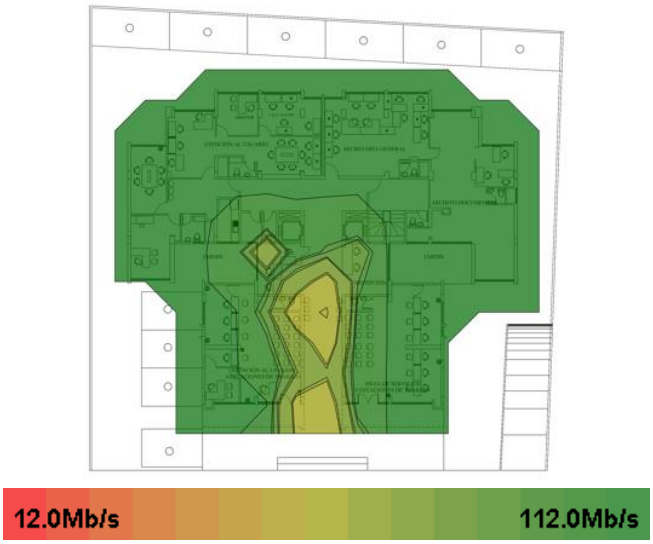


Ilustración 102.Rendimiento medido en PB.

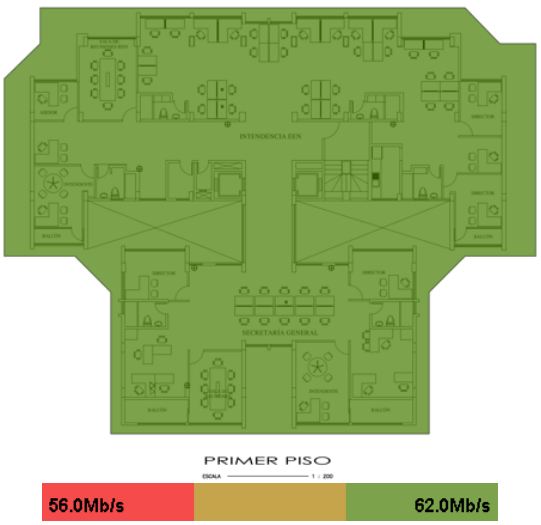


Ilustración 103.Rendimiento medido en P1

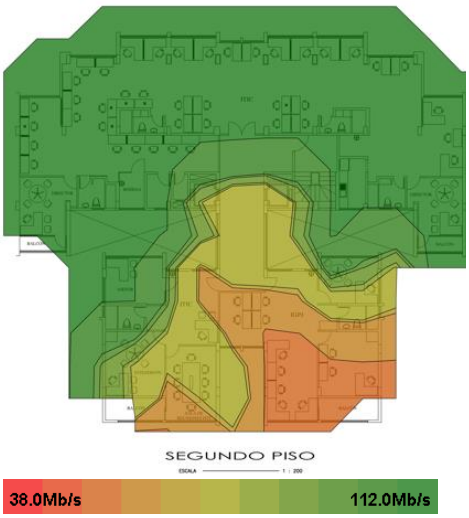


Ilustración 104.Rendimiento medido en P2

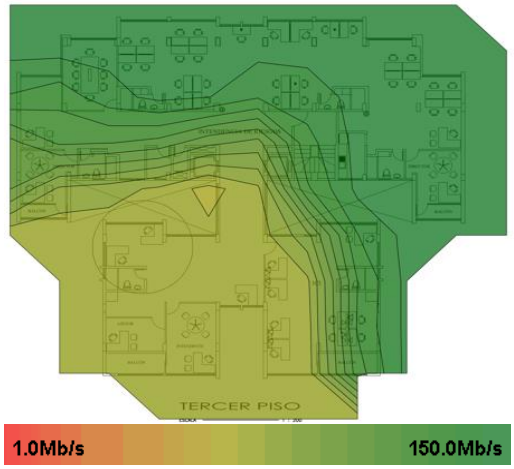


Ilustración 105.Rendimiento medido en P3

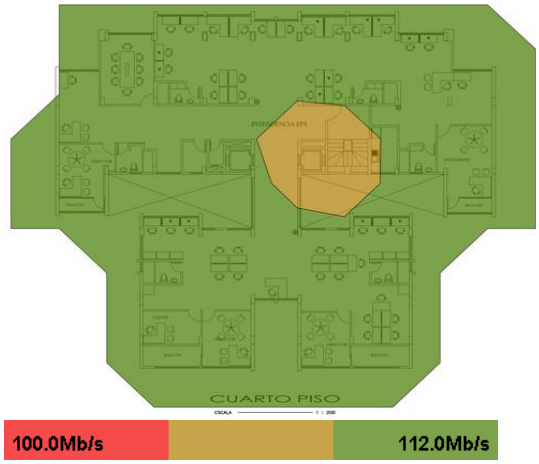


Ilustración 106.Rendimiento medido en P4



Ilustración 107.Rendimiento medido en P5

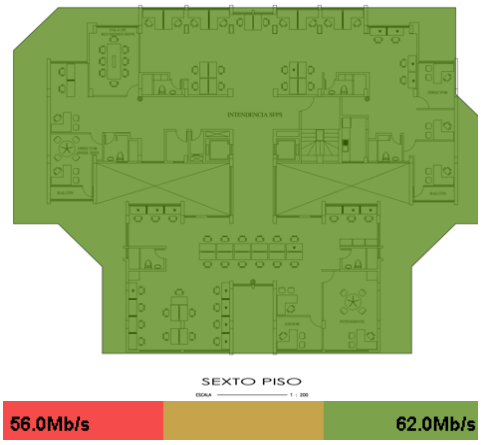


Ilustración 108.Rendimiento medido en P6

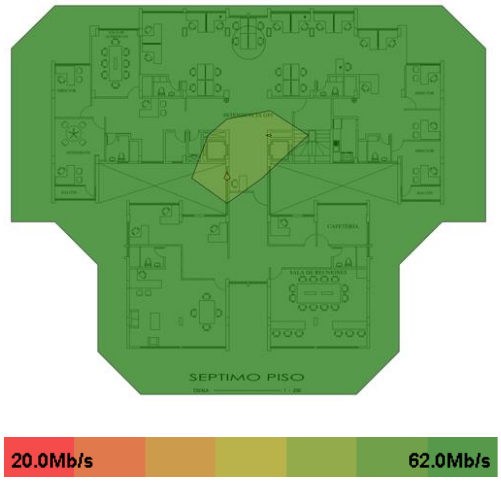


Ilustración 109.Rendimiento medido en P7

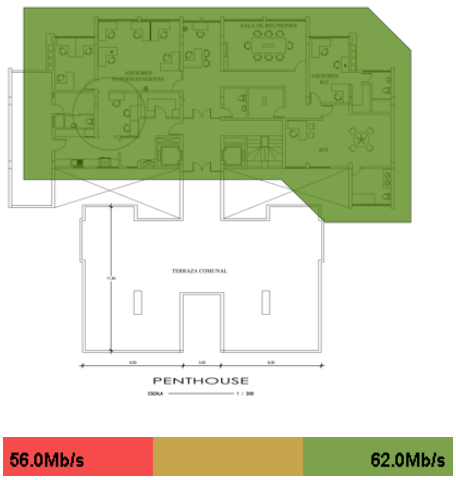


Ilustración 110.Rendimiento medido en P8

7.9 Puntos de acceso asociados por piso.

Las ilustraciones 111-119 muestran los puntos de acceso al que está asociado el dispositivo cliente, esta asociación es predictiva y además se muestra la velocidad de datos tabulada por nombre y modelo de AP.

La visualización del punto de acceso asociado predice dónde se asociarán los dispositivos de cliente o, si se han realizado análisis de sitios híbridos, muestra el punto de acceso asociado real durante todo el análisis. La visualización es especialmente útil para reconocer el comportamiento de roaming, como por ejemplo con qué punto de acceso los adaptadores de red inalámbrica normalmente se asocian en cada área. Por lo tanto, puede utilizar la visualización para reconocer áreas en las que sería recomendable colocar puntos de acceso para un mejor equilibrio de carga.

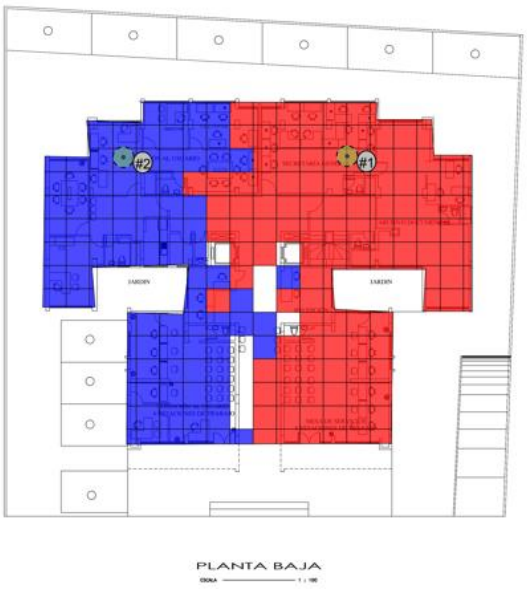


Ilustración 111.AP asociado a PB

AP #	Access Point			
1	SEPS_APM_AP_PISOPBB			
	802.11n	1	25 mW	Cisco AP2602E + AIR-ANT2524 2.4GHz
2	SEPS_APM_AP_PISOPBC			
	802.11n	1	25 mW	Cisco AP2602E + AIR-ANT2524 2.4GHz

Tabla 18. Puntos de acceso y modelo de piso PB

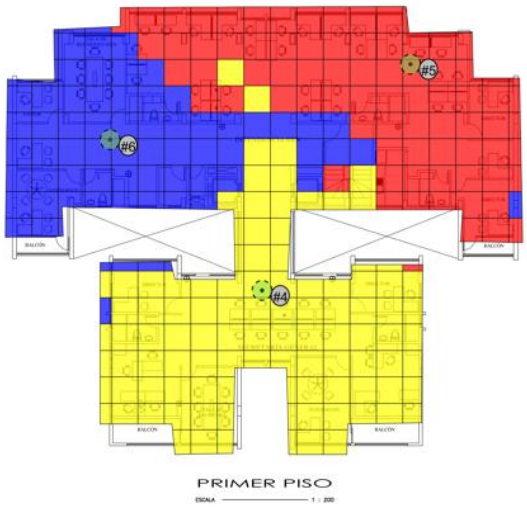


Ilustración 112.AP asociado a P1

AP #	Access Point			
4	SEPS_APM_AP_PISO1A			
	802.11n	1	25 mW	Cisco AP2602E + AIR-ANT2524 2.4GHz
5	SEPS_APM_AP_PISO1B			
	802.11n	1	25 mW	Cisco AP2602E + AIR-ANT2524 2.4GHz
6	SEPS_APM_AP_PISO1C			
	802.11n	1	25 mW	Cisco AP2702E + AIR-ANT2524V4C-R 2.4GHz

Tabla 19.Puntos de acceso y modelo de piso P1

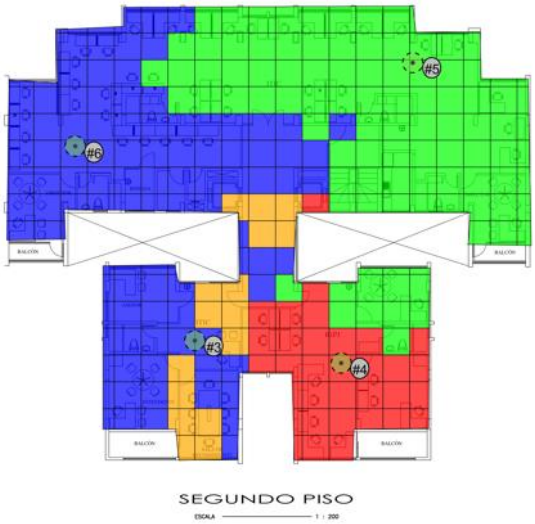


Ilustración 113.AP asociado a P2

AP #	Access Point			
3	SEPS_APM_AP_PISO2A			
	802.11n	1	25 mW	Cisco AP2602E + AIR-ANT2524 2.4GHz
4	SEPS_APM_AP_PISO2A1			
	802.11n	1	25 mW	Cisco AP2702E + AIR-ANT2524V4C-R 2.4GHz
5	SEPS_APM_AP_PISO2B			
	802.11n	1	25 mW	Cisco AP2602E + AIR-ANT2524 2.4GHz
6	SEPS_APM_AP_PISO2C			
	802.11n	1	25 mW	Cisco AP2702E + AIR-ANT2524V4C-R 2.4GHz

Tabla 20. Puntos de acceso y modelo de piso P2

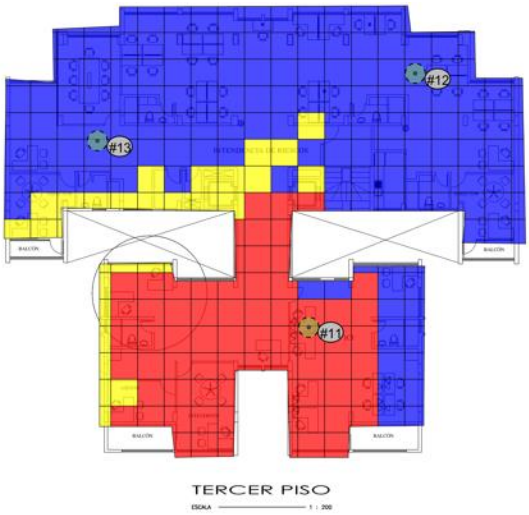


Ilustración 114.AP asociado a P3

AP #	Access Point			
11	SEPS_APM_AP_PISO3A			
	802.11n	1	25 mW	Cisco AP2602E + AIR-ANT2524 2.4GHz
12	SEPS_APM_AP_PISO3B			
	802.11n	1	25 mW	Cisco AP2602E + AIR-ANT2524 2.4GHz
13	SEPS_APM_AP_PISO3C			
	802.11n	1	25 mW	Cisco AP2702E + AIR-ANT2524V4C-R 2.4GHz

Tabla 21. Puntos de acceso y modelo de piso P3

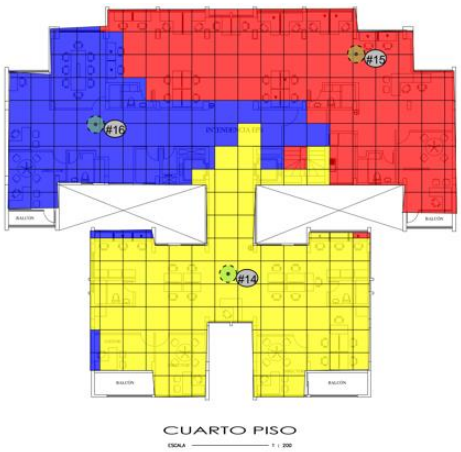


Ilustración 115.AP asociado a P4

AP #	Access Point			
14	SEPS_APM_AP_PISO4A			
	802.11n	1	25 mW	Cisco AP2602E + AIR-ANT2524 2.4GHz
15	SEPS_APM_AP_PISO4B			
	802.11n	1	25 mW	Cisco AP2702E + AIR-ANT2524V4C-R 2.4GHz
16	SEPS_APM_AP_PISO4C			
	802.11n	1	25 mW	Cisco AP2702E + AIR-ANT2524V4C-R 2.4GHz

Tabla 22. Puntos de acceso y modelo de piso P4

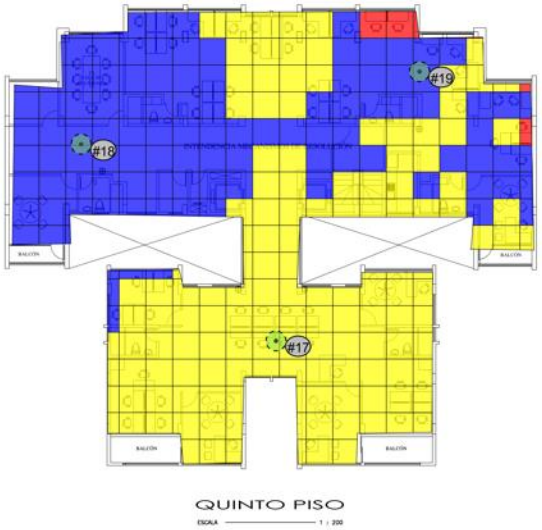


Ilustración 116.AP asociado a P5

AP #	Access Point			
17	SEPS_APM_AP_PISO5A			
	802.11n	1	25 mW	Cisco AP2602E + AIR-ANT2524 2.4GHz
18	SEPS_APM_AP_PISO5B			
	802.11n	1	25 mW	Cisco AP2702E + AIR-ANT2524V4C-R 2.4GHz
19	SEPS_APM_AP_PISO5C			
	802.11n	1	25 mW	Cisco AP2602E + AIR-ANT2524 2.4GHz

Tabla 23. Puntos de acceso y modelo de piso P5

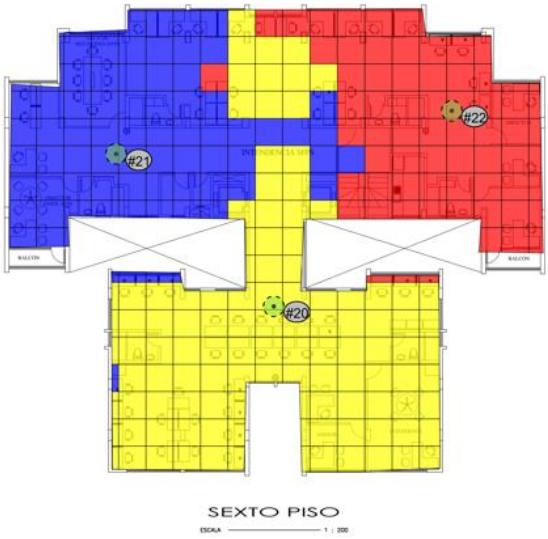


Ilustración 117.AP asociado a P6

AP #	Access Point			
20	SEPS_APM_AP_PISO6A			
	802.11n	1	25 mW	Cisco AP2602E + AIR-ANT2524 2.4GHz
21	SEPS_APM_AP_PISO6B			
	802.11n	1	25 mW	Cisco AP2702E + AIR-ANT2524V4C-R 2.4GHz
22	SEPS_APM_AP_PISO6C			
	802.11n	1	25 mW	Cisco AP2602E + AIR-ANT2524 2.4GHz

Tabla 24. Puntos de acceso y modelo de piso P6

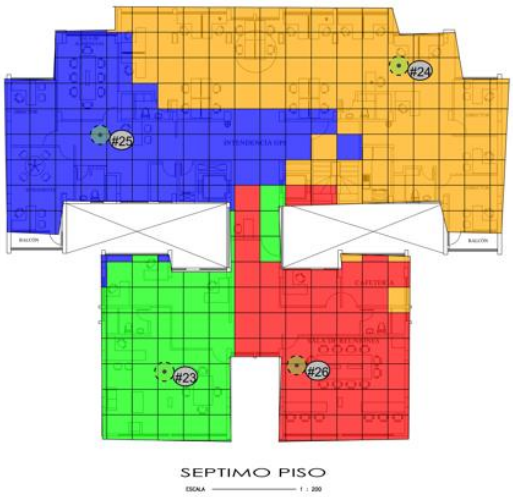


Ilustración 118.AP asociado a P7

AP #	Access Point			
23	SEPS_APM_AP_PISO7A			
	802.11n	1	25 mW	Cisco AP2702E + AIR-ANT2524V4C-R 2.4GHz
24	SEPS_APM_AP_PISO7B			
	802.11n	1	25 mW	Cisco AP2702E + AIR-ANT2524V4C-R 2.4GHz
25	SEPS_APM_AP_PISO7C			
	802.11n	1	25 mW	Cisco AP2602E + AIR-ANT2524 2.4GHz
26	SEPS_APM_AP_PISO7D			
	802.11n	1	25 mW	Cisco AP2602E + AIR-ANT2524 2.4GHz

Tabla 25. Puntos de acceso y modelo de piso P7

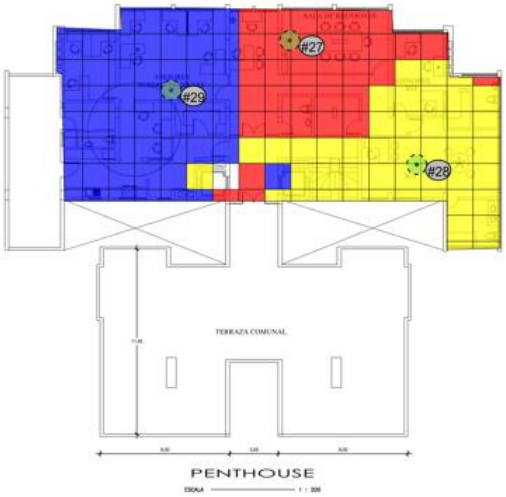


Ilustración 119.AP asociado a P8

AP #	Access Point			
27	SEPS_APM_AP_PISO8A			
	802.11n	1	25 mW	Cisco AP2702E + AIR-ANT2524V4C-R 2.4GHz
28	SEPS_APM_AP_PISO8B			
	802.11n	1	25 mW	Cisco AP2702E + AIR-ANT2524V4C-R 2.4GHz
29	SEPS_APM_AP_PISO8C			
	802.11n	1	25 mW	Cisco AP2602E + AIR-ANT2524 2.4GHz

Tabla 26. Puntos de acceso y modelo de piso P8

7.10 Análisis de espectro.

La mayoría de las redes y dispositivos inalámbricos utilizan hoy en día tecnología de radiofrecuencia (RF) para transmitir datos y ciertos tipos de dispositivos utilizan diferentes secciones o "bandas" para la transmisión. Equipos Wi-Fi han sido asignados

por los órganos de gobierno internacionales para utilizar ciertas secciones sin licencia del espectro de RF - específicamente en 2,4 y en 5 GHz - para su funcionamiento. Al ser sin licencia, estas bandas son compartidas entre tipos diferentes de dispositivos y son la única sección de espectro donde se les permite legalmente transmitir señales RF. En entornos como oficinas, almacenes o residencias de alta tecnología, donde varios dispositivos inalámbricos compiten por el mismo espacio de espectro para comunicarse, pueden producirse interferencias y las redes se vuelven lentas, caen o se bloquean.

Dado que las señales de RF son invisibles a simple vista, es necesario un analizador de espectro (como Wi-Spy) para ver en el entorno inalámbrico, para observar lo que está transmitiendo y donde en el espectro está ocurriendo el "ruido". En ocasiones la solución es cambiar el canal de la red Wi-Fi para evitar las otras señales, ocasionalmente, en situaciones donde la interferencia no puede ser evitada o eliminada, la única solución es cambiar completamente las bandas de Wi-Fi. Sin el análisis del espectro, la aplicación de la solución adecuada es costosa y demorada.

La banda de 2,4 GHz contiene once canales (y hasta 13 o 14 en Europa y Japón, respectivamente), pero sólo los canales 1, 6 y 11 no se superponen. La banda de 2,4 GHz ofrece la más amplia compatibilidad con dispositivos Wi-Fi a través de 802.11b / g / n, pero con sólo tres canales para elegir, la banda de 2,4 GHz es a menudo muy limitada en la cantidad de tráfico que puede soportar. Mientras que la banda de 2,4 GHz ofrece una buena gama, también sufre de interferencias no Wi-Fi causada por dispositivos electrónicos como teléfonos inalámbricos, sistemas de seguridad, hornos

de microondas, sistemas inalámbricos de audio-visual, dispositivos Bluetooth y mucho más.

Los mapas de densidad muestran lo que está ocurriendo actualmente en el espectro, por lo que puede identificar dispositivos, ver cuán ruidosos son y ver con qué frecuencia transmiten.

Con Color por utilización activada, la altura del gráfico muestra cómo son los dispositivos de alto volumen (amplitud) y la intensidad del color muestra la frecuencia con la que se producen las señales. Cuanto más intenso es el color, más frecuentemente se utiliza la frecuencia. Esto se llama utilización, que es similar al ciclo de trabajo y al uso del tiempo de uso. Por ejemplo, si una frecuencia tiene un 40 por ciento de utilización, sólo es libre para su uso por otros transmisores durante el 60 por ciento del tiempo.

Una punta o forma azul indica una señal corta, como un aplauso. Una punta o forma roja indica una señal larga y continua, como una bocina de aire. Los colores que se identifican en el análisis se identifican a continuación:

Azul - Menos de 10 por ciento de utilización

Verde - 20 por ciento de utilización

Amarillo - 40 por ciento de utilización

Rojo - Más de 50 por ciento de utilización

La vista de la cascada grafica la amplitud a lo largo del tiempo para todas las frecuencias de la banda seleccionada, al igual que un sismógrafo representa los terremotos. Esta vista es útil para observar el espectro a lo largo del tiempo.

A diferencia de la vista de densidad que utiliza color por utilización, la intensidad del color en la vista de cascada indica la amplitud. El azul indica señales de baja amplitud, mientras que el rojo indica señales de alta amplitud.

A continuación, se muestra los mapas de densidad, así como el mapa de cascada de cada uno de los pisos de la institución:

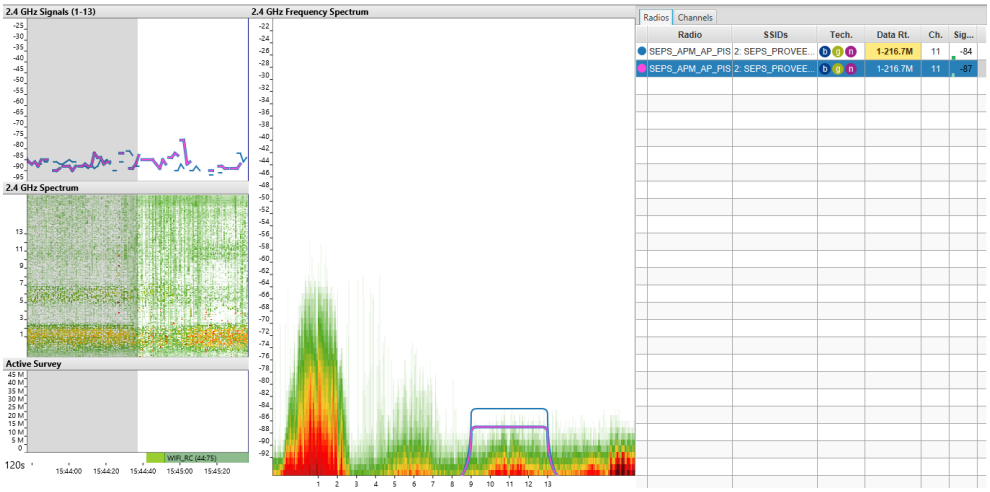


Ilustración 120.Mapa de densidad y cascada de PB

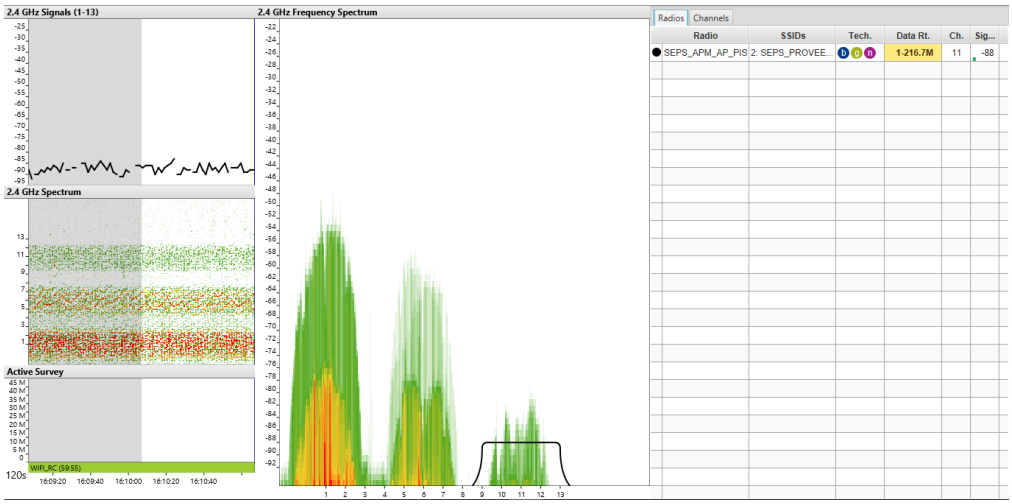


Ilustración 121.Mapa de densidad y cascada de P1

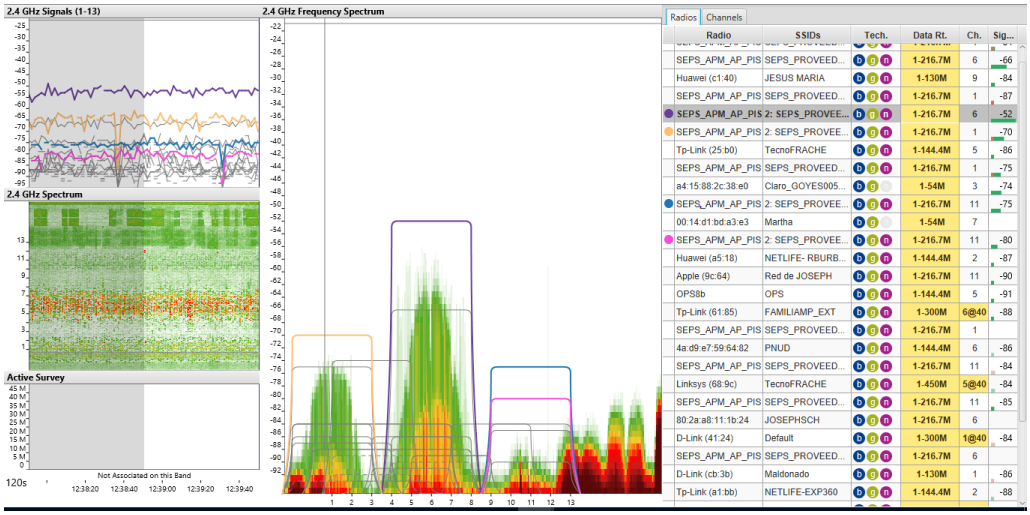


Ilustración 122.Mapa de densidad y cascada de P2

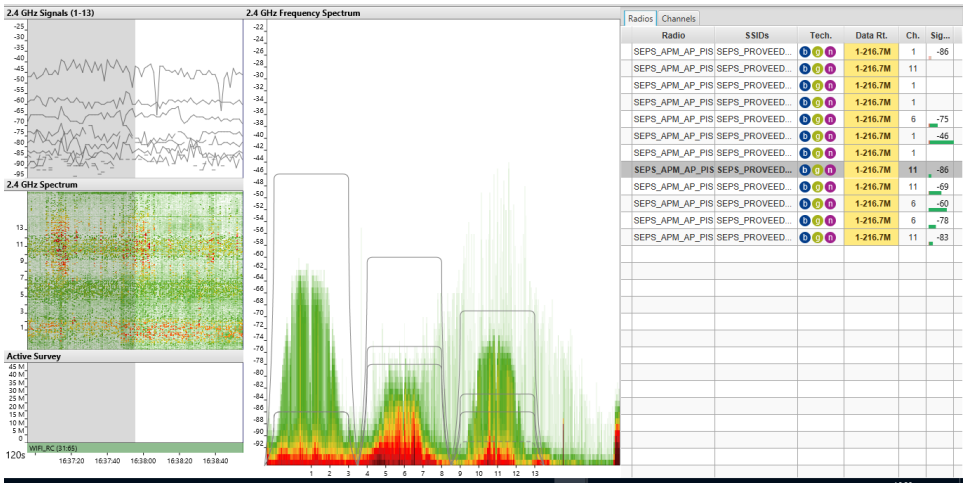


Ilustración 123.Mapa de densidad y cascada de P3

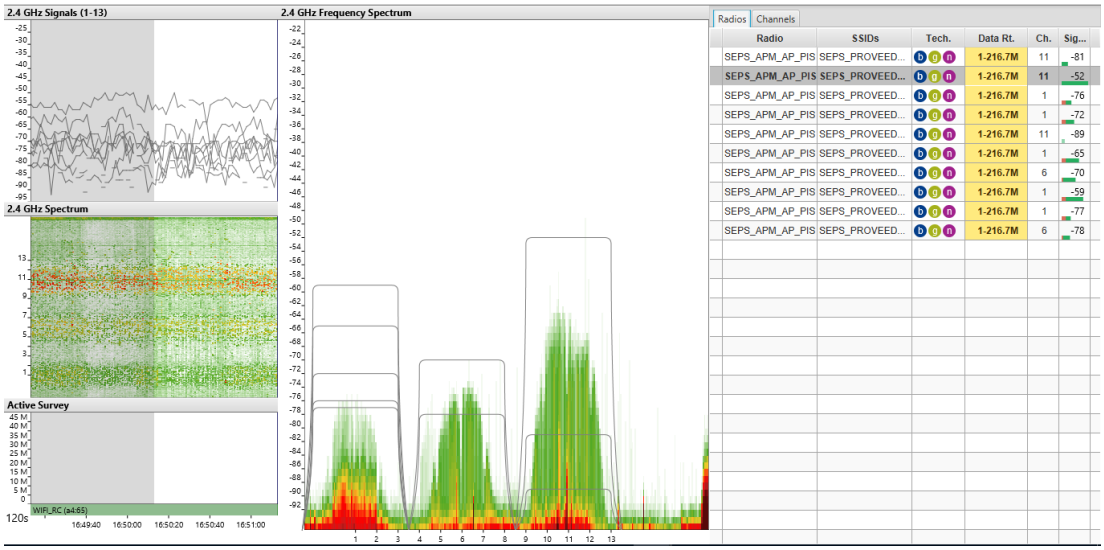


Ilustración 124.Mapa de densidad y cascada de P4

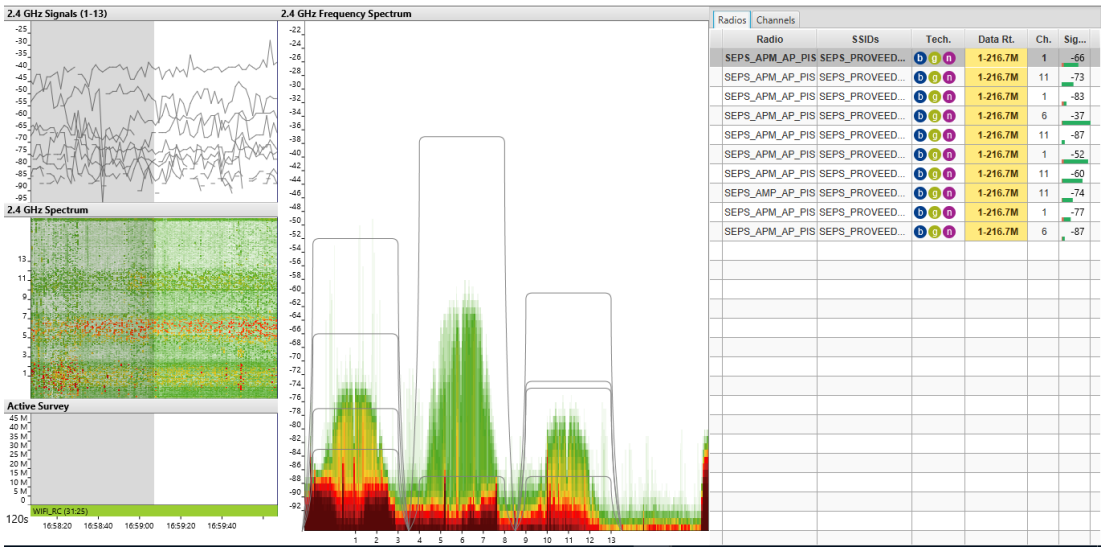


Ilustración 125.Mapa de densidad y cascada de P5

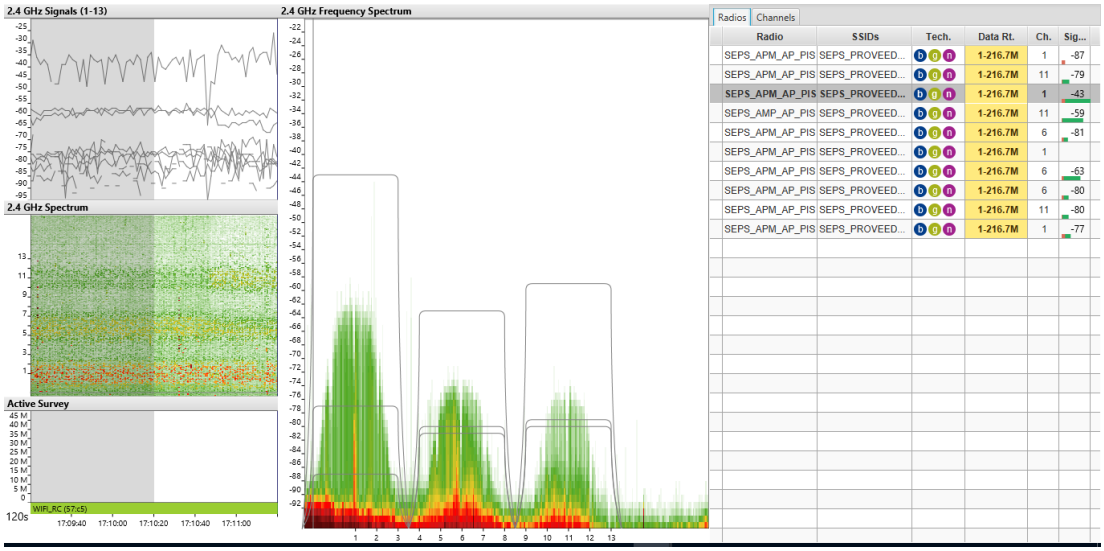


Ilustración 126.Mapa de densidad y cascada de P6

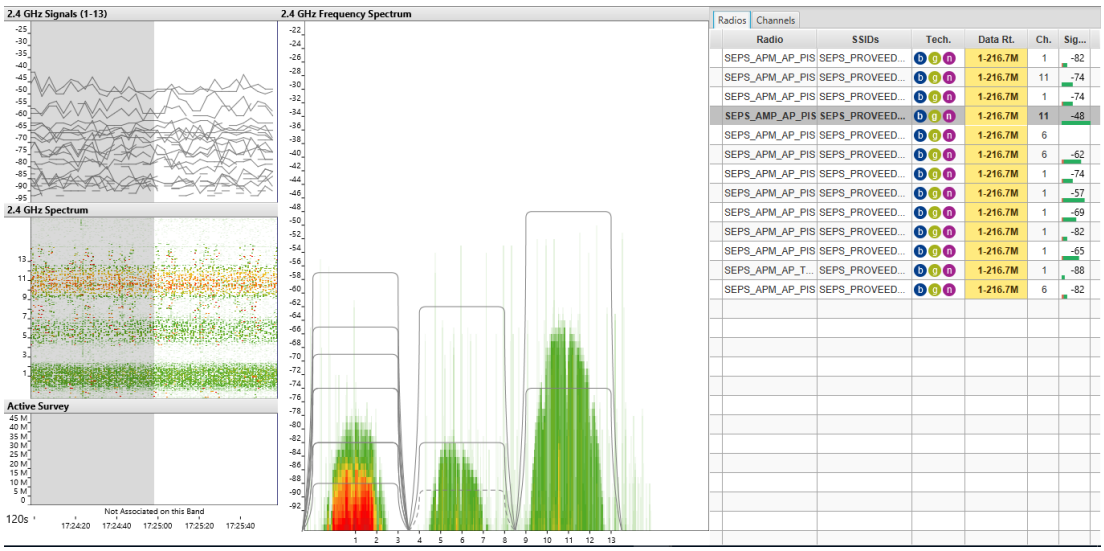


Ilustración 127.Mapa de densidad y cascada de P7

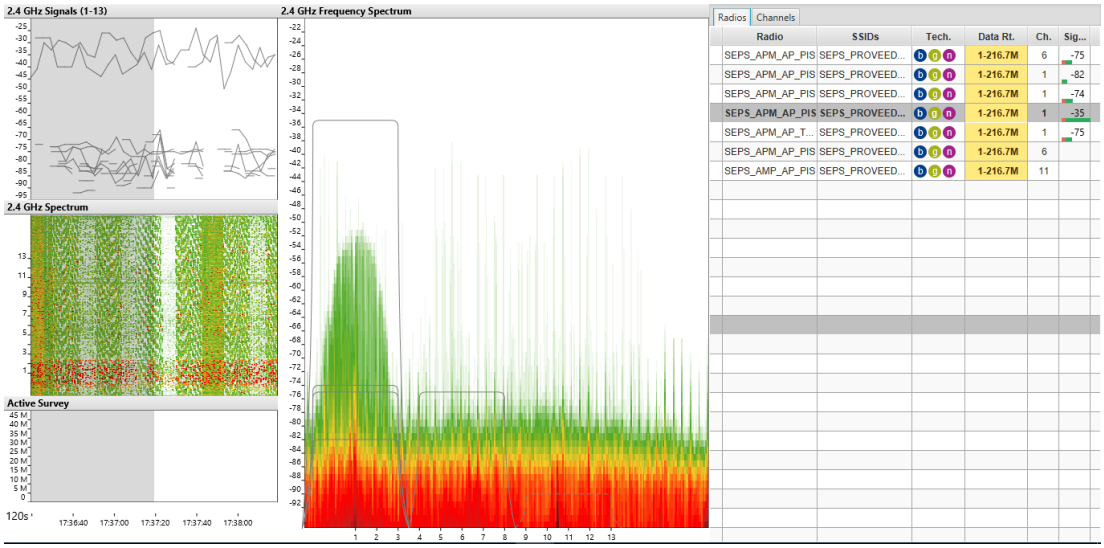


Ilustración 128.Mapa de densidad y cascada de P8

8. ANÁLISIS DE RESULTADOS Y PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN

De los resultados obtenidos con Wireshark se determinó la utilización significativa del protocolo TCP en un 76 % con respecto a los demás protocolos utilizados en la institución, del mismo análisis se determinó que las aplicaciones con mayor concurrencia y uso de red son la transferencia de archivos, correo electrónico, aplicaciones jboss, escritorio remoto entre otros, con este antecedente se puede determinar el porqué de la utilización de ancho de banda de usuarios de áreas administrativas distintas de la entidad, lo que hace concluir que existe marcada diferencia entre usuarios que utilizan con mayor frecuencia la transferencia de archivos como lo determinado en el comportamiento del usuario 1, que tiene un promedio de transferencia de archivos de 23, 7 GB por día y 2,63 GB por hora. Este comportamiento se contrasta con el uso de ancho de banda de los usuarios 2 y 3 que tienen 31,4 MB y 109,45 MB en promedio de transferencia por día, es decir 3,4 MB y 11,02 MB por hora respectivamente, esto se puede evidenciar en la tabla 27 del resumen de uso de ancho de banda.

Descripción	**Usuario1**			**Usuario2**			**Usuario3**		
	GB			**MB**			**MB**		
Promedio de transferencia diario	23,7			31,4			109,45		
	Kb/s	**Kb/s**	**Promedio Kb/s**	**Kb/s**	**Kb/s**	**Promedio Kb/s**	**Kb/s**	**Kb/s**	**Promedio kb/s**
Tasa de transferencia descarga	634,88	858,96	746,92	1,05	0,53	0,79	1,22	3,23	2,225
Tasa de transferencia carga	18,23	22,04	20,135	0,17	0,18	0,175	0,41	1,32	0,865
	GB			**MB**			**MB**		
Promedio de transferencia hora	2,24	3,02	2,63	4,28	2,51	3,395	5,74	16,3	11,02

Tabla 27.Resumen de análisis de uso de ancho de banda

Otro resultado que vale la pena mencionar es que el usuario1, usario2 y usuario3 ocupan respectivamente el 97.4%, 81.87% y 72% del ancho de banda para descarga de archivos. Además, se debe indicar que la tasa de transferencia medida por usuario fluctúa entre los 3.09 Kb/s y 767,06 Kb/s.

Con este resultado se puede calcular el tiempo estimado para la transferencia de información, para ello se dispone de la siguiente información:

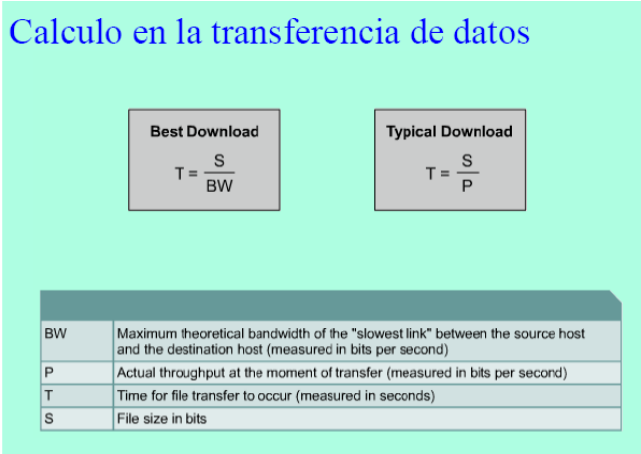


Ilustración 129.Càlculo de transferencia de datos [12].

Velocidad de descarga (P) = 767 Kb/s=0.767 Mb/s

Tamaño de archivo(S) = 2 GB =2048 MB

2048MB = (2048*8) Mb = 16.384Mb

Tiempo estimado = S/W = 16.384Mb/(0.767Mb/s) = 21.361,15s = 356,02min = 5,93h => 6horas 33min

Por lo tanto, para transferir 2GB de información utilizando la red inalámbrica de la SEPS se demora aproximadamente 6 horas 33 minutos en ser transferida, tomando como referencia la tasa de transferencia obtenida de 767 kb/s.

Con este resultado se puede concluir que es imprescindible incrementar la tasa de transferencia de la WLAN con la finalidad de mejorar el tiempo que emplea un usuario en pasar información a través de la red inalámbrica.

El site survey realizado con la herramienta Ekahau entregó resultados de en cuanto a la distribución, intensidad de la señal, relación señal ruido, superposición de canales, velocidad de transferencia, rendimiento y asociación por lo que se realizará el análisis de los resultados obtenidos a continuación:

8.1 Análisis de resultados en planta baja

En planta baja se dispone de 2 AP distribuidos de tal manera que permite dar cobertura a la parte marcada en verde de la ilustración 63 que indica una cobertura mayor o igual a -45dBm, según la necesidad si se requiere dar cobertura a las zonas pintadas en gris que corresponden a las áreas de cobertura menores a -80dBm se deberá incluir nuevos AP para cubrir dicha zona. Además, se debe indicar que, en el área de no cobertura indicada, la señal de ruido es más fuerte que la señal del AP, teniendo en la parte central un valor de 5 dB(decibelio) aproximadamente, tomando como parámetro de señal optima 40 dB, por lo que es más probable que se presenten perdidas en la conexión. Con respecto al análisis realizado de la superposición de canales se debe indicar que en la zona donde se mantiene cobertura, se tiene interferencia de equipos inalámbricos que provocan que la señal no sea totalmente entregada a los dispositivos que la requieran.

En este piso se puede identificar que la velocidad de transferencia máxima en la zona de cobertura de los AP es 150 Mb/s y en la zona de no cobertura podría alcanzarse hasta la mitad de esta velocidad, con un rendimiento teórico por AP de hasta 112 Mb/s.

Se debe indicar también que existe una apropiada asociación en el área de cobertura de los AP concluyendo que se tiene un adecuado comportamiento de roaming, es decir dependiendo del área se tiene la asociación correspondiente al AP que se encuentra en la zona de cobertura.

El análisis de espectro realizado muestra una interferencia constante en el canal (ilustración 120), existen 2 señales de radio Wi-Fi, que están impactadas por interferencia encontrándose en la frecuencia del espectro de entre -84 y -86 GHz y ha sido audible durante 60 segundos en la línea de tiempo de entre 8,5 y 13,5.

8.2 Análisis de resultados en piso 1.

En piso 1 la institución dispone de 3 AP distribuidos de tal manera que permite dar cobertura a la parte marcada en verde de la ilustración 64 que indica una cobertura mayor o igual a -45dBm. La señal de los AP es mayor que el ruido en una gran parte de las zonas de cobertura, llegando así a ser mayor o igual a 40 dB, a excepción de las esquinas donde se degrada la señal por interferencias de ruido, lo que puede provocar pérdidas ocasionales de conexión. El análisis realizado para determinar la superposición de canales indica en la ilustración 84 que las señales de frecuencia a 2,4 GHz se superponen en toda la zona de cobertura por lo que debe minimizarse la interferencia para garantizar un buen funcionamiento.

En este piso se puede identificar que la velocidad de transferencia máxima en la zona de cobertura de los AP es 78 Mb/s, con un rendimiento teórico por AP de hasta 62 Mb/s.

Se debe indicar también que existe una adecuada asociación en el área de cobertura de los AP concluyendo que se tiene un apropiado comportamiento de roaming, es decir

dependiendo del área se tiene la asociación correspondiente al AP que se encuentra en la zona de cobertura.

El análisis de espectro realizado muestra una interferencia constante en el canal (ilustración 121), existe 1 señal de radio Wi-Fi, que está impactada por interferencia encontrándose en la frecuencia del espectro de -88 GHz y ha sido audible durante 50 segundos en la línea de tiempo de entre 8,5 y 13,5.

8.3 Análisis de resultados en piso 2.

En el piso 2 la SEPS dispone de 4 AP distribuidos de tal manera que permiten dar cobertura a la parte marcada en verde de la ilustración 65 que indica una cobertura mayor o igual a -45dBm. La señal de los AP es mayor que el ruido en la gran parte de las zonas de cobertura, llegando así a ser mayor o igual a 40 dB, cabe indicar que existen zonas que se encuentran entre 15 dB y 30 dB donde se degrada la señal por interferencias de ruido, lo que puede provocar pérdidas ocasionales de conexión. El análisis para la superposición de canales mostrada en la ilustración 85 indica la coexistencia de 4 o incluso más de 6 señales que provocan interferencia ya que se encuentran en la misma frecuencia de 2,4 Ghz utilizada por los AP que conforman la red inalámbrica institucional.

En este piso se puede identificar que la velocidad de transferencia máxima en la zona de cobertura de los AP es 150 Mb/s, con un rendimiento teórico por AP de hasta 112 Mb/s, cabe indicar que existe una zona específica que se puede observar en el mapa de color de las ilustraciones 95 y 104, donde la velocidad máxima no llega a la mitad de la velocidad máxima.

Se debe indicar también que no existe una adecuada asociación en el área de cobertura de los AP específicamente para el número 3 ya que no genera la señal adecuada provocando que el roaming o cambio de un AP a otro no se realice de acuerdo a la zona de cobertura esperada.

El análisis de espectro realizado muestra una interferencia constante en el canal (ilustración 122), donde se puede evidenciar la existencia de interferencia en las 4 señales de radio Wi-Fi, correspondientes a los AP instalados en el piso, dicha interferencia está en la frecuencia del espectro de -70 GHz para el AP3, -52 Ghz para el AP6, -74 GHz para el AP4 y -80 GHz para el AP5, y ha sido audible durante 30s y 50 segundos en la línea de tiempo de entre 0 y 135.

8.4 Análisis de resultados en piso 3.

En el piso 3 la institución dispone de 3 AP distribuidos de tal manera que permite dar cobertura a la parte marcada en verde de la ilustración 66 que indica una cobertura mayor o igual a -45dBm. La señal de los AP es mayor que el ruido en la gran parte de las zonas de cobertura, llegando así a ser mayor o igual a 40 dB, cabe indicar que existen pequeñas zonas de cobertura que se encuentran entre 15 dB y 30 dB donde se degrada la señal por interferencias de ruido, lo que puede provocar pérdidas ocasionales de conexión. El análisis para la superposición de canales mostrada en la ilustración 86 indica la coexistencia de 2 o 3 señales que provocan interferencia ya que se encuentran en la misma frecuencia de 2,4 GHz utilizada por los AP que conforman la red inalámbrica de la entidad.

En este piso se puede identificar que la velocidad de transferencia máxima en la zona de cobertura de los AP es 150 Mb/s, con un rendimiento teórico por AP de hasta 112

Mb/s, cabe indicar que existe una zona específica que se puede observar en el mapa de color de las ilustraciones 96 y 105, donde la velocidad máxima llega a la mitad de la velocidad máxima.

Se debe indicar también que existe una adecuada asociación en el área de cobertura de los AP lo que permite disponer de un adecuado roaming en la zona de cobertura.

El análisis de espectro realizado muestra una interferencia constante en el canal (ilustración 123), donde se puede evidenciar la existencia de la misma en las 3 señales de radio Wi-Fi, correspondientes a los AP instalados en el piso, dicha interferencia está en la frecuencia del espectro de -45 GHz para el AP11, -60 GHz para el AP12, -68 GHz para el AP13, y ha sido audible durante 35s y 50s en la línea de tiempo de entre 0 y 135.

8.5 Análisis de resultados en piso 4.

En el piso 4 la institución dispone de 3 AP distribuidos de tal manera que permite dar cobertura a la parte marcada en verde de la ilustración 67 que indica una cobertura mayor o igual a -45dBm. La señal de los AP es mayor que el ruido en la gran parte de las zonas de cobertura como se puede observar en la ilustración 77, llegando así a ser mayor o igual a 40 dB. El análisis para la superposición de canales mostrada en la ilustración 87 indica la coexistencia de 2 o 3 señales que provocan interferencia ya que se encuentran en la misma banda de frecuencia de 2,4 GHz utilizada por los AP que conforman la red inalámbrica institucional.

En este piso se puede identificar que la velocidad de transferencia máxima en la zona de cobertura de los AP es 150 Mb/s como se muestra en la ilustración 97, con un

rendimiento teórico por AP de hasta 112 Mb/s y una zona puntual donde baja el rendimiento a la mitad de los esperado como se puede observar en la ilustración 106.

Se debe indicar también que existe una adecuada asociación en el área de cobertura de los AP lo que permite disponer de un adecuado roaming en la zona de cobertura, esto se puede evidenciar en la ilustración 115.

El análisis de espectro realizado muestra una interferencia constante en el canal (ilustración 124), que puede ser evidenciado en las 3 señales de radio Wi-Fi, correspondientes a los AP instalados en el piso, dicha interferencia está en la frecuencia del espectro de -60 GHz para el AP14, -70 Ghz para el AP15, -50 GHz para el AP16, y ha sido audible durante 35s, 50s y 40s respectivamente, en la línea de tiempo de entre 0 y 135.

8.6 Análisis de resultados en piso 5.

En el piso 5 la institución dispone de 3 AP distribuidos de tal manera que permite dar cobertura a la parte marcada en verde de la ilustración 68 que indica una cobertura mayor o igual a -45dBm. La señal de los AP es mayor que el ruido en la gran parte de las zonas de cobertura, cabe indicar que en la parte superior derecha existe interferencia y la señal no alcanza los 20 dB como se puede observar en la ilustración 78. El análisis para la superposición de canales mostrada en la ilustración 88 indica la coexistencia de 2 o 3 señales que provocan interferencia ya que se encuentran en la misma banda de frecuencia los AP que conforman la red inalámbrica institucional.

En este piso se puede identificar que la velocidad de transferencia máxima en la zona de cobertura de los AP es 150 Mb/s como se muestra en la ilustración 98, disminuyendo en la zona que tiene interferencia de ruido indicada anteriormente, se

estable también que el rendimiento teórico por AP es de hasta 112 Mb/s, disminuyendo el rendimiento en la zona de interferencia hasta la mitad de lo esperado y que puede ser evidenciado en la ilustración 107.

Se debe indicar también que no existe una adecuada asociación en el área de cobertura de los AP específicamente para el número 19 ya que no genera la señal adecuada (ilustración 116) provocando que el roaming no se realice de acuerdo a la zona de cobertura esperada.

El análisis de espectro realizado muestra una interferencia constante en el canal (ilustración 125), que puede ser evidenciado en las 3 señales de radio Wi-Fi, correspondientes a los AP instalados en el piso, dicha interferencia está en la frecuencia del espectro de -52 GHz para el AP17, -38 GHz para el AP18, -60 GHz para el AP19, y ha sido audible durante 35s y 50s, en la línea de tiempo de entre 0 y 135.

8.7 Análisis de resultados en piso 6.

En el piso 6 la institución dispone de 3 AP distribuidos de tal manera que permite dar cobertura a la parte marcada en verde de la ilustración 69 que indica una cobertura mayor o igual a -45dBm. La señal de los AP es mayor que el ruido en la gran parte de las zonas de cobertura como se puede observar en la ilustración 79. El análisis para la superposición de canales mostrada en la ilustración 89 indica la coexistencia de 2 o 3 señales que provocan interferencia ya que se encuentran en la misma banda de frecuencia los AP que conforman la red inalámbrica institucional.

En este piso se puede identificar que la velocidad de transferencia máxima en la zona de cobertura de los AP es 78 Mb/s como se muestra en la ilustración 99, con un

rendimiento teórico por AP de hasta 62 Mb/s como se puede observar en la ilustración 108.

Se debe indicar también que existe una buena asociación en la zona de cobertura de los AP lo que permite disponer de un adecuado proceso de roaming, esto se puede evidenciar en la ilustración 117.

El análisis de espectro realizado muestra una interferencia constante en el canal (ilustración 126), que puede ser evidenciado en las 3 señales de radio Wi-Fi, correspondientes a los AP instalados en el piso, dicha interferencia está en la frecuencia del espectro de -44 GHz para el AP20, -62 GHz para el AP21, -58 GHz para el AP22, y ha sido audible durante 35s y 50s, en la línea de tiempo de entre 0 y 135.

8.8 Análisis de resultados en piso 7.

En el piso 7 la institución dispone de 4 AP distribuidos de tal manera que permite dar cobertura a la parte marcada en verde de la ilustración 70 que indica una cobertura mayor o igual a -45dBm. La señal de los AP es mayor que el ruido en la gran parte de las zonas de cobertura como se puede observar en la ilustración 80. El análisis para la superposición de canales mostrada en la ilustración 90 indica la coexistencia de 2 hasta más de 6 señales que provocan interferencia ya que se encuentran en la misma banda de frecuencia los AP que conforman la red inalámbrica insticional.

En este piso se puede identificar que la velocidad de transferencia máxima en la zona de cobertura de los AP es 78 Mb/s como se muestra en la ilustración 100, con un rendimiento teórico por AP de hasta 62 Mb/s como se puede observar en la ilustración 109.

Se debe indicar también que existe una apropiada asociación en la zona de cobertura de los AP lo que permite disponer de un adecuado proceso de roaming, esto se puede evidenciar en la ilustración 118.

El análisis de espectro realizado muestra una interferencia constante en el canal (ilustración 127), que puede ser evidenciado en las 3 señales de radio Wi-Fi, correspondientes a los AP instalados en el piso, dicha interferencia está en la frecuencia del espectro de -58 GHz para el AP20, -62 GHz para el AP21, -48 GHz para el AP22, y ha sido audible durante 50s, en la línea de tiempo de entre 0 y 135.

8.9 Análisis de resultados en piso 8.

En el piso 8 la institución dispone de 3 AP distribuidos de tal manera que permite dar cobertura a la parte marcada en verde de la ilustración 71 que indica una cobertura mayor o igual a -45dBm. La señal de los AP es mayor que el ruido en la gran parte de las zonas de cobertura como se puede observar en la ilustración 81. El análisis para la superposición de canales mostrada en la ilustración 91 indica la coexistencia de 2 o 3 señales que provocan interferencia ya que se encuentran en la misma banda de frecuencia los AP que conforman la red inalámbrica institucional.

En este piso se puede identificar que la velocidad de transferencia máxima en la zona de cobertura de los AP es 78 Mb/s como se muestra en la ilustración 101, con un rendimiento teórico por AP de hasta 62 Mb/s como se puede observar en la ilustración 110.

Se debe indicar también que existe una apropiada asociación en la zona de cobertura de los AP lo que permite disponer de un adecuado proceso de roaming, esto se puede evidenciar en la ilustración 119.

El análisis de espectro realizado muestra una interferencia constante en el canal (ilustración 128), que puede ser evidenciado en las 3 señales de radio Wi-Fi, correspondientes a los AP instalados en el piso, dicha interferencia está en el orden de los -74 GHz durante todo el tiempo de entre 0 y 135.

9. PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE LA SOLUCIÓN DE RED INALÁMBRICA.

Con los resultados obtenidos del análisis de cobertura de cada uno de los pisos que conforman el área administrativa de la institución se puede establecer que para mejorar el rendimiento de la WLAN se debe priorizar en mejorar algunos aspectos como son la velocidad de transferencia y reducir la interferencia de señales que provocan ruido, con el fin de mejorar la cobertura actual de la red inalámbrica, para lograr este objetivo se referencia las características más relevantes del estándar 802.11 ac con respecto a los resultados obtenidos del análisis actual de la red inalámbrica institucional.

9.1 Mejora en velocidad de transferencia

De los resultados obtenidos en el análisis de cobertura de la red inalámbrica de la institución mediante el site survey realizado con la herramienta Ekahau permite identificar que la velocidad de transferencia en al WLAN no supera los 150 Mb/s y en algunos pisos no llega a 78 Mb/s, por lo que la mejora más significativa de la red al migrar del estándar 802.11n que actualmente se utiliza al estándar 802.11ac planteado es sin ninguna duda la velocidad de transferencia.

La velocidad teórica que alcanzaría la red inalámbrica al utilizar estándar 802.11ac es de aproximadamente 1.3 GBytes/s (1331 Mb/s) dependiendo del número de usuarios y los equipos con los que se cuente, mientras que la velocidad teórica en el estándar 802.11n es de 450 Mb/s, sin embargo, en la WLAN de la institución se obtuvo como resultado velocidades cercanas a 150 Mb/s, esto hace prever una mejora en la velocidad de transferencia del 76% aproximadamente.

9.2 Mejora en disminución de interferencia.

El estándar 802.11n que actualmente utiliza la institución para la red inalámbrica está afectada por múltiples interferencias de señales ajenas a la red de datos debido a que el rango de frecuencia manejado está en 2,4GHz que es comúnmente utilizado por otros dispositivos electrónicos como microondas, teléfonos inalámbricos, etc. Al ser una de las características más importantes del estándar 802.11ac el que trabaje exclusivamente en el espectro de 5 GHz, lo que permite que las señales de interferencia se atenúen y se logre obtener las velocidades de transferencia propuestas.

Es importante indicar que al evitar interferencias por la utilización del espectro de 5 GHz la cobertura de los AP se incrementa y por ende existirán mejoras en la experiencia del servicio.

9.3 Prueba de red inalámbrica utilizando equipos que soportan estándar 802.11ac.

Para identificar las mejoras reales que brinda la utilización del estándar 802.11ac en la red inalámbrica institucional, se procedió a realizar el ejercicio de site survey de la red inalámbrica a 5GHz, utilizando para ello el siguiente equipamiento:

- Tarjeta de red inalámbrica marca TP-Link modelo ARCHER T4U.
- Punto de acceso Cisco AP2702E + AIR-ANT2524V4C-R 5GHz
- Wireless LAN Controller(WLC) compatible con estándar 802.11ac

En principio es necesario constatar que la WLC disponga de una versión compatible con el estándar 802.11ac, en este sentido la institución cuenta con una controladora cisco "WS-SVC-WISM2-K9 4 ports WiSM 2 WLAN ", la misma que es parte del

switch de core de la entidad de modelo "WS-C6509-E”. El software de la controladora se encuentra se encuentra en la versión 7.6.130.30 cómo se puede observar en la ilustración 130.

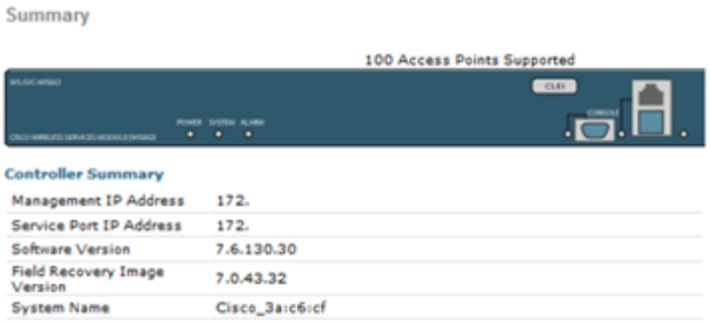


Ilustración 130. Versión de actual WLC[2].

Para disponer de todas las mejoras y optimizaciones en cuanto a configuraciones de la WLC, especialmente en el estándar 802.11ac, fue necesario realizar la actualización del sistema a la última versión disponible, en tal sentido se realizó la actualización a la versión 8.0.140.0 como se muestra en la ilustración 131.



Ilustración 131.Versión de WLC luego del upgrade.

[2] La información de direcciones IP se omite por seguridad de la información.

Una vez que se realizó la actualización se procedió a activar las funcionalidades del 802.11ac como se puede observar en la ilustración 132, con esto la controladora puede trabajar tanto en el estándar 802.11n como en el estándar 802.11ac.

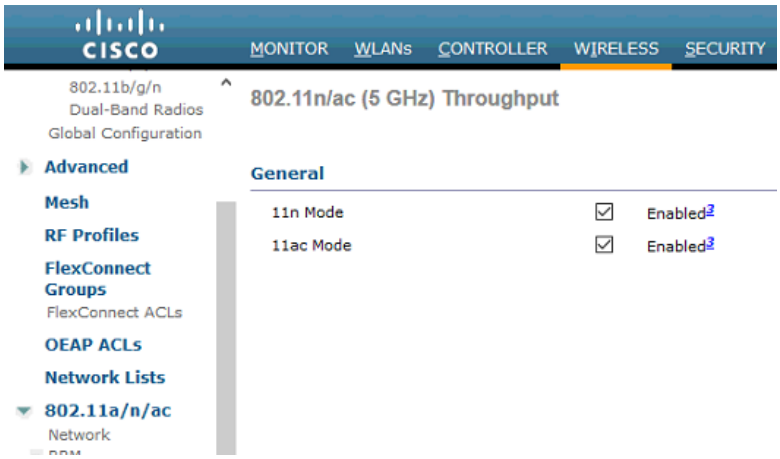


Ilustración 132. Versión de WLC luego del upgrade.

Para este ejercicio se utilizó un punto de acceso instalado en el segundo piso del edificio administrativo de la institución que soporta estándar 802.11n y 802.11ac.

La ubicación del punto de acceso que se utiliza para pruebas y análisis de cobertura en 2.4 y 5 GHz, está en el segundo piso del edificio de apartamentos modernos de la institución de acuerdo a la ilustración 133.



Ilustración 133.Mapa de densidad y cascada de P8

9.4 Intensidad de la señal en el estándar 802.11n y 802.11ac.

En la ilustración 134 la intensidad de señal del AP en el espectro de los 2.4ghz, mientras que en la ilustración 135 muestra la intensidad de señal en el espectro de los 5GHz.

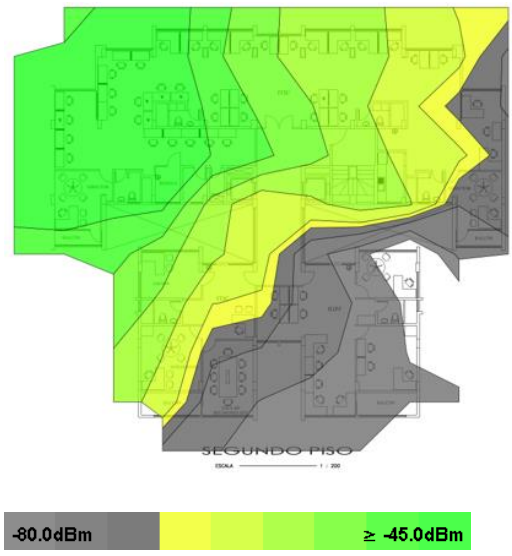


Ilustración 134.Cobertura de AP en 802.11n.

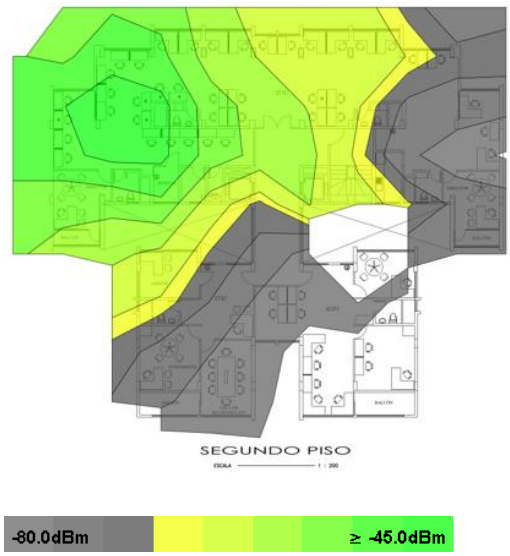


Ilustración 135.Cobertura de AP en 802.11ac.

De acuerdo a los resultados obtenidos en el análisis de cobertura se puede observar que tanto el AP a 2,4 GHz y 5GHz muestran el mismo comportamiento, teniendo así una señal que es mayor a los -45.0dBm y abastecen prácticamente a la misma zona de cobertura.

9.5 Relación señal / ruido (SNR) en 802.11n y 802.11ac.

En las ilustraciones 136 y 137 se muestran las gráficas de color que indican la intensidad de la señal con respecto al ruido tanto en 2,4 GHz como en 5 GHz respectivamente.

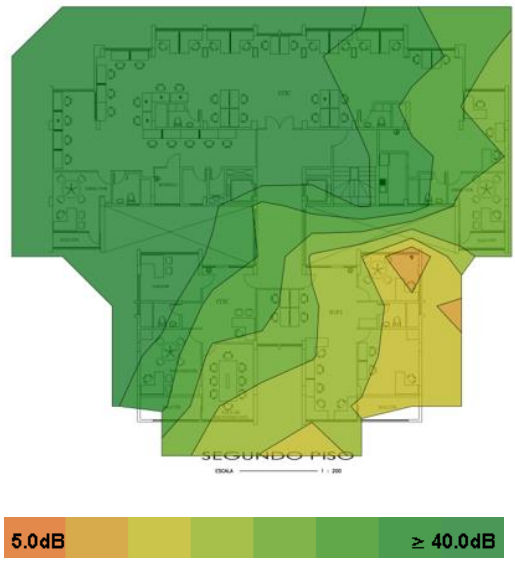


Ilustración 136.Relación S/R 802.11n.

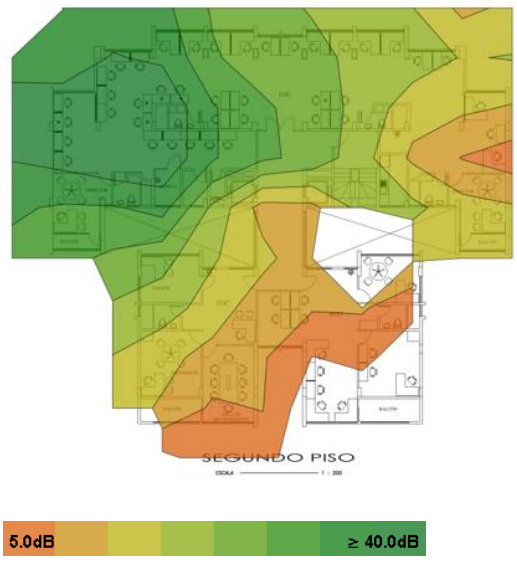


Ilustración 137. Relación S/R 802.11ac.

De lo anterior se puede establecer que la señal en la zona de cobertura es más fuerte que el ruido tanto en la frecuencia de 2GHz como en 5GHz siendo menor el alcance de la señal para el espectro de los 5GHz.

9.6 Velocidad de transferencia de datos 802.11n y 802.11ac.

En las ilustraciones 138 y 139 se muestra el mapa de color donde se puede evidenciar la velocidad de transmisión más alta posible que puede alcanzar un dispositivo en el rango de los 2,4 GHz y 5 GHz.

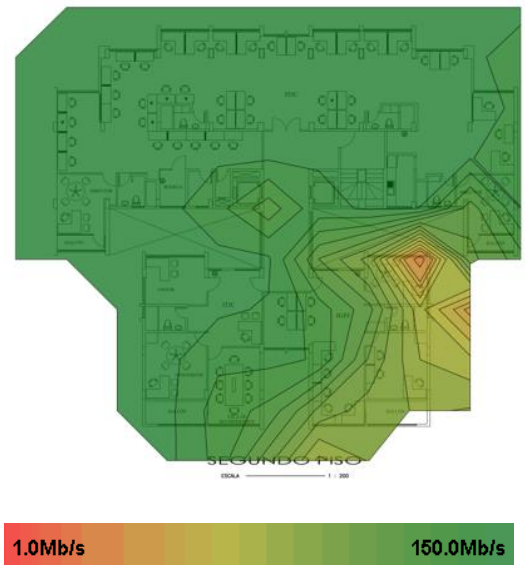


Ilustración 138.Velocidad de transferencia 802.11n.



Ilustración 139. Velocidad de transferencia 802.11ac.

El análisis realizado por la herramienta Ekahau para determinar las zonas de color en cuanto a la velocidad de transferencia da como resultado que a frecuencia de 2,4 GHz con estándar 802.11n tiene una velocidad máxima de 150 Mb/s mientras que para el estándar 802.11ac a 5 GHz se dispone de velocidades que se aproximan a 1300 Mb/s, claro está en un área menor de cobertura, pero con la adecuada distribución de AP se puede lograr una mejora real en el desempeño de la WLAN.

9.7 Rendimiento medio en 802.11n y 802.11ac.

En las ilustraciones 140 y 141 se muestra el rendimiento medio esperado para la velocidad real de transmisión de información.

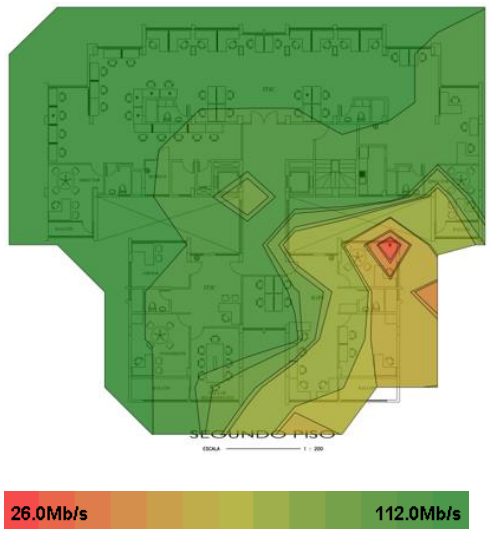


Ilustración 140. Rendimiento medio en 802.11n.

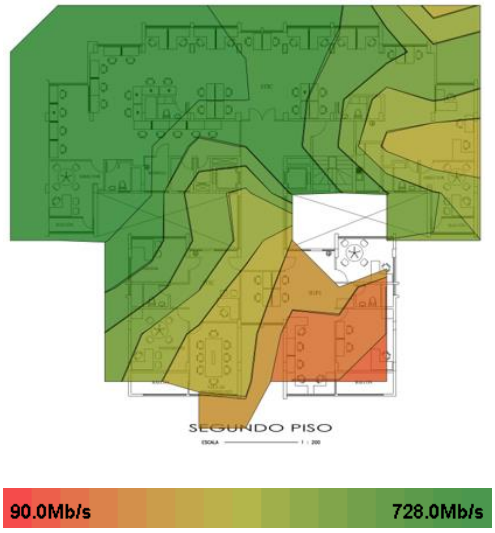


Ilustración 141. Rendimiento medio a 802.11ac.

9.8 Ancho de banda del canal para frecuencia de 2,4 GHz y 5 GHz.

En las ilustraciones 142 y 143 se muestra el ancho de banda del canal para frecuencias 2,4 GHz y 5 GHz.

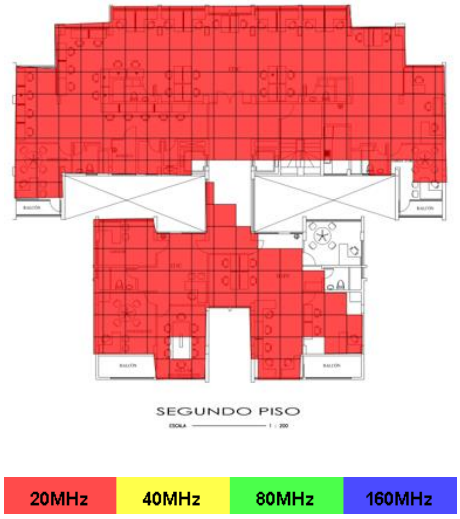


Ilustración 142. AB para 802.11n.

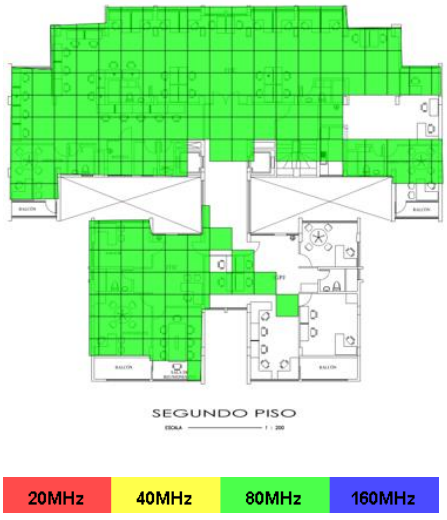


Ilustración 143. AB para 802.11ac.

La diferencia clave en estas características es el soporte al ancho de banda de canal de 80 MHz para lograr un incremento de prácticamente el doble de la tasa de datos de 802.11n, donde el canal más ancho tiene 40 MHz, para el análisis práctico se dispone

de un canal de 20 MHz en 802.11n y un canal de 80 MHz en 802.11ac. En términos de características de 802.11ac se define el soporte máximo de 160 MHz de ancho de banda de canal para poder duplicar la tasa de datos sobre el ancho de banda de canal obligatorio de 80 MHz.

9.9 Propuesta de equipamiento para implementación.

Una vez que se realizó el análisis y pruebas de cobertura tanto en el estándar 802.11n como en 802.11ac se procede a estructurar los requisitos indispensables que permitan una implementación de la tecnología propuesta, siempre considerando aspectos como la realidad nacional y la necesidad de utilizar el equipamiento que actualmente dispone la SEPS, con el fin de abaratar los costos y permitir que la solución sea viable.

Con el objetivo de que la institución disponga de una WLAN totalmente sobre estándar 8021.11ac es indispensable que se cuente con puntos de acceso compatibles con esta tecnología, en este sentido de los tres modelos de AP con los que cuenta la institución, únicamente los AP Cisco AP2702E pueden ser considerados, en la tabla 28 se muestran los AP que pueden ser considerados por pisos del edificio administrativo de la entidad, así como los AP que deben ser reemplazados.

PISO	NOMBRE AP	MODELO	REQUERIMIENTO
1	SEPS_APM_AP_PISO1B	AIR-CAP2602E-A-K9	CAMBIO
1	SEPS_APM_AP_PISO1A	AIR-CAP2602E-A-K9	CAMBIO
1	SEPS_APM_AP_PISO1C	AIR-CAP2702E-A-K9	UTILIZABLE
2	SEPS_APM_AP_PISO2B	AIR-CAP2602E-A-K9	CAMBIO
2	SEPS_APM_AP_PISO2A	AIR-CAP2602E-A-K9	CAMBIO
2	SEPS_APM_AP_PISO2A1	AIR-CAP2702E-A-K9	UTILIZABLE
2	SEPS_APM_AP_PISO2C	AIR-CAP2702E-A-K9	UTILIZABLE
3	SEPS_APM_AP_PISO3B	AIR-CAP2602E-A-K9	CAMBIO
3	SEPS_APM_AP_PISO3A	AIR-CAP2602E-A-K9	CAMBIO

3	SEPS_APM_AP_PISO3C	AIR-CAP2702E-A-K9	UTILIZABLE
4	SEPS_APM_AP_PISO4B	AIR-CAP2602E-A-K9	CAMBIO
4	SEPS_APM_AP_PISO4A	AIR-CAP2602E-A-K9	CAMBIO
4	SEPS_APM_AP_PISO4C	AIR-CAP2702E-A-K9	UTILIZABLE
5	SEPS_APM_AP_PISO5A	AIR-CAP2602E-A-K9	CAMBIO
5	SEPS_APM_AP_PISO5C	AIR-CAP2602E-A-K9	CAMBIO
5	SEPS_APM_AP_PISO5B	AIR-CAP2702E-A-K9	UTILIZABLE
6	SEPS_APM_AP_PISO6A	AIR-CAP2602E-A-K9	CAMBIO
6	SEPS_APM_AP_PISO6C	AIR-CAP2602E-A-K9	CAMBIO
6	SEPS_APM_AP_PISO6B	AIR-CAP2702E-A-K9	UTILIZABLE
7	SEPS_APM_AP_PISO7A	AIR-CAP2602E-A-K9	CAMBIO
7	SEPS_APM_AP_PISO7D	AIR-CAP2602E-A-K9	CAMBIO
7	SEPS_APM_AP_PISO7C	AIR-CAP2602E-A-K9	CAMBIO
7	SEPS_APM_AP_PISO7B	AIR-CAP2702E-A-K9	UTILIZABLE
8	SEPS_APM_AP_PISO8A	AIR-CAP2602E-A-K9	CAMBIO
8	SEPS_APM_AP_PISO8B	AIR-CAP2702E-A-K9	UTILIZABLE
8	SEPS_APM_AP_PISO8A	AIR-CAP2702E-A-K9	UTILIZABLE
PB	SEPS_APM_AP_PISOPBC	AIR-CAP2602E-A-K9	CAMBIO
PB	SEPS_APM_AP_PISOPBB	AIR-CAP2702E-A-K9	UTILIZABLE
TERRAZA	SEPS_APM_AP_TERRAZA	AIR-CAP2602E-A-K9	CAMBIO

Tabla 28. Puntos de Acceso disponibles en Edificio APM.

Con este análisis se establece que la institución dispone en el edificio de apartamentos modernos de 29 AP de los cuales 11 del modelo AIR-CAP2602E-A-K9 que soporta estándar 802.11ac y 18 AP que deben ser reemplazados para cumplir con el estándar. Cabe indicar que se deberá mantener la distribución actual de cada uno de los AP para garantizar la cobertura en todas las áreas, y una vez que se reemplacen los equipos realizar ajustes en la misma.

En cuanto a los equipos que se van a conectar a la WLAN con estándar 802.11ac la institución en el edificio de APM dispone de 260 equipos portátiles distribuidos en las distintas áreas que se acceden constantemente a la red institucional, de estos 255 son

dell, 3 Hewlett-Packard y 2 Lenovo, como se muestra en la tabla 29 y se resume en la ilustración 144.

Marca y Modelo	Suma de tipo
Dell Inc.	
Latitude E6430	44
Latitude E6440	210
CBX3	1
Total Dell Inc.	**255**
Hewlett-Packard	
HP EliteBook 8470p	1
HP ProBook 440 G4	1
HP ProBook 6360b	1
Total Hewlett-Packard	**3**
LENOVO	
80Q6	2
Total LENOVO	**2**
Total general	**260**

Tabla 29. Equipos portátiles de la institución.

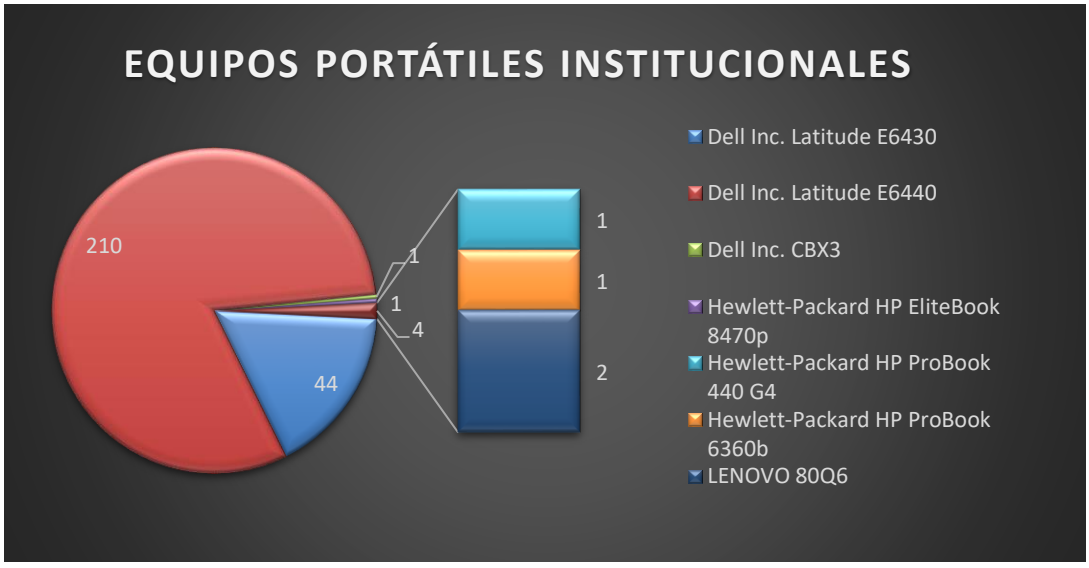


Ilustración 144. Equipos portátiles institucionales.

De los modelos de computadores portátiles que dispone la institución solamente dos computadores Lenovo disponen de tarjetas de red inalámbrica compatible con estándar 802.11ac tal como se puede observar en la tabla 30.

Marca	Modelo	Estándar Soportado
Dell	Latitude E6430	Dell Wireless 1504 - PCI Express Half Mini Card/802.11b/g/n, Bluetooth 4.0
Dell	Latitude E6440	Dell Wireless 1506 802.11b/g/n
Dell	CBX3	Dell Wireless 1540 802.11a/g/n (2.4GHz/5GHz)
HP	EliteBook 8470p	Bluetooth 4.0, Ethernet, Fast Ethernet, Gigabit Ethernet, IEEE 802.11a, IEEE 802.11b, IEEE 802.11g, IEEE 802.11n
HP	ProBook 440 G4	IEEE 802.11a, IEEE 802.11ac, IEEE 802.11ad, IEEE 802.11b, IEEE 802.11g, IEEE 802.11n
HP	ProBook 6360b	Ethernet, 802.11n Wi-Fi, Bluetooth
LENOVO	80Q6	Intel 3165 ac+BT,11ac,1x1, Intel Dual Band Wireless-AC 3165

Tabla 30.Estándares soportados por laptops institucionales.

Con este análisis se deberá proveer para cada computador portátil una tarjeta de red inalámbrica externa, es decir se requieren 258 dispositivos externos que soporten estándar 802.11ac para que todos los usuarios puedan disponer de las ventajas de utilizar esta tecnología cabe indicar que los equipos que no requieran mayores velocidades de conectividad a la red institucional pueden continuar utilizando los equipos con los que cuentan, ya que los AP mantendrán disponible la WLAN con protocolo 802.11n.

Existen varios tipos de antenas externas USB que pueden ser instaladas en las computadoras portátiles institucionales con el fin de permitir la conectividad a la WLAN con estándar 802.11ac, en la tabla 31 se muestra algunos modelos, estándar compatible, velocidad media de transferencia y marcas que se pueden tomar en cuenta para la adquisición.

MARCA	MODELO	ESTANDARES SOPORTADOS
TP-LINK	ARCHER T4U	5GHZ 11AC: UP TO 867MBPS(DYNAMIC) 11N: UP TO 300MBPS(DYNAMIC) 11A: UP TO 54MBPS(DYNAMIC) 2.4GHZ 11N: UP TO 400MBPS(DYNAMIC) 11G: UP TO 54MBPS(DYNAMIC) 11B: UP TO 11MBPS(DYNAMIC)
ASUS	USB-AC55	802.11A : 6,9,12,18,24,36,48,54 MBPS 802.11B : 1, 2, 5.5, 11 MBPS 802.11G : 6,9,12,18,24,36,48,54 MBPS 802.11N : UP TO 400 MBPS 802.11AC: UP TO 867 MBPS
D-LINK	DWA-182	5GHZ 11AC: UP TO 867MBPS 2.4GHZ 11N: UP TO 300MBPS
LINKSYS	WUSB6300	5GHZ 11AC: UP TO 867MBPS 2.4GHZ 11N: UP TO 300MBPS

Tabla 31. Dispositivos externos USB con estándar 802.11ac.

9.10 Propuesta económica para implementación.

Del análisis precedente se concluye la necesidad de adquirir 18 puntos de acceso inalámbrico cisco modelo AIR-CAP2702E-A-K9 y 258 antenas externas USB que soporten estándar 802.11ac, la entidad al ser una institución pública tiene que cumplir con las normas establecidas por el SERCOP para adquisición de bienes y servicios, es así que en la RESOLUCIÓN No. RE- SERCOP-2016-0000072, de fecha 31 de Agosto 2016, en su CAPÍTULO IV, "CÁLCULO DEL PRESUPUESTO REFERENCIAL A SER UTILIZADO EN UN PROCEDIMIENTO DE CONTRATACIÓN PÚBLICA DE BIENES, SERVICIOS O EJECUCIÓN DE OBRAS", en el artículo 147, indica que "Para la determinación del presupuesto referencial se deberá tomar como

referencia el último valor de adjudicación que haya realizado la propia entidad contratante o cualquier otra entidad referente a la adquisición de un bien, prestación de servicio incluido consultoría o ejecución de obras; de características, especificaciones técnicas o términos de referencia que determinen un alcance similar a las requeridas por la entidad contratante." Utilizando la fórmula:

$$Pref = Pu * Q_3$$

El Art. 148, indica que: "…la información disponible referente a precios anteriores de adjudicación de los bienes, servicios, incluidos los de consultoría o ejecución de obras requeridos por la entidad contratante se deberá observar:" y "2. Si los precios de adjudicaciones anteriores corresponden a distintos meses, éstos deberán actualizarse a la fecha de la nueva contratación en base a la inflación acumulada durante los meses de diferencia. Para ello la única información oficial será la que sea publicada mensualmente como inflación mensual por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC). La entidad contratante deberá actualizar el precio a partir de la inflación acumulada entre los meses de diferencia."

El mismo artículo indica, "…buscarán procedimientos de objetos contractuales similares, por palabras clave, dentro de los últimos veinticuatro (24) meses contados a partir de la fecha del informe de la unidad requirente que establezca la necesidad de contratación…",

[3] Pref = Presupuesto referencial de procedimiento de contratación similar
Pu= Precio unitario del bien requerido que deberá ser menor o igual que el último valor adjudicado por un bien de similares especificaciones técnicas (Pt-1).
Q= Cantidad requerida

De lo anterior, se establece que, para esta contratación, el presupuesto referencial se deberá tomar como referencia el último valor de adjudicación que haya realizado la propia entidad contratante.

Por tanto, en el portal de compras públicas, en la sección Búsqueda de Procesos, se realizó la búsqueda mediante el filtrado de los siguientes parámetros:

- Palabras claves: Puntos de Acceso
- Por Fechas de Publicación:
    - Del 01 de enero de 2015 - 30 de diciembre de 2015
    - Del 01 de enero de 2016 - 30 de diciembre de 2016

Código	Entidad Contratante	Objeto del proceso	Presupuesto referencial Sin IVA	Cantidad	Valor Unitario	Monto Adjudicado	Fecha de publicación	Fecha de adjudicación
SIE-SEPS-013-2015	SUPERINTENDENCIA DE ECONOMÍA POPULAR Y SOLIDARIA	Adquisición de Puntos de acceso inalámbrico para dotar de conectividad a los usuarios de la SEPS a la red inalámbrica corporativa en sus nuevas instalaciones, así como en las Dependencias e Intendencias Zonales a nivel nacional.	$ 31.610,02	16	$ 1.275,00	$20.400,00	2015-07-21	2015-08-11

Tabla 32.Información de procesos encontrados en portal de compras públicas.

De esta manera, en el portal de compras públicas se encontró el proceso SIE-SEPS-013-2015 del mes de Julio de 2015 con objeto "*ADQUISICIÓN DE PUNTOS DE ACCESO INALÁMBRICO PARA DOTAR DE CONECTIVIDAD A LOS USUARIOS DE LA SEPS A LA RED INALÁMBRICA CORPORATIVA EN SUS NUEVAS INSTALACIONES ASÍ COMO EN LAS DEPENDENCIAS E INTENDENCIAS ZONALES A NIVEL NACIONAL.*" adjudicado por un valor de $20.400 (VEINTE MIL

CUATROCIENTOS DÓLARES DE LOS ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA CON 00/100), este proceso se considera el adecuado para determinar el presupuesto referencial ya que es el último valor de adjudicación que realizó la institución en referencia al mismo objeto de contratación.

Tomando como referencia el índice de precios al consumidor (IPC)) [13], la inflación acumulada en el período de enero a septiembre de 2017 es de 0,04% determinada de la Tabla 33.

Mes	Inflación Mensual	Inflación Acumulada
ene-17	0,09%	0,09%
feb-17	0,20%	0,29%
mar-17	0,14%	0,42%
abr-17	0,43%	0,86%
may-17	0,05%	0,91%
jun-17	-0,58%	0,32%
jul-17	-0,14%	0,18%
ago-17	0,01%	0,20%
sep-17	-0,15%	0,04%

Tabla 33: Índice de precios al consumidor (IPC) [13].

Por tanto, la inflación mensual acumulada a septiembre de 2017 es de 0,04%[4] quedando la fórmula de la siguiente manera:

[4] Inflación Mensual – enero 2017 a septiembre 2017 - Fuente INEC – Página 6, Inflación: septiembre 2017.

$$\boldsymbol{Vi}^{5} = \boldsymbol{Vc}^{6} * \mathbf{0,04}\%$$

$$\boldsymbol{Pref} = (\boldsymbol{Pu} * \boldsymbol{Q}) + (\boldsymbol{Vi} * \boldsymbol{Q})$$

Siendo así el valor referencial:

$$\boldsymbol{Vi} = \boldsymbol{Vc} * \mathbf{0,04}\%$$

$$\boldsymbol{Vi} = 1.275 * 0{,}04\%$$

$$\boldsymbol{Vi} = \mathbf{0.51}$$

$$\boldsymbol{Pref} = (\boldsymbol{Pu} * \boldsymbol{Q}) + (\boldsymbol{Vi} * \boldsymbol{Q})$$

$$\boldsymbol{Pref} = (1.275 * 18) + (0.51 * 18)$$

$$\boldsymbol{Pref} = \mathbf{22.950 + 9.18}$$

$$\boldsymbol{Pref} = \mathbf{22.959.18}$$

En base al requerimiento de la institución de 18 Puntos de acceso inalámbricos y la normativa legal vigente, se establece el presupuesto referencial de USD 22.959,18 (VEINTE Y DOS MIL NOVECIENTOS CINCUENTA Y NUEVE DÓLARES DE LOS ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA CON 18/100) MÁS IVA, que corresponde al último valor de adjudicación que realizó la entidad referente al mismo objeto de contratación obtenido de lo determinado por el SERCOP.

En el caso de las 258 antenas USB inalámbricas se debe proceder de acuerdo a la normativa vigente del SERCOP, en donde el área requirente realizará el análisis de estudio de mercado donde se incluyan al menos 3 ofertas de empresas que provean el bien o servicio a adquirir.

[5] Valor producto de la inflación mensual acumulada en el período correspondiente
[6] Valor más bajo de adjudicaciones previas

En este sentido se realiza la solicitud a empresas del medio local que quieran participar en el estudio de mercado, teniendo como premisa que se requiere la adquisición de 258 adaptadores de la marca TP-Link modelo ARCHER T4U, este dispositivo se recomienda debido a que fue utilizado para la prueba realizada en este estudio, cumpliendo así con las especificaciones técnicas requeridas.

En la tabla 33 se presentan las ofertas recibidas de 3 proveedores que desearían participar en el estudio de mercado para la elaboración del estudio de mercado.

En base al requerimiento de 258 adaptadores de red inalámbrica presentados se sugiere estimar el presupuesto referencial que corresponde al menor valor presentado por la empresa 1, el cual corresponde a un valor de USD 6.450.

CANTIDAD	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	EMPRESA 1	EMPRESA 2	EMPRESA 3
17 ADAPTADORES USB TP-LINK	Estándares Inalámbricos IEEE 802.11ac, IEEE 802.11a, IEEE 802.11b, IEEE 802.11g, IEEE 802.11n	US$6.450	US$6.850	US$7.510
	Tasa de Señal 5GHz 11ac: Up to 867Mbps(dynamic) 11n: Up to 300Mbps(dynamic) 11a: Up to 54Mbps(dynamic) 2.4GHz 11n: Up to 400Mbps(dynamic) 11g: Up to 54Mbps(dynamic) 11b: Up to 11Mbps(dynamic)			
	Sensibilidad de Recepción 5GHz : 111a 6Mbps: -88dBm 11a 54Mbps: -71dBm 11nHT20 : -63dBm 11nHT40 : -61dBm 11ac HT20: -65dBm 11ac HT40: -60dBm 11ac HT80: -56dBm 2.4GHz: 11b 11Mbps: -90dBm 11g 54Mbps: -73dBm 11n HT20: -71dBm 11n HT40: -68dBm			
	Potencia de Transmisión <20dBm			
	Soporte WEP a 64/128 bit, WPA-PSK/WPA2-PSK 802.1x			
	Tipo de Antena: Omnidireccional			
	Interfaz: USB 3.0			
TOTAL PRESUPUESTO REFERENCIAL		**US$ 6.450**		

Tabla 34. Resumen de propuestas económicas.

Por lo tanto, el valor referencial para la ADQUISICIÓN DE ADAPTADORES DE RED INALÁMBRICA USB COMPATIBLES CON ESTÁNDAR 802.11AC es de $6.450,00 (SEIS MIL CUATROCIENTOS CINCUENTA DÓLARES DE LOS ESTADOS UNIDOS DE NORTE AMÉRICA CON 00/100) más IVA.

En consecuencia, para que la institución actualice la red inalámbrica institucional con estándar 802.11ac deberá realizar una inversión de $ 22.959,18 correspondiente a 18 puntos de acceso y $ 6.450 que corresponde a 258 adaptadores de red USB, dando un gran total de $ 29.409,18 (VEINTE Y NUEVE MIL CUATROCIENTOS NUEVE DÓLARES DE LOS ESTADOS UNIDOS DE NORTE AMÉRICA CON 18/100) más IVA.

10. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- La red inalámbrica institucional tiene una adecuada distribución de puntos de acceso, lo que permite disponer de cobertura de WLAN a la mayoría de las zonas que la requieren, esto permitirá ubicar el equipamiento que soporta estándar 802.11ac propuesto con la misma distribución, y a posterior realizar los ajustes necesarios.
- El volumen de información que transfiere la mayoría de los usuarios de la entidad y la concurrencia en el acceso a la red inalámbrica institucional hace que la percepción que se tiene del servicio no sea de los más óptimo, por lo que se requiere solucionar la velocidad de transmisión de los datos, especialmente al retroalimentar de información a los aplicativos considerados core de la institución, objetivo que será cubierto al implementar estándar 802.11ac.
- El equipamiento tecnológico de la institución es robusto y permite a largo plazo mantener el servicio, con estándares adecuados, siempre y cuando se considere realizar mejoras que van de la mano con el avance de la tecnología y las mejores prácticas.
- De acuerdo al estudio de mercado realizado, para la implementación de una infraestructura que permita disponer de una red inalámbrica de alta velocidad y óptimo rendimiento con estándar 802.11 ac es necesaria la inversión de $29.409,18 que incluye la adquisición de 18 puntos de acceso y 258 adaptadores de red inalámbrica que en conjunto soportan la tecnología objeto del análisis.

- El estándar 802.11ac al ser totalmente compatible con el estándar 802.11n que actualmente está disponible en la entidad, permite continuar utilizando equipos y dispositivos que no admitan la actualización al estándar propuesto, claro está sin aprovechar las ventajas anteriormente citadas.

Recomendaciones

- En lo posible mantener un solo modelo de puntos de acceso en el edificio debido a que, de la experiencia obtenida con este análisis, se identificó que al pasar de una zona de cobertura a otra en donde se tiene distinto modelo de AP la funcionalidad de roming no funciona adecuadamente y existen tiempos de retardo en la interconexión, caso opuesto al realizar este ejercicio con equipos del mismo modelo donde este proceso es transparente.
- Del análisis de las zonas de color que indican la cobertura de los puntos de acceso por piso se pudo evidenciar que hay equipos que requieren reubicaciones cercanas a su punto de origen, con el fin de evitar fuentes de interferencia que disminuyen el alcance de la señal.
- Tomar en consideración el análisis realizado con el fin de mejorar el rendimiento de la red inalámbrica institucional de la SEPS, lo que permitirá la optimización de los tiempos de transferencia de información y por ende la mejora de la productividad de los usuarios que hacen uso de este servicio.

11. BIBLIOGRAFÍA

[1] Alberto Escudero. (Octubre 2007). Estándares en Tecnologías Inalámbricas. Obtenido de http://www.wilac.net/tricalcar

[2] Pablo Brenner. (Julio 1996). A Technical Tutorial on the IEEE 802.11 Protocol. Obtenido de http://www.sss-mag.com/pdf/802_11tut.pdf

[3] Pietro Nicoletti. (Junio 2005). IEEE 802.11 frame format. Obtenido de http://www.studioreti.it

[4] David Jamieson. (Octubre 2003). White Paper IEEE 802.11a. Obtenido de https://www.vocal.com/wp-content/uploads/2012/05/80211a_wp1pdf.pdf.

[5] Janet Rutigliano. (Septiembre 1999). Supplement to IEEE Standard for Information technology. Obtenido de IEEE Std 802.11b-1999 (R2003).

[6] Ian Poole. (Marzo 2006). IEEE 802.11g Wi-Fi Tutorial. Obtenido de http://www.radio-electronics.com/info/wireless/wi-fi/ieee-802-11g.php

[7] National Instruments. (Septiembre 2015). WLAN - 802.11 a, b, g and n. Obtenido de http://www.ni.com/tutorial/7131/en/

[8] HUAWEI TECHNOLOGIES CO., LTD. (Abril 2014). WLAN 802.11ac Technology White Paper. Obtenido de http://www.huawei.com

[9] CISCO. (Mayo 2017). 802.11ac: The Fifth Generation of Wi-Fi Technical White Paper. Obtenido de http://www.cisco.com

[10] Portal para búsqueda de protocolos. (2017). Adminsub.net. Obtenido de https://es.adminsub.net/tcp-udp-port-finder

[11] Portal de CISCO. (2017). Productos y servicios. Obtenido de https://www.cisco.com/c/en/us/products/wireless/access-points/index.html#~stickynav=1

[12] Cisco Networking Academy. (2014). CCNA-1-Mod02-ancho-de-banda. Obtenido de https://es.scribd.com/document/109341707/CCNA-1-Mod02-ancho-de-banda

[13] Indice de precios al consumidor. (2017). INEC. Obtenido de http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Inflacion/2017/Septiembre- 2017/01%20ipc%20 PresentacionIPCseptiembre2017.pdf

ANEXO 1

CARACTERÍSTICAS DE PUNTOS DE ACCESO			
ITEM	**AIR-CAP2602E-A-K9**	**AIR-CAP3501E-A-K9**	**AIR-CAP2702E-A-K9**
Software	Cisco Unified Wireless Network Software Release 7.2.110 or later.	Cisco Unified Wireless Network Software Release 7.0 or later (autonomous IOS not supported)	Cisco Unified Wireless Network Software Release 7.6MR2 or later
802.11n Funciones de la versión 2.0 (y relacionadas)	● 3x4 multiple-input multiple-output (MIMO) with three spatial streams	• 2x3 multiple-input multiple-output (MIMO) with two spatial streams	● 3x4 MIMO with three spatial streams
	● Maximal ratio combining (MRC)	• Maximal ratio combining (MRC)	● Maximal ratio combining (MRC)
	● 802.11n and 802.11a/g beamforming	• Legacy beamforming	● 802.11n and 802.11a/g beamforming
	● 20- and 40-MHz channels	• 20- and 40-MHz channels	● 20- and 40-MHz channels
	● PHY data rates up to 450 Mbps (40-MHz with 5 GHz)	• PHY data rates up to 300 Mbps	● PHY data rates up to 450 Mbps (40 MHz with 5 GHz)
	● Packet aggregation: Aggregated MAC Protocol Data Unit (A-MPDU) (Tx/Rx), Aggregated MAC Protocol Service Unit (A-MSDU) (Tx/Rx)	• Packet aggregation: A-MPDU (Tx/Rx), A-MSDU (Tx/Rx)	● Packet aggregation: A-MPDU (Tx/Rx), A-MSDU (Tx/Rx)
	● 802.11 dynamic frequency selection (DFS)	• 802.11 dynamic frequency selection (DFS)	● 802.11 dynamic frequency selection (DFS)
	● Cyclic shift diversity (CSD) support	• Cyclic shift diversity (CSD) support	● Cyclic shift diversity (CSD) support
Capacidades de la onda 1 (802.11ac)			● 3x4 MIMO with three spatial streams
			● MRC
			● 802.11ac beamforming
			● 20-, 40-, and 80-MHz channels
			● PHY data rates up to 1.3 Gbps (80 MHz in 5 GHz)
			● Packet aggregation: A-MPDU (Tx/Rx), A-MSDU (Tx/Rx)
			● 802.11 DFS
			● CSD support
Velocidad de datos soportada	802.11a: 6, 9, 12, 18, 24, 36, 48, and 54 Mbps	802.11a: 6, 9, 12, 18, 24, 36, 48, and 54 Mbps	802.11a: 6, 9, 12, 18, 24, 36, 48, and 54 Mbps
	802.11bg: 1, 2, 5.5, 6, 9, 11, 12, 18, 24, 36, 48, and 54 Mbps	802.11g: 1, 2, 5.5, 6, 9, 11, 12, 18, 24, 36, 48, and 54 Mbps	802.11g: 1, 2, 5.5, 6, 9, 11, 12, 18, 24, 36, 48, and 54 Mbps

802.11n data rates (2.4 GHz[7] and 5 GHz):					802.11n data rates (2.4 GHz and 5 GHz):					802.11n data rates on 2.4 GHz:			
MCS Index[8]	GI[9]= 800ns		GI = 400ns		MCS Index	GI = 800ns		GI = 400ns		MCS Index	GI= 800 ns	GI = 400 ns	
	20-MHz Rate (Mbps)	40-MHz Rate (Mbps)	20-MHz Rate (Mbps)	40-MHz Rate (Mbps)		20-MHz Rate (Mbps)	40-MHz Rate (Mbps)	20-MHz Rate (Mbps)	40-MHz Rate (Mbps)		20-MHz Rate (Mbps)	20-MHz Rate (Mbps)	
0	6.5	13.5	7.2	15	0	6.5	13.5	7.2	15	0	6.5	7.2	
1	13	27	14.4	30	1	13	27	14.4	30	1	13	14.4	
2	19.5	40.5	21.7	45	2	19.5	40.5	21.7	45	2	19.5	21.7	
3	26	54	28.9	60	3	26	54	28.9	60	3	26	28.9	
4	39	81	43.3	90	4	39	81	43.3	90	4	39	43.3	
5	52	108	57.8	120	5	52	108	57.8	120	5	52	57.8	
6	58.5	121.5	65	135	6	58.5	121.5	65	135	6	58.5	65	
7	65	135	72.2	150	7	65	135	72.2	150	7	65	72.2	
8	13	27	14.4	30	8	13	27	14.4	30	8	13	14.4	
9	26	54	28.9	60	9	26	54	28.9	60	9	26	28.9	
10	39	81	43.3	90	10	39	81	43.3	90	10	39	43.3	
11	52	108	57.8	120	11	52	108	57.8	120	11	52	57.8	
12	78	162	86.7	180	12	78	162	86.7	180	12	78	86.7	
13	104	216	115.6	240	13	104	216	115.6	240	13	104	115.6	
14	117	243	130	270	14	117	243	130	270	14	117	130	
15	130	270	144.4	300	15	130	270	144.4	300	15	130	144.4	

[7] 2.4 GHz: 2 GHz no soporta 40 MHz
[8] Índice MCS: El índice de modulación y esquema de codificación (MCS) determina el número de flujos espaciales, la modulación, la tasa de codificación y los valores de velocidad de datos.
[9] GI: Un intervalo de guardia (GI) entre símbolos ayuda a los receptores a superar los efectos de los retrasos de trayectos múltiples.

16	19.5	40.5	21.7	45
17	39	81	43.3	90
18	58.5	121.5	65	135
19	78	162	86.7	180
20	117	243	130	270
21	156	324	173.3	360
22	175.5	364.5	195	405
23	195	405	216.7	450

16	19.5	21.7	
17	39	43.3	
18	58.5	65	
19	78	86.7	
20	117	130	
21	156	173.3	
22	175.5	195	
23	195	216.7	

802.11ac data rates (5 GHz):

MCS Index	Spatial Streams	GI[4] = 800ns			GI = 400ns		
		20-MHz Rate (Mbps)	40-MHz Rate (Mbps)	80-MHz Rate (Mbps)	20-MHz Rate (Mbps)	40-MHz Rate (Mbps)	80-MHz Rate (Mbps)
0	1	6.5	13.5	29.3	7.2	15	32.5
1	1	13	27	58.5	14.4	30	65
2	1	19.5	40.5	87.8	21.7	45	97.5
3	1	26	54	117	28.9	60	130
4	1	39	81	175.5	43.3	90	195
5	1	52	108	234	57.8	120	260
6	1	58.5	121.5	263.3	65	135	292.5
7	1	65	135	292.5	72.2	150	325
8	1	78	162	351	86.7	180	390
9	1	-	180	390	-	200	433.3
0	2	13	27	58.5	14.4	30	65

					1	2	26	54	117	28.9	60	130
					2	2	39	81	175.5	43.3	90	195
					3	2	52	108	234	57.8	120	260
					4	2	78	162	351	86.7	180	390
					5	2	104	216	468	115.6	240	520
					6	2	117	243	526.5	130	270	585
					7	2	130	270	585	144.4	300	650
					8	2	156	324	702	173.3	360	780
					9	2	78	780	780	-	400	866.7
					0	3	19.5	40.5	87.8	21.7	45	97.5
					1	3	39	81	175.5	43.3	90	195
					2	3	58.5	121.5	263.3	65	135	292.5
					3	3	78	162	351	86.7	180	390
					4	3	117	243	526.5	130	270	585
					5	3	156	324	702	173.3	360	780
					6	3	175.5	364.5	-	195	405	-
					7	3	195	405	877.5	216.7	450	975
					8	3	234	486	1053	260	540	1170
					9	3	260	540	1170	288.9	600	1300

Banda de frecuencia y canales operativos de 20 MHz	A (A regulatory domain - FCC):	N (N regulatory domain - Non FCC):	A (A regulatory domain):	N (N regulatory domain):	A (A regulatory domain):	N (N regulatory domain):
	● 2.412 to 2.462 GHz; 11 channels	● 2.412 to 2.462 GHz; 11 channels	• 2.412 to 2.462 GHz; 11 channels	• 2.412 to 2.462 GHz; 11 channels	● 2.412 to 2.462 GHz; 11 channels	● 2.412 to 2.462 GHz; 11 channels
	● 5.180 to 5.320 GHz; 8 channels	● 5.180 to 5.320 GHz; 8 channels	• 5.180 to 5.320 GHz; 8 channels	• 5.180 to 5.320 GHz; 8 channels	● 5.180 to 5.320 GHz; 8 channels	● 5.180 to 5.320 GHz; 8 channels
	● 5.500 to 5.700 GHz, 8 channels	● 5.745 to 5.825 GHz; 5 channels	• 5.500 to 5.700 GHz, 8 channels	• 5.745 to 5.825 GHz; 5 channels	● 5.500 to 5.700 GHz; 8 channels	● 5.745 to 5.825 GHz; 5 channels

(excludes 5.600 to 5.640 GHz)	Q (Q regulatory domain):	(excludes 5.600 to 5.640 GHz)	Q (Q regulatory domain):	(excludes 5.600 to 5.640 GHz)	Q (Q regulatory domain):
● 5.745 to 5.825 GHz; 5 channels	● 2.412 to 2.472 GHz; 13 channels	• 5.745 to 5.825 GHz; 5 channels	• 2.412 to 2.472 GHz; 13 channels	● 5.745 to 5.825 GHz; 5 channels	● 2.412 to 2.472 GHz; 13 channels
C (C regulatory domain):	● 5.180 to 5.320 GHz; 8 channels	C (C regulatory domain):	• 5.180 to 5.320 GHz; 8 channels	B (B regulatory domain):	● 5.180 to 5.320 GHz; 8 channels
● 2.412 to 2.472 GHz; 13 channels	● 5.500 to 5.700 GHz; 11 channels	• 2.412 to 2.472 GHz; 13 channels	• 5.500 to 5.700 GHz; 11 channels	● 2.412 to 2.462 GHz; 11 channels	● 5.500 to 5.700 GHz; 11 channels
● 5.745 to 5.825 GHz; 5 channels	R (R regulatory domain):	• 5.745 to 5.825 GHz; 5 channels	S (S regulatory domain):	● 5.180 to 5.320 GHz; 8 channels	R (R regulatory domain):
E (E regulatory domain - ETSI):	● 2.412 to 2.472 GHz; 13 channels	E (E regulatory domain):	• 2.412 to 2.472 GHz; 13 channels	● 5.500 to 5.720 GHz; 12 channels	● 2.412 to 2.472 GHz; 13 channels
● 2.412 to 2.472 GHz; 13 channels	● 5.180 to 5.320 GHz; 8 channels	• 2.412 to 2.472 GHz; 13 channels	• 5.180 to 5.320 GHz; 8 channels	● 5.745 to 5.825 GHz; 5 channels	● 5.180 to 5.320 GHz; 8 channels
● 5.180 to 5.320 GHz; 8 channels	● 5,660 to 5,805 GHz, 7 channels	• 5.180 to 5.320 GHz; 8 channels	• 5.745 to 5.825 GHz; 5 channels	C (C regulatory domain):	● 5,660 to 5,805 GHz; 7 channels
● 5.500 to 5.700 GHz, 8 channels	S (~~-~~S regulatory domain):	• 5.500 to 5.700 GHz, 8 channels	T (T regulatory domain):	● 2.412 to 2.472 GHz; 13 channels	S (S regulatory domain):
(excludes 5.600 to 5.640 GHz)	● 2.412 to 2.472 GHz; 13 channels	(excludes 5.600 to 5.640 GHz)	• 2.412 to 2.462 GHz; 11 channels	● 5.745 to 5.825 GHz; 5 channels	● 2.412 to 2.472 GHz; 13 channels
I (I regulatory domain):	● 5.180 to 5.320 GHz; 8 channels	I (I regulatory domain):	• 5.280 to 5.320 GHz; 3 channels	D (D regulatory domain):	● 5.180 to 5.320 GHz; 8 channels
● 2.412 to 2.472 GHz, 13 channels	● 5.500 to 5.700 GHz; 11 channels	• 2.412 to 2.472 GHz, 13 channels	• 5.500 to 5.700 GHz, 11 channels	● 2.412 to 2.462 GHz; 11 channels	● 5.500 to 5.700 GHz;, 11 channels
● 5.180 to 5.320 GHz; 8 channels	● 5.745 to 5.825 GHz; 5 channels	• 5.180 to 5.320 GHz; 8 channels	• 5.745 to 5.825 GHz; 5 channels	● 5.180 to 5.320 GHz; 8 channels	● 5.745 to 5.825 GHz; 5 channels
K (K regulatory domain):	T (T regulatory domain):	K (K regulatory domain):		● 5.745 to 5.865 GHz; 7 channels	T (T regulatory domain):
● 2.412 to 2.472 GHz; 13 channels	● 2.412 to 2.462 GHz; 11 channels	• 2.412 to 2.472 GHz; 13 channels		E (E regulatory domain):	● 2.412 to 2.462 GHz; 11 channels
● 5.180 to 5.320 GHz; 8 channels	● 5.280 to 5.320 GHz; 3 channels	• 5.180 to 5.320 GHz; 8 channels		● 2.412 to 2.472 GHz; 13 channels	● 5.280 to 5.320 GHz; 3 channels
● 5.500 to 5.620 GHz, 7 channels	● 5.500 to 5.700 GHz, 8 channels	• 5.500 to 5.620 GHz, 7 channels		● 5.180 to 5.320 GHz; 8 channels	● 5.500 to 5.700 GHz; 8 channels
● 5.745 to 5.805 GHz, 4 channels	(excludes 5.600 to 5.640 GHz)	• 5.745 to 5.805 GHz, 4 channels		● 5.500 to 5.700 GHz; 8 channels	(excludes 5.600 to 5.640 GHz)

		● 5.745 to 5.825 GHz; 5 channels			(excludes 5.600 to 5.640 GHz)	● 5.745 to 5.825 GHz; 5 channels
		Z (Z regulatory domain):			F (F regulatory domain):	Z (Z regulatory domain):
		● 2.412 to 2.462 GHz; 11 channels			● 2.412 to 2.472 GHz; 13 channels	● 2.412 to 2.462 GHz; 11 channels
		● 5.180 to 5.320 GHz; 8 channels			● 5.180 to 5.320 GHz; 8 channels	● 5.180 to 5.320 GHz; 8 channels
		● 5.500 to 5.700 GHz, 8 channels			● 5.500 to 5.700 GHz; 8 channels	● 5.500 to 5.700 GHz; 8 channels
		(excludes 5.600 to 5.640 GHz)			(excludes 5.600 to 5.640 GHz)	(excludes 5.600 to 5.640 GHz)
		● 5.745 to 5.825 GHz; 5 channels			H (H regulatory domain):	● 5.745 to 5.825 GHz; 5 channels
					● 2.412 to 2.472 GHz; 13 channels	
					● 5.150 to 5.350 GHz; 8 channels	
					● 5.745 to 5.825 GHz; 5 channels	
					I (I regulatory domain):	
					● 2.412 to 2.472 GHz; 13 channels	
					● 5.180 to 5.320 GHz; 8 channels	
					K (K regulatory domain):	
					● 2.412 to 2.472 GHz; 13 channels	
					● 5.180 to 5.320 GHz; 8 channels	
					● 5.500 to 5.620 GHz; 7 channels	
					● 5.745 to 5.805 GHz; 4 channels	
Número máximo de canales no	2.4 GHz	5 GHz	2.4 GHz	5 GHz	2.4 GHz	5 GHz
	● 802.11b/g:	● 802.11a:	• 802.11b/g:	• 802.11a:	● 802.11b/g:	● 802.11a:
	◦ 20 MHz: 3	◦ 20 MHz: 21	• 20 MHz: 3	• 20 MHz: 21	◦ 20 MHz: 3	◦ 20 MHz: 21
	● 802.11n:	● 802.11n:	• 802.11n:	• 802.11n:	● 802.11n:	● 802.11n:

emparejados	◦ 20 MHz: 3		◦ 20 MHz: 21	• 20 MHz: 3		• 20 MHz: 21	◦ 20 MHz: 3		◦ 20 MHz: 21
			◦ 40 MHz: 9			• 40 MHz: 9			◦ 40 MHz: 9
									● 802.11ac:
									◦ 20 MHz: 21
									◦ 40 MHz: 9
									◦ 80 MHz: 5
Sensibilidad de recepción	● 802.11b (CCK)	● 802.11g (non HT20)	● 802.11a (non HT20)	802.11b (CCK)	802.11g (non HT20)	802.11a (non HT20)	● 802.11b (CCK)	● 802.11g (non HT20)	● 802.11a (non HT20)
	◦ -100 dBm @ 1 Mb/s	◦ -91 dBm @ 6 Mb/s	◦ -92 dBm @ 6 Mb/s	-101 dBm @ 1 Mb/s	-92 dBm @ 6 Mb/s	-93 dBm @ 6 Mb/s	◦ -102 dBm @ 1 Mbps	◦ -93 dBm @ 6 Mbps	◦ -93 dBm @ 6 Mbps
	◦ -99 dBm @ 2 Mb/s	◦ -91 dBm @ 9 Mb/s	◦ -92 dBm @ 9 Mb/s	-98 dBm @ 2 Mb/s	-92 dBm @ 9 Mb/s	-93 dBm @ 9 Mb/s	◦ -100 dBm @ 2 Mbps	◦ -93 dBm @ 9 Mbps	◦ -93 dBm @ 9 Mbps
	◦ -92 dBm @ 5.5 Mb/s	◦ -91 dBm @ 12 Mb/s	◦ -92 dBm @ 12 Mb/s	-92 dBm @ 5.5 Mb/s	-92 dBm @ 12 Mb/s	-92 dBm @ 12 Mb/s	◦ -93 dBm @ 5.5 Mbps	◦ -93 dBm @ 12 Mbps	◦ -93 dBm @ 12 Mbps
	◦ -88 dBm @ 11 Mb/s	◦ -90 dBm @ 18 Mb/s	◦ -92 dBm @ 18 Mb/s	-89 dBm @ 11 Mb/s	-90 dBm @ 18 Mb/s	-90 dBm @ 18 Mb/s	◦ -90 dBm @ 11 Mbps	◦ -92 dBm @ 18 Mbps	◦ -92 dBm @ 18 Mbps
		◦ -87 dBm @ 24 Mb/s	◦ -89 dBm @ 24 Mb/s		-86 dBm @ 24 Mb/s	-87 dBm @ 24 Mb/s		◦ -89 dBm @ 24 Mbps	◦ -89 dBm @ 24 Mbps
		◦ -85 dBm @ 36 Mb/s	◦ -86 dBm @ 36 Mb/s		-84 dBm @ 36 Mb/s	-84 dBm @ 36 Mb/s		◦ -86 dBm @ 36 Mbps	◦ -86 dBm @ 36 Mbps

	◦ -80 dBm @ 48 Mb/s	◦ -81 dBm @ 48 Mb/s		-79 dBm @ 48 Mb/s	-79 dBm @ 48 Mb/s			◦ -81 dBm @ 48 Mbps	◦ -81 dBm @ 48 Mbps			
	◦ -78 dBm @ 54 Mb/s	◦ -79 dBm @ 54 Mb/s		-78 dBm @ 54 Mb/s	-79 dBm @ 54 Mb/s			◦ -80 dBm @ 54 Mbps	◦ -80 dBm @ 54 Mbps			
2.4-GHz		5-GHz	5-GHz	2.4-GHz		5-GHz	5-GHz	2.4 GHz		5 GHz	5 GHz	
● 802.11n (HT20)		● 802.11n (HT20)	● 802.11n (HT40)	802.11n (HT20)		802.11n (HT20)	802.11n (HT40)	● 802.11n (HT20)		● 802.11n (HT20)	● 802.11n (HT40)	
◦ -91 dBm @ MCS0		◦ -92 dBm @ MCS0	◦ -89 dBm @ MCS0	-92 dBm @ MCS0		-93 dBm @ MCS0	-91 dBm @ MCS0	◦ -93 dBm @ MCS0		◦ -93 dBm @ MCS0	◦ -90 dBm @ MCS0	
◦ -90 dBm @ MCS1		◦ -91 dBm @ MCS1	◦ -88 dBm @ MCS1	-90 dBm @ MCS1		-91 dBm @ MCS1	-89 dBm @ MCS1	◦ -93 dBm @ MCS1		◦ -93 dBm @ MCS1	◦ -89 dBm @ MCS1	
◦ -90 dBm @ MCS2		◦ -90 dBm @ MCS2	◦ -87 dBm @ MCS2	-88 dBm @ MCS2		-89 dBm @ MCS2	-87 dBm @ MCS2	◦ -91 dBm @ MCS2		◦ -91 dBm @ MCS2	◦ -88 dBm @ MCS2	
◦ -88 dBm @ MCS3		◦ -87 dBm @ MCS3	◦ -84 dBm @ MCS3	-85 dBm @ MCS3		-86 dBm @ MCS3	-83 dBm @ MCS3	◦ -88 dBm @ MCS3		◦ -88 dBm @ MCS3	◦ -85 dBm @ MCS3	
◦ -85 dBm @ MCS4		◦ -84 dBm @ MCS4	◦ -81 dBm @ MCS4	-82 dBm @ MCS4		-83 dBm @ MCS4	-80 dBm @ MCS4	◦ -85 dBm @ MCS4		◦ -85 dBm @ MCS4	◦ -82 dBm @ MCS4	

	◦ -80 dBm @ MCS5		◦ -80 dBm @ MCS5	◦ -76 dBm @ MCS5	-77 dBm @ MCS5		-78 dBm @ MCS5	-75 dBm @ MCS5	◦ -80 dBm @ MCS5		◦ -81 dBm @ MCS5	◦ -77 dBm @ MCS5
	◦ -78 dBm @ MCS6		◦ -78 dBm @ MCS6	◦ -74 dBm @ MCS6	-76 dBm @ MCS6		-77 dBm @ MCS6	-74 dBm @ MCS6	◦ -79 dBm @ MCS6		◦ -79 dBm @ MCS6	◦ -76 dBm @ MCS6
	◦ -75 dBm @ MCS7		◦ -75 dBm @ MCS7	◦ -73 dBm @ MCS7	-74 dBm @ MCS7		-75 dBm @ MCS7	-72 dBm @ MCS7	◦ -78 dBm @ MCS7		◦ -78 dBm @ MCS7	◦ -75 dBm @ MCS7
	◦ -90 dBm @ MCS8		◦ -92 dBm @ MCS8	◦ -89 dBm @ MCS8	-92 dBm @ MCS8		-87 dBm @ MCS8	-86 dBm @ MCS8	◦ -93 dBm @ MCS8		◦ -93 dBm @ MCS8	◦ -90 dBm @ MCS8
	◦ -90 dBm @ MCS9		◦ -90 dBm @ MCS9	◦ -87 dBm @ MCS9	-90 dBm @ MCS9		-87 dBm @ MCS9	-85 dBm @ MCS9	◦ -91 dBm @ MCS9		◦ -91 dBm @ MCS9	◦ -88 dBm @ MCS9
	◦ -89 dBm @ MCS10		◦ -88 dBm @ MCS10	◦ -85 dBm @ MCS10	-87 dBm @ MCS10		-85 dBm @ MCS10	-84 dBm @ MCS10	◦ -89 dBm @ MCS10		◦ -89 dBm @ MCS10	◦ -86 dBm @ MCS10
	◦ -86 dBm @ MCS11		◦ -85 dBm @ MCS11	◦ -81 dBm @ MCS11	-85 dBm @ MCS11		-83 dBm @ MCS11	-80 dBm @ MCS11	◦ -86 dBm @ MCS11		◦ -86 dBm @ MCS11	◦ -83 dBm @ MCS11
	◦ -82 dBm @ MCS12		◦ -81 dBm @ MCS12	◦ -78 dBm @ MCS12	-82 dBm @ MCS12		-79 dBm @ MCS12	-77 dBm @ MCS12	◦ -83 dBm @ MCS12		◦ -83 dBm @ MCS12	◦ -79 dBm @ MCS12

	◦ -78 dBm @ MCS13		◦ -77 dBm @ MCS13	◦ -74 dBm @ MCS13	-77 dBm @ MCS13		-75 dBm @ MCS13	-72 dBm @ MCS13	◦ -79 dBm @ MCS13		◦ -78 dBm @ MCS13	◦ -75 dBm @ MCS13
	◦ -77 dBm @ MCS14		◦ -76 dBm @ MCS14	◦ -72 dBm @ MCS14	-75 dBm @ MCS14		-73 dBm @ MCS14	-71 dBm @ MCS14	◦ -77 dBm @ MCS14		◦ -77 dBm @ MCS14	◦ -74 dBm @ MCS14
	◦ -75 dBm @ MCS15		◦ -74 dBm @ MCS15	◦ -71 dBm @ MCS15	-74 dBm @ MCS15		-72 dBm @ MCS15	-70 dBm @ MCS15	◦ -76 dBm @ MCS15		◦ -75 dBm @ MCS15	◦ -72 dBm @ MCS15
	◦ -90 dBm @ MCS16		◦ -91 dBm @ MCS16	◦ -88 dBm @ MCS16					◦ -93 dBm @ MCS16		◦ -93 dBm @ MCS16	◦ -89 dBm @ MCS16
	◦ -89 dBm @ MCS17		◦ -89 dBm @ MCS17	◦ -85 dBm @ MCS17					◦ -90 dBm @ MCS17		◦ -90 dBm @ MCS17	◦ -87 dBm @ MCS17
	◦ -87 dBm @ MCS18		◦ -86 dBm @ MCS18	◦ -83 dBm @ MCS18					◦ -88 dBm @ MCS18		◦ -88 dBm @ MCS18	◦ -85 dBm @ MCS18
	◦ -84 dBm @ MCS19		◦ -83 dBm @ MCS19	◦ -79 dBm @ MCS19					◦ -84 dBm @ MCS19		◦ -85 dBm @ MCS19	◦ -81 dBm @ MCS19
	◦ -81 dBm @ MCS20		◦ -80 dBm @ MCS20	◦ -76 dBm @ MCS20					◦ -82 dBm @ MCS20		◦ -82 dBm @ MCS20	◦ -79 dBm @ MCS20
	◦ -76 dBm @ MCS21		◦ -75 dBm @ MCS21	◦ -72 dBm @ MCS21					◦ -77 dBm @ MCS21		◦ -77 dBm @ MCS21	◦ -74 dBm @ MCS21
	◦ -75 dBm @ MCS22		◦ -74 dBm @ MCS22	◦ –70 dBm @ MCS22					◦ -76 dBm @ MCS22		◦ -76 dBm @ MCS22	◦ -73 dBm @ MCS22

	◦ -74 dBm @ MCS23		◦ –73 dBm @ MCS23	◦ -69 dBm @ MCS23			◦ -74 dBm @ MCS23		◦ -75 dBm @ MCS23	◦ -71 dBm @ MCS23				
							802.11ac Receive Sensitivity							
							802.11ac (non HT80)							
							● -86 dBm @ 6 Mbps							
							● -75 dBm @ 54 Mbps							
							MCS Index	Spatial Streams	VHT20	VHT40	VHT80	VTH20-STBC	VHT40-STBC	VHT80-STBC
							0	1	-92 dBm	-89 dBm	-85 dBm	-92 dBm	-89 dBm	-85 dBm
							8	1	-74 dBm			-74 dBm		
							9	1		-69 dBm	-66 dBm		-69 dBm	-66 dBm
							0	2	-92 dBm	-88 dBm	-85 dBm			
							8	2	-72 dBm					
							9	2		-67 dBm	-63 dBm			
							0	3	-92 dBm	-88 dBm	-84 dBm			
							9	3	-68 dBm	-66 dBm	-62 dBm			
Máxima potencia de transmisión	2.4 GHz		5 GHz		2.4 GHz	5 GHz	2.4 GHz				5 GHz			
	● 802.11b		● 802.11a		• 802.11b	• 802.11a	● 802.11b				● 802.11a			
	◦ 22 dBm: 3 Antennas		◦ 23 dBm: 4 Antennas		• 23 dBm with 2 antennas	• 20 dBm with 2 antennas	◦ 22 dBm, 3 antennas				◦ 23 dBm, 4 antennas			
	● 802.11g		● 802.11n (HT20)		• 802.11g	• 802.11n non-HT duplicate mode	● 802.11g				● 802.11n (HT20)			

	◦ 22 dBm: 3 Antennas	◦ 23 dBm: 4 Antennas	• 20 dBm with 2 antennas	• 20 dBm with 2 antennas	◦ 22 dBm, 3 antennas	◦ 23 dBm, 4 antennas
	● 802.11n (HT20)	● 802.11n (HT40)	• 802.11n (non-HT duplicate mode)	• 802.11n (HT20)	● 802.11n (HT20)	● 802.11n (HT40)
	◦ 22 dBm: 3 Antennas	◦ 23 dBm: 4 Antennas	• 20 dBm with 2 antennas	• 20 dBm with 2 antennas	◦ 22 dBm, 3 antennas	◦ 23 dBm, 4 antennas
			• 802.11n (HT20)	• 802.11n (HT40)		● 802.11ac
			• 20 dBm with 2 antennas	• 20 dBm with 2 antennas		◦ non-HT80: 23 dBm, 4 antennas
						◦ VHT20 23 dBm, 4 antennas
						◦ VHT40: 23 dBm, 4 antennas
						◦ VHT80: 23 dBm, 4 antennas
						◦ VHT20-STBC: 23 dBm, 4 antennas
						◦ VHT40-STBC: 23 dBm, 4 antennas
						◦ VHT80-STBC: 23 dBm, 4 antennas
Configuración de alimentación de transmisión disponible	2.4 GHz	5 GHz	2.4 GHz	5 GHz	2.4 GHz	5 GHz
	● 22 dBm (160 mW)	● 23 dBm (200 mW)	23 dBm (200 mW) CCK Only	20 dBm (100 mW)	● 22 dBm (160 mW)	● 23 dBm (200 mW)
	● 19 dBm (80 mW)	● 20 dBm (100 mW)	20 dBm (100 mW)	17 dBm (50 mW)	● 19 dBm (80 mW)	● 20 dBm (100 mW)
	● 16 dBm (40 mW)	● 17 dBm (50 mW)	17 dBm (50 mW)	14 dBm (25 mW)	● 16 dBm (40 mW)	● 17 dBm (50 mW)
	● 13 dBm (20 mW)	● 14 dBm (25 mW)	14 dBm (25 mW)	11 dBm (12.5 mW)	● 13 dBm	● 14 dBm (25 mW)

					(20 mW)			
	● 10 dBm (10 mW)	● 11 dBm (12.5 mW)	11 dBm (12.5 mW)	8 dBm (6.25 mW)	● 10 dBm (10 mW)			● 11 dBm (12.5 mW)
	● 7 dBm (5 mW)	● 8 dBm (6.25 mW)	8 dBm (6.25 mW)	5 dBm (3.13 mW)	● 7 dBm (5 mW)			● 8 dBm (6.25 mW)
	● 4 dBm (2.5 mW)	● 5 dBm (3.13 mW)	5 dBm (3.13 mW)	2 dBm (1.56 mW)	● 4 dBm (2.5 mW)			● 5 dBm (3.13 mW)
			2 dBm (1.56 mW)	-1 dBm (0.78 mW)	● 2 dBm (1.25 mW)			● 2 dBm (1.56 mW)
			-1 dBm (0.78 mW)					
Antena Integrada	● 2.4 GHz, Gain 4 dBi, internal omnidirectional, horizontal beamwidth 360°		• 2.4 GHz, Gain 4 dBi, internal Omni, horizontal beamwidth 360°		● 2.4 GHz, gain 4 dBi, internal omni, horizontal beamwidth 360°			
	● 5 GHz, Gain 4 dBi, internal omnidirectional, horizontal beamwidth 360°		• 5 GHz, Gain 3 dBi, internal Omni, horizontal beamwidth 360°		● 5 GHz, gain 4 dBi, internal omni, horizontal beamwidth 360°			
Antena externa (se vende por separado)	● Certified for use with antenna gains up to 6 dBi (2.4 GHz and 5 GHz)		• Certified for use with antenna gains up to 6 dBi (2.4 GHz and 5 GHz).		● Certified for use with antenna gains up to 6 dBi (2.4 GHz and 5 GHz)			
Interfaces	● 10/100/1000BASE-T autosensing (RJ-45)		• 10/100/1000BASE-T autosensing (RJ-45)		● 2x10/100/1000BASE-T autosensing (RJ-45)			
	● Management console port (RJ-45)		• Management console port (RJ-45)		● Management console port (RJ-45)			
Indicadores	● Status LED indicates boot loader status, association status, operating status, boot loader warnings, boot loader errors		• Status LED indicates boot loader status, association status, operating status, boot loader warnings, boot loader errors		● Status LED indicates boot loader status, association status, operating status, boot loader warnings, boot loader errors			

Dimensiones (W x L x H)	● Access point (without mounting bracket): 8.69x8.69x2.11in. (22.1x22.1x5.4)	• Access point (without mounting bracket): 8.7 x 8.7 x 1.84 in. (22.1 x 22.1 x 4.7 cm)	● Access point (without mounting bracket): 8.69 x 8.69 x 1.99 in. (22.1 x 22.1 x 5.1 cm)
Weight	● 2.3 lbs (1.04 kg) (2.7 lbs for external)	• 2.3 lbs (1.04 kg)	● 2.2 lb (1.0 kg)
Ambiental	Cisco Aironet 2600i	Cisco Aironet 3500i	Cisco Aironet 2702i
	● Nonoperating (storage) temperature: -22 to 158°F (-30 to 70°C)	• Nonoperating (storage) temperature: -22 to 185°F (-30 to 85°C)	● Nonoperating (storage) temperature: −22° to 158°F (-30° to 70°C)
	● Nonoperating (storage) Altitude Test 25˚C, 15,000 ft.	• Operating temperature: 32 to 104°F (0 to 40°C)	● Nonoperating (storage) altitude test: 25˚C, 15,000 ft.
	● Operating temperature: 32 to 104°F (0 to 40°C)	• Operating humidity: 10 to 90% percent (noncondensing)	● Operating temperature: 32° to 104°F (0° to 40°C)
	● Operating humidity: 10 to 90% percent (noncondensing)	Cisco Aironet 3500e	● Operating humidity: 10% to 90% percent (noncondensing)
	● Operating Altitude Test: 40˚C, 9843 ft.	• Nonoperating (storage) temperature: -40 to 185°F (-40 to 85°C)	● Operating altitude test: 40˚C, 9843 ft.
	Cisco Aironet 2600e	• Operating temperature: -4 to +131°F (-20 to +55°C)	Cisco Aironet 2700e
	● Nonoperating (storage) temperature: -22 to 158°F (-30 to 70°C)	• Operating humidity: 10 to 90 percent (noncondensing)	● Nonoperating (storage) temperature: −22° to 158°F (-30° to 70°C)
	● Nonoperating (storage) Altitude Test: 25˚C, 15,000 ft.		● Nonoperating (storage) altitude test: 25˚C, 15,000 ft.
	● Operating temperature: -4 to 131°F (-20 to 55°C)		● Operating temperature: −4° to 122°F (-20° to 50°C)
	● Operating humidity: 10 to 90 % (noncondensing)		● Operating humidity: 10% to 90% (noncondensing)
	● Operating Altitude Test: 40˚C, 9843 ft.		● Operating altitude test: 40˚C, 9843 ft.
Memoria del sistema	● 256 MB DRAM	• 128 MB DRAM	● 512 MB DRAM
	● 32 MB flash	• 32 MB flash	● 64 MB flash
Requisitos de alimentación de entrada	● AP2600: 44 to 57 VDC	• AP3500: 44 to 57 VDC	● AP2700: 44 to 57 VDC
	● Power Supply and Power Injector: 100 to 240 VAC; 50 to 60 Hz	• Power Supply and Power Injector: 100 to 240 VAC; 50 to 60 Hz	● Power supply and power injector: 100 to 240 VAC; 50 to 60 Hz

Normas de Cumplimiento	◦ UL 60950-1	• Safety:	◦ UL 60950-1
	◦ CAN/CSA-C22.2 No. 60950-1	• UL 60950-1	◦ CAN/CSA-C22.2 No. 60950-1
	◦ UL 2043	• CAN/CSA-C22.2 No. 60950-1	◦ UL 2043
	◦ IEC 60950-1	• UL 2043	◦ IEC 60950-1
	◦ EN 60950-1	• IEC 60950-1	◦ EN 60950-1
	◦ EN 50155	• EN 60950-1	◦ EN 50155
	● Radio approvals:	• Radio approvals:	● Radio approvals:
	◦ FCC Part 15.247, 15.407	• FCC Part 15.247, 15.407	◦ FCC Part 15.247, 15.407
	◦ RSS-210 (Canada)	• RSS-210 (Canada)	◦ RSS-210 (Canada)
	◦ EN 300.328, EN 301.893 (Europe)	• EN 300.328, EN 301.893 (Europe)	◦ EN 300.328, EN 301.893 (Europe)
	◦ ARIB-STD 66 (Japan)	• ARIB-STD 33 (Japan)	◦ ARIB-STD 66 (Japan)
	◦ ARIB-STD T71 (Japan)	• ARIB-STD 66 (Japan)	◦ ARIB-STD T71 (Japan)
	◦ EMI and susceptibility (Class B)	• ARIB-STD T71 (Japan)	◦ EMI and susceptibility (Class B)
	◦ FCC Part 15.107 and 15.109	• EMI and susceptibility (Class B)	◦ FCC Part 15.107 and 15.109
	◦ ICES-003 (Canada)	• FCC Part 15.107 and 15.109	◦ ICES-003 (Canada)
	◦ VCCI (Japan)	• ICES-003 (Canada)	◦ VCCI (Japan)
	◦ EN 301.489-1 and -17 (Europe)	• VCCI (Japan)	◦ EN 301.489-1 and -17 (Europe)
	◦ EN 60601-1-2 EMC requirements for the Medical Directive 93/42/EEC	• EN 301.489-1 and -17 (Europe)	◦ EN 60601-1-2 EMC requirements for the Medical Directive 93/42/EEC
	● IEEE Standard:	• EN 60601-1-2 EMC requirements for the Medical Directive 93/42/EEC	● IEEE standards:
	◦ IEEE 802.11a/b/g, IEEE 802.11n, IEEE 802.11h, IEEE 802.11d	• IEEE Standard:	◦ IEEE 802.11a/b/g, 802.11n, 802.11h, 802.11d
	● Security:	• IEEE 802.11a/b/g, IEEE 802.11n 2.0, IEEE 802.11h, IEEE 802.11d	◦ IEEE 802.11ac Draft 5
	◦ 802.11i, Wi-Fi Protected Access 2 (WPA2), WPA	• Security:	● Security:
	◦ 802.1X	• 802.11i, Wi-Fi Protected Access 2 (WPA2), WPA	◦ 802.11i, Wi-Fi Protected Access 2 (WPA2), WPA
	◦ Advanced Encryption Standards (AES), Temporal Key Integrity Protocol (TKIP)	• 802.1X	◦ 802.1X

	● EAP Type(s):	• Advanced Encryption Standards (AES), Temporal Key Integrity Protocol (TKIP)	◦ Advanced Encryption Standards (AES), Temporal Key Integrity Protocol (TKIP)
	◦ Extensible Authentication Protocol-Transport Layer Security (EAP-TLS)	• EAP Type(s):	● Extensible Authentication Protocol (EAP) types:
	◦ EAP-Tunneled TLS (TTLS) or Microsoft Challenge Handshake Authentication Protocol Version 2 (MSCHAPv2)	• Extensible Authentication Protocol-Transport Layer Security (EAP-TLS)	◦ EAP-Transport Layer Security (TLS)
	◦ Protected EAP (PEAP) v0 or EAP-MSCHAPv2	• EAP-Tunneled TLS (TTLS) or Microsoft Challenge Handshake Authentication Protocol Version 2 (MSCHAPv2)	◦ EAP-Tunneled TLS (TTLS) or Microsoft Challenge Handshake Authentication Protocol Version 2 (MSCHAPv2)
	◦ Extensible Authentication Protocol-Flexible Authentication via Secure Tunneling (EAP-FAST)	• Protected EAP (PEAP) v0 or EAP-MSCHAPv2	◦ Protected EAP (PEAP) v0 or EAP-MSCHAPv2
	◦ PEAPv1 or EAP-Generic Token Card (GTC)	• Extensible Authentication Protocol-Flexible Authentication via Secure Tunneling (EAP-FAST)	◦ EAP-Flexible Authentication via Secure Tunneling (FAST)
	◦ EAP-Subscriber Identity Module (SIM)	• PEAPv1 or EAP-Generic Token Card (GTC)	◦ PEAP v1 or EAP-Generic Token Card (GTC)
	● Multimedia:	• EAP-Subscriber Identity Module (SIM)	◦ EAP-Subscriber Identity Module (SIM)
	◦ Wi-Fi Multimedia (WMM ™)	• Multimedia:	● Multimedia:
	● Other:	• Wi-Fi Multimedia (WMM ™)	◦ Wi-Fi Multimedia (WMM)
	◦ FCC Bulletin OET-65C	• Other:	● Other:
	◦ RSS-102	• FCC Bulletin OET-65C	◦ FCC Bulletin OET-65C
		• RSS-102	◦ RSS-102

Tabla 35. Especificaciones técnicas de puntos de acceso [11]