

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE



Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas

**Carrera de Ingeniería en Electrónica y Redes de
Comunicación**

**Trabajo de Grado previo a la obtención del Título de
Ingeniero en Electrónica y Redes de Comunicación**

Tema:

**“Modelo de aplicación de QoS para redes inalámbricas en
base al protocolo IEEE 802.11e aplicado en la WLAN de la
Universidad Técnica del Norte apoyado en las buenas prácticas
ITILv4”**

Autor: Carlos Eduardo Picuasi Yacelga

Director: MSc. Fabián Geovanny Cuzme Rodríguez

Ibarra – Ecuador

2023



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	100331687-2		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Picuasi Yacelga Carlos Eduardo		
DIRECCIÓN:	Ibarra, Chorlaví 1-27 y Av. Fray Vacas Galindo		
EMAIL:	cepicuasiy@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:	062 602-546	TELÉFONO MÓVIL:	0982569805

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	Modelo de aplicación de QoS para redes inalámbricas en base al protocolo IEEE 802.11e aplicado en la WLAN de la Universidad Técnica del Norte apoyado en las buenas prácticas ITILv4.
AUTOR (ES):	Carlos Eduardo Picuasi Yacelga
FECHA DE APROBACIÓN: DD/MM/AAAA	04/08/2023
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniero en Electrónica y Redes de Comunicación
ASESOR /DIRECTOR:	MSc. Fabian Geovanny Cuzme Rodriguez

2. CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 4 días del mes de agosto de 2023

Carlos Eduardo Picuasi
AUTOR



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y REDES DE COMUNICACIÓN

CERTIFICACIÓN

En mi calidad de Director de Trabajo de Grado certifico que:

El trabajo de titulación denominado Modelo de aplicación de QoS para redes inalámbricas en base al protocolo IEEE 802.11e aplicado en la WLAN de la Universidad Técnica del Norte apoyado en las buenas prácticas ITILv4, ha sido desarrollado por el estudiante Carlos Eduardo Picuasi Yacelga bajo mi supervisión.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad.

Atentamente,


Ing. Fabián Cuzme Rodríguez MSc.
DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO

AGRADECIMIENTO

A Dios, mi familia y amigos cercanos que siempre han estado a mi lado, aléntandome a seguir adelante y llegar a la culminación con éxito en este objetivo.

Quiero agradecer de manera especial al MSc. Fabian Cuzme, Director de mi tesis, a los Ingenieros Edison Carrión y Vinicio Guerra, trabajadores del DDTI de la UTN, quienes me colaboraron con su experiencia para la realización de este proyecto.

A la Dirección de Desarrollo Tecnológico e Informático de la Universidad Técnica del Norte por brindarme todas las facilidades para la realización del desarrollo y pruebas de mi proyecto en sus instalaciones.

A mi querida Universidad Técnica del Norte por permitirme realizar como profesional, en sus aulas aprendí mucho e hice buenas amistades.

A todos y cada uno de los docentes que compartieron sus enseñanzas y experiencias que son de mucha utilidad para desenvolverse en el ámbito laboral.

Eduardo

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mi madre, Margarita quien ha cuidado de mí, como de toda nuestra familia, toda su vida. Gracias madre por estar siempre pendiente de mi, para ti mis mayores esfuerzos.

A mis queridos hermanos: Andrea Guadalupe, Lenin David y Paúl Alejandro de quienes he disfrutado verlos crecer y para quienes siempre estaré ahí.

A mi linda esposa, Belén, compañera de vida, quien con su cariño me ha dado la fuerza para llegar a este objetivo propuesto.

A toda mi familia, con quien comparto momentos de alegrías y respaldo en las tristezas.

De manera muy especial, quiero dedicar este trabajo a dos personas inmensamente importantes en mi vida, a mi pequeño hijo, Leito Samir, mi inspiración para ser mejor ser humano cada día y a mi padre, Carlos Alberto Picuasi, allá en el cielo, quien desde su partida me hace mucha falta, pero estoy seguro que querrá verme feliz y además, estará muy orgulloso de mí. Te quiero, papá.

Eduardo

RESUMEN

El presente proyecto trata sobre la aplicación de Políticas de Calidad de Servicio en las redes inalámbricas, en este caso específico a la EDUROAM de la Universidad Técnica del Norte con la intención de brindar prioridad al tráfico sensible.

Para tal efecto, se inicia con la definición de varios conceptos teóricos como: terminología, tipos de WLAN, normativa IEEE, tramas de datos, Calidad de Servicio, etc. La guía en la que se ampara el proyecto es la Metodología ITILv4, de la cual se extrae una de sus 34 Prácticas de Gestión, la denominada Gestión de la Arquitectura, que facilita la ruta de desarrollo. Con esta guía, se toman datos de la Situación Actual de la red EDUROAM con la ayuda del monitoreo de la red, realizado con software DNA propietario de CISCO. El monitoreo muestra el tráfico de red circulante. Más adelante, esta información permite dar forma al Modelo de Aplicación de Calidad de Servicio. Este Modelo contiene las Políticas de Calidad de Servicio propuestas para lograr que la WLAN mejore su rendimiento basándose en el estándar IEEE 802.11e.

Finalmente, se realizan pruebas de verificación de la funcionalidad de las Políticas. Se plantean cuatro pruebas: descarga de archivos, vídeollamada por Microsoft Teams, marcado de paquetes y reducción de Jitter. Adicional a esto, se incluyen conclusiones y recomendaciones sobre la experiencia en el desarrollo del proyecto.

ABSTRACT

This project deals with the application of Quality of Service Policies in wireless networks, in this specific case to the EDUROAM of the Universidad Técnica del Norte with the intention of giving priority to sensitive traffic.

For this purpose, it begins with the definition of several theoretical concepts such as: terminology, WLAN types, IEEE standar, data frames, Quality of Service, etc. The guide in which the project is based is the ITILv4 Methodology, from which one of its 34 Management Practices is extracted, the so-called Architecture Management, which facilitates the development path. With this guide, data is taken from the Current Situation of the EDUROAM network with the help of network monitoring, carried out with CISCO's proprietary DNA software. Monitoring shows circulating network traffic. Later on, this information allows shaping the Quality of Service Application Model. This Model contains the Quality of Service Policies proposed to achieve that the WLAN improves its performance based on the IEEE 802.11e standard.

Finally, tests are carried out to verify the functionality of the Policies. Four tests are proposed: file download, Microsoft Teams video call, packet marking, and Jitter reduction. In addition to this, conclusions and recommendations on the experience in the development of the project are included.

Índice General

1	Capítulo I. Preliminares	12
1.1	Problema	12
1.2	Objetivos	13
1.2.1	Objetivo General	13
1.2.2	Objetivos Específicos	13
1.3	Alcance.....	13
1.4	Justificación	14
2	Capítulo II. Marco Teórico.....	16
2.1	Wireless Local Area Network (WLAN)	16
2.1.1	Historia	17
2.1.2	Definición.....	18
2.1.3	Terminología	19
2.1.4	Tipos.....	20
2.1.5	Funcionamiento	22
2.1.6	Versiones del IEEE 802.11	22
2.1.7	Arquitectura lógica-funcional. Componentes básicos.....	24
2.1.8	Estructura de la trama IEEE 802.11	25
2.1.9	Modelo de referencia.....	27
2.1.10	Protocolo de Acceso al Medio	29
2.2	ITIL (Information Technology Infrastructure Library)	30
2.2.1	Fases del Ciclo de Vida del Servicio.....	31

2.2.2	Las cuatro dimensiones de la gestión del servicio	31
2.2.3	Sistema de Valor del Servicio	32
2.2.4	¿Por qué implementar ITIL?	37
2.2.5	Pasos para implementar ITIL	37
2.2.6	Preparar el proyecto	38
2.2.7	Definir la estructura de servicios.....	38
2.2.8	Seleccionar Roles ITIL y definir propietarios de roles	39
2.2.9	Analizar procesos existentes con la evaluación ITIL.....	39
2.3	Casos de éxito con ITIL	40
2.3.1	ITIL y el mejoramiento de la Gestión de Servicios Informáticos	40
2.3.2	BBVA inaugura uno de los centros de proceso de datos más avanzados del mundo e integra ITIL como guía empresarial	41
2.4	Calidad de Servicio	43
2.4.1	Conceptos Generales de la Calidad de Servicio (QoS).....	43
2.4.2	Parámetros de la Calidad de Servicio.....	45
2.4.3	Modelos para la Calidad de Servicio.....	45
2.4.4	Calidad de Servicio en Redes Inalámbricas	46
2.4.5	Estándar 802.11e - QoS.....	48
2.4.6	IEEE 802.11e MAC – Nivel de Enlace (Mejoras y funcionalidades específicas)	49
2.4.7	EDCA, Acceso al Canal Mejorado.	55
2.5	Equipos de red y Características	59

2.5.1	Wireless LAN Controller (WLC).....	59
2.5.2	AIR CAP3802I-A-K9 - AIR CAP3702I-A-K10.....	60
2.5.3	AIR LAP1262N-A-K9	62
2.5.4	AIR CAP1602E-A-K9	63
2.5.5	AIR-CAP-1532E-A-K9.....	63
3	Capítulo III. Descripción de la Situación Actual	66
3.1	Planificación.....	67
3.1.1	Descripción de las instalaciones de la UTN.....	67
3.1.2	Análisis de la Topología Física de la red de la UTN	69
3.1.3	Topología de la red inalámbrica unificada de la UTN.....	70
3.1.4	Equipos AP y su distribución por el campus UTN	71
3.1.5	Distribución de AP Indoor	72
3.1.6	Distribución de AP Outdoor.....	73
3.1.7	Distribución de canales y análisis de cobertura	74
3.1.8	Mapas de calor de los AP.....	76
3.1.9	Ancho de Banda campus Universitario.....	77
3.1.10	Cobertura de red inalámbrica	79
3.1.11	Número de usuarios por Facultad.....	80
4	Capítulo IV. Modelo de Calidad de Servicio.....	88
4.1	Diseño y Transición	88
4.2	Modelo Aplicativo de Políticas de Calidad de Servicio	88

4.2.2	Definir las Políticas de Calidad de Servicio.....	91
4.3	Mejora.....	105
4.3.1	Prueba 1: Descargas de archivos.....	105
4.3.2	Prueba 2: Videollamadas por Microsoft Teams.....	106
4.3.3	Prueba 3: Marcado 802.11e y DSCP.....	108
4.3.4	Prueba 4: Variación de Jitter.....	109
	Bibliografía	113

Índice de Figuras

Figura 1. Dispositivos WLAN	16
Figura 2. Diagrama de una WLAN	19
Figura 3. Red Ad Hoc	21
Figura 4. Red de Infraestructura.....	21
Figura 5. Arquitectura lógica funcional IEE 802.11	24
Figura 6. Formato trama de datos IEEE 802.11	26
Figura 7. Modelo OSI y IEEE 802.11	28
Figura 8. Modelo de referencia de la capa de Enlace	29
Figura 9. Detección de canal virtual utilizando CSMA/CA	30
Figura 10. Las cuatro dimensiones ITILv4	31
Figura 11. Cadena de Valor del Servicio ITILv4.....	34
Figura 12. Mejora Continua ITILv4.....	35
Figura 13. Pasos para implementar un servicio con ITIL	40
Figura 14. Flujo de tráfico ascendente y descendente.....	48
Figura 15. Capa MAC en el estándar 802.11	50
Figura 16. Modelo de funcionamiento de DCF	51
Figura 17. Ejemplo de funcionamiento de DCF	51
Figura 18. Esquema de funcionamiento de períodos de contención	52
Figura 19. Esquema de funcionamiento HCF	54
Figura 20. Comparación de modelo de funcionamiento en 802.11 y 802.11e.....	58
Figura 21. Ejemplo del funcionamiento de 802.11e	59
Figura 22. Wireless Controller 9800	59
Figura 23. Access Point Inalámbrico Cisco AIR CAP3702I-A-K11.....	60
Figura 24. Access Point Inalámbrico Cisco Aironet AIR-AP1262N-A-K9	62

Figura 25. Access Point Inalámbrico Cisco Aironet AIR CAP1602E-A-K9	63
Figura 26. Access Point Inalámbrico Cisco AIR-CAP1532I-A-K9	64
Figura 27. Mapa de Calor de la Gestión de la Arquitectura.....	66
Figura 28. Actividades y Procesos de ITILv4.....	67
Figura 29. Campus UTN	68
Figura 30. Topología de red física de la UTN	70
Figura 31. Topología de la red inalámbrica unificada de la UTN	71
Figura 32. Distribución de ancho de banda.....	78
Figura 33. Cobertura inalámbrica Campus universitario	79
Figura 34. Modelo Aplicativo de Calidad de Servicio.....	88
Figura 35. Tráfico de red ascendente	89
Figura 36. Tráfico de red descendente	90
Figura 37. Número de usuarios por WLAN.....	91
Figura 38. Software de administración Cisco DNA Center Versión 2.2.3.6	98
Figura 39. Pantalla de inicio del software DNA CISCO	98
Figura 40. Esquema de configuraciones WLAN y QoS	99
Figura 41. Diagrama de flujo	100
Figura 42. Perfil WLAN	101
Figura 43. Selección perfil para QoS	102
Figura 44. Configuración QoS	102
Figura 45. Aplicación de QoS en EDUROAM.....	103
Figura 46. Configuración de QoS para Microsoft Teams	104
Figura 47. Descarga de archivos sin QoS	105
Figura 48. Descarga de archivos con QoS	105
Figura 49. Videollamada en Teams sin QoS.....	106

Figura 50. Videollamada perdida sin QoS	107
Figura 51. Videollamada aplicando QoS	107
Figura 52. Marcado DSCP en un paquete con QoS	108
Figura 53. Marcado 802.11e en una trama con QoS.....	108
Figura 54. Jitter excesivo sin QoS	109
Figura 55. Jitter reducido con QoS	110

Índice de Tablas

Tabla 1. Resumen de versiones IEEE 802.11	24
Tabla 2. Prácticas de Gestión de ITILv4.....	35
Tabla 3. Prioridades para IEEE 802.11e	55
Tabla 4. Serie Aironet 3700	61
Tabla 5. Distribución de APs Indoor en las Facultades UTN	72
Tabla 6. Distribución de AP Outdoor en las Facultades UTN.....	73
Tabla 7. Distribución de canales de red inalámbrica en las facultades Indoor	74
Tabla 8. Distribución de canales de red inalámbrica en las facultades Outdoor.....	76
Tabla 9. Distribución de ancho de banda Campus Universitario.....	77
Tabla 10. Cobertura de red inalámbrica campus universitario	79
Tabla 11. Usuarios FACAE	80
Tabla 12. Usuarios FECYT.....	81
Tabla 13. Usuarios FICAYA.....	81
Tabla 14. Usuarios FCCSS	82
Tabla 15. Usuarios CAI.....	82
Tabla 16. Usuarios POSTGRADOS	83
Tabla 17. Usuarios BIENESTAR	83
Tabla 18. Usuarios PLANTA CENTRAL	84
Tabla 19. Usuarios AUDITORIO	84
Tabla 20. Usuarios PISCINA.....	85
Tabla 21. Usuarios POLIDEPORTIVO.....	85
Tabla 22. Usuarios BIBLIOTECA.....	85
Tabla 23. Usuarios ELECTRICIDAD	86
Tabla 24. Usuarios GIMNASIO	86

Tabla 25. Usuarios EXTERIOR.....	87
----------------------------------	----

1 Capítulo I. Preliminares

1.1 Problema

La Universidad Técnica del Norte (UTN) está ubicada en la ciudad de Ibarra en Imbabura-Ecuador, su ubicación geográfica es $00^{\circ}35'40''$ N y $78^{\circ}11'30''$ O, es una institución de Educación Superior con 37 años de experiencia al servicio de la comunidad, en especial de la zona uno del país (Imbabura, Carchi, Esmeraldas y Sucumbíos). Cuenta con una gran extensión de instalaciones para sus labores cotidianas, entre ellas se cuentan sus siete edificios, cinco de facultades, uno de postgrado y un edificio central administrativo (UTN, 2023).

Aproximadamente 12 000 estudiantes hacen uso de la infraestructura de red de la UTN diariamente para desarrollar sus actividades académicas. La Red de Área Local Inalámbrica (WLAN) unificada es la que mayor demanda mantiene por parte de los usuarios, tal número de requerimientos no se contemplaron en su diseño original, además cada usuario ahora cuenta con más de un dispositivo para su uso personal e inclusive la WLAN alberga otros usuarios en eventos ocasionales como: conferencias, exposiciones, conversatorios, etc. A todo esto, las aplicaciones multimedia que se usan en la actualidad, por ejemplo, las plataformas online de videoconferencias como: Microsoft Teams, Zoom o Skype, por su complejidad, necesitan más recursos de red inalámbrica. Todo este escenario ha desencadenado retardos por propagación de la información, jitter excesivo y también pérdida de paquetes en las transmisiones. Estos parámetros a los usuarios finales les refleja una mala experiencia, es decir, se les dificulta interactuar apropiadamente con los servicios de red. Cabe mencionar que la red inalámbrica unificada de la UTN no cuenta con una guía que permita administrar adecuadamente sus recursos, por ende, no se ha aprovechado al máximo las capacidades con que cuentan los equipos y hasta se los ha remplazado innecesariamente generando gastos que podrían haberse evitado. Es importante recordar que la Universidad debe garantizar suficientes recursos de red inalámbrica dentro de su campus y al momento no se cumplen satisfactoriamente.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo General

Diseñar un modelo de aplicación de QoS en redes inalámbricas con base al protocolo IEEE 802.11e apoyado en las buenas prácticas ITILv4 para mejorar el rendimiento de la WLAN unificada de la UTN.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Realizar un análisis teórico de las Generalidades de WLAN, buenas prácticas ITILv4 y Calidad de Servicio en redes inalámbricas basadas en el protocolo IEEE 802.11e para tener en claro los conceptos que se utilizarán en el proyecto.
- Analizar el estado actual de la WLAN de la UTN mediante las buenas prácticas ITILv4 y software de monitoreo para identificar los servicios que requieren mayor prioridad de recursos de red.
- Elaborar el modelo aplicativo alineado a Políticas de Calidad de Servicio de acuerdo a las necesidades de la WLAN de la UTN y las recomendaciones que dicta ITILv4.
- Realizar pruebas de funcionamiento en la WLAN de la UTN y verificar las mejoras de rendimiento.

1.3 Alcance

El presente proyecto tiene como finalidad presentar un modelo que aplique Calidad de Servicio (QoS) en la red inalámbrica unificada de la Universidad Técnica del Norte, para este fin, el segundo capítulo trata la revisión teórica de los conceptos tales como WLAN, protocolos, reseña histórica, terminologías, formato de trama de datos, estándar IEEE 802.11e y sus versiones, Calidad de Servicio en redes inalámbricas, etc.

Para el desarrollo del proyecto se toma en cuenta las buenas prácticas ITILv4, que refieren pasos detallados de cómo tratar a las Tecnologías de Información (TI). Con esta guía y con software para monitoreo, el tercer capítulo, examina el estado actual de la WLAN de la

UTN, para determinar los servicios que requieren prioridad en recursos de red, además, este examen permite evaluar experimentalmente los parámetros de QoS (retardo, pérdida de paquetes, ancho de banda, latencia y jitter).

En el cuarto capítulo, se establece el modelo aplicativo de Políticas de Calidad de Servicio, esto es, se especifican los servicios que deben ser atendidos por la WLAN de forma prioritaria, también se detalla cómo se reparten los recursos de red entre los servicios. Al final se realizan pruebas de funcionamiento donde se comprueba la disminución de pérdida de paquetes y menores retardos, y los usuarios percibirán esto como un mejor desempeño de los servicios.

1.4 Justificación

La implementación de QoS es, sin duda, crucial para garantizar la disponibilidad de aplicaciones críticas para la red. Esto es así porque, en algunos casos, demandan ancho de banda diferenciado, además, la transmisión de datos debe realizarse sin interrupciones o pérdidas de paquetes. A continuación, algunos beneficios de QoS para la WLAN UTN.

- Garantiza que las aplicaciones de misión crítica tengan siempre los recursos necesarios para su funcionamiento;
- Permite a los administradores gestionar mejor el ancho de banda de Internet;
- Reducción de costos, a través del uso eficiente del recurso de internet, postergando inversiones en la expansión de enlaces;
- Minimiza el impacto causado por el tráfico concurrente no relacionado al trabajo;
- Mejora la experiencia del usuario, garantizando tiempos de respuesta más adecuados, de acuerdo con la prioridad del acceso.

El concepto de QoS no se aplica adecuadamente, o ni siquiera se toma en consideración, reflejado en una serie de problemas para las WLAN. Las demandas frecuentes de ampliación del ancho de banda generadas por experiencias insatisfactorias de los usuarios, la mayoría de

las veces, pueden ser mitigadas a través de la aplicación de mecanismos de control, que priorizan servicios sensibles al retardo. Por ello, antes de invertir en ampliación del recurso de internet, debe evaluarse de manera exhaustiva su estructura física y lógica y verificar si existen puntos que pueden ser perfeccionados, de esta forma la WLAN utilizará mejor los recursos existentes y se harán inversiones más acertadas.

2 Capítulo II. Marco Teórico

En este capítulo se tratan aquellos conceptos teóricos relevantes a redes locales inalámbricas, tales como, estándares, modificaciones, variantes, arquitectura, modelo de referencia, pasando también brevemente por su historia y definiciones básicas. Más adelante se presenta el concepto de Calidad de Servicio con su respectivo desglose sobre modelos, parámetros para su aplicación y demás nociones.

2.1 Wireless Local Area Network (WLAN)

Red de Área Local Inalámbrica, permite a los dispositivos finales enlazarse a la red de forma inalámbrica, concediéndoles movilidad por el área de cobertura. Se utiliza para mejorar el rendimiento de la conectividad en un área local tanto en una infraestructura interna o externa que, por comodidad o complicaciones de diseño, no permita realizar un enlace cableado. La tecnología de WLAN más popular empleada actualmente es la norma IEEE 802.11 modificada.

Como se observa en la Figura 1 los dispositivos inalámbricos se enlazan por medio de radio enlace a una frecuencia definida por el estándar IE802.11 hacia un AP (Access Point).

Figura 1

Dispositivos WLAN



Nota. Adaptado de *Todo sobre las Redes Inalámbricas*, 2023, redesinalambricas.es

(<https://www.redesinalambricas.es/wirelesslan/>)

2.1.1 Historia

En 1942 se patentó una técnica de modulación de señales en espectro expandido que en la actualidad se conoce como la primera versión del salto de frecuencia, que se convierte en la base de todos los sistemas inalámbricos para la transmisión de datos como son el Wi-Fi o el Bluetooth.

Más tarde, en 1971 se crea la primera red de ordenadores en la Universidad de Hawái denominada ALOHAnet, y se usó para transmitir datos a través de ondas UHF entre las islas, creando la base de los protocolos de transmisión para Ethernet y también para la que años más tarde sería conocida como WiFi.

Fue entonces que, gracias a los avances logrados, IBM consiguió ser el pionero en la implementación de redes de área local inalámbricas en el año 1979, con la consecución de una LAN dentro de una fábrica a base de enlaces infrarrojos (Gfeller & Bapst, 1979).

La FCC (Comisión Federal de Comunicaciones en Estados Unidos), al ver la gran aceptación de los desarrollos iniciales de IBM, otorga en 1985 las bandas de frecuencia 902-928 MHz, 2.400-2.483 GHz y 5.725- 5.85 GHz para las redes inalámbricas, con este hecho permitió dar a conocer las WLAN en el mercado (Pahlavan, 1985).

En 1990 las compañías de comunicaciones como 3COM, Lucent, Nokia o Symbol se unen para crear la WECA, que luego se llamaría alianza Wi-Fi que actualmente congrega a más de 150 compañías, su objetivo era crear estándares comerciales que garanticen la comunicación inalámbrica entre dispositivos.

Más tarde, a principios de los 90 las redes inalámbricas superaban velocidades de transmisión de 1Mbps, característica primordial para ser considerada una LAN por parte del comité IEEE. En 1997 se define un estándar, el IEEE 802.11 para las redes inalámbricas. A pesar de esto, las tasas de datos proporcionadas por este estándar son demasiado lentas para

sostener los requerimientos generales de los negocios afectando a la demanda de las WLAN (Sory, 2012).

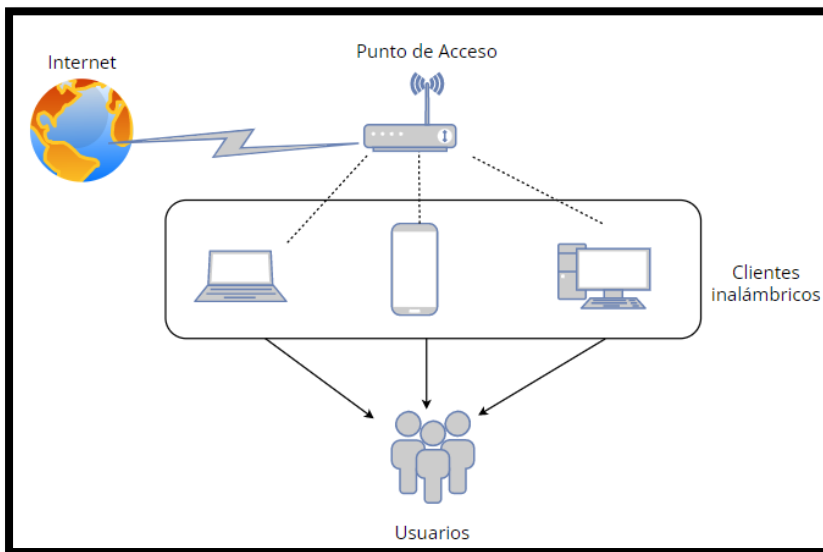
Fue entonces que, en 1999, se hizo necesaria una modificación al estándar dando paso a IEEE 802.11b que alcanzaba velocidades de transmisión hasta de 11 Mbps.

2.1.2 Definición

Red de Área Local Inalámbrica (WLAN), su nombre obedece a que son redes de entornos locales y su medio de transmisión es inalámbrico, lo que permite enlazar los dispositivos periféricos finales a una red de datos, evitando al usuario la necesidad de un medio cableado para acceder a los recursos.

Brindan al usuario final la movilidad necesaria con sus dispositivos mientras se encuentren en el área de cobertura o puntos de cobertura múltiples. Las WLAN trabajan en complemento con las redes cableadas tradicionales, es decir, no las reemplazan. Las WLAN proporcionan conectividad de red en áreas de cableado difíciles; brindan flexibilidad para mover y extender redes o realizar cambios (Pellejero, Andreu, & Lesta, 2016).

En su forma más básica una red WLAN se construye por medio de un Access Point (AP) que viene conectado a la infraestructura de red cableada, permitiendo a los usuarios finales acceder a los servicios de red internos y externos que se encuentran en la Internet. Esto se puede observar en la Figura 2.

Figura 2*Diagrama de una WLAN*

Nota. Distintos dispositivos para conectar a los usuarios a la WLAN.

2.1.3 Terminología

Antes de pasar a describir las tecnologías más a fondo, se muestran algunos conceptos que ayudarán a entender de mejor manera el proyecto y que servirán como guía en cualquier momento de lectura del trabajo (Carballar, 2014).

Estación inalámbrica: es un equipo (ya sea un PC, una PDA, una impresora, etc), es decir, es un recurso de red con capacidad para conectarse a través de ondas al punto de acceso central de la red. Normalmente poseerá una tarjeta con la tecnología Bluetooth para conectarse.

Punto de acceso (AP): o en inglés Access Point, es un dispositivo que posibilita la conexión inalámbrica con una red de área local (LAN). Con un Punto de Acceso, cualquier usuario con un dispositivo inalámbrico puede ser rápidamente integrado en una red cableada ya existente. El AP, que actúa casi como un hub, es el punto central de red para que se vean todos los equipos de la WLAN.

Conjunto de Servicios Básico (BSS): modo infraestructura, consiste en tener dos o más AP interconectados (normalmente por una LAN convencional), de forma que cada AP abarca una zona o celda que corresponde a su radio de alcance.

Conjunto de Servicios Extendido (ESS): conjunto de dos o más BSS formando una subred.

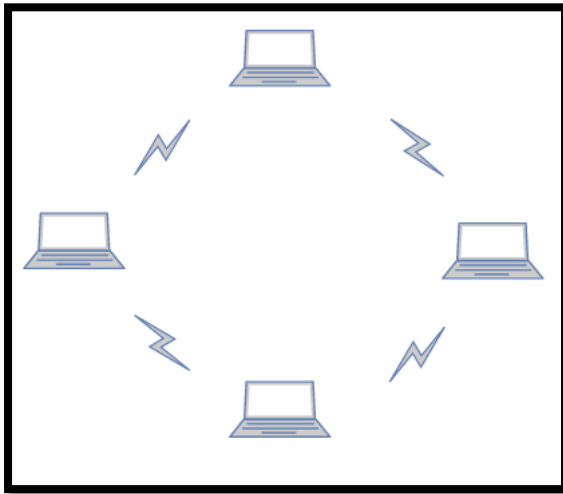
Conjunto de Servicios Básico Independiente (IBSS): también conocido como configuración en modo ad hoc, se explica con mayor detalle más adelante.

Roaming (Itinerancia): Se presenta cuando los usuarios pueden moverse libremente de una celda a otra y su conexión se establecerá automáticamente con el AP del que reciban una señal más potente.

2.1.4 Tipos

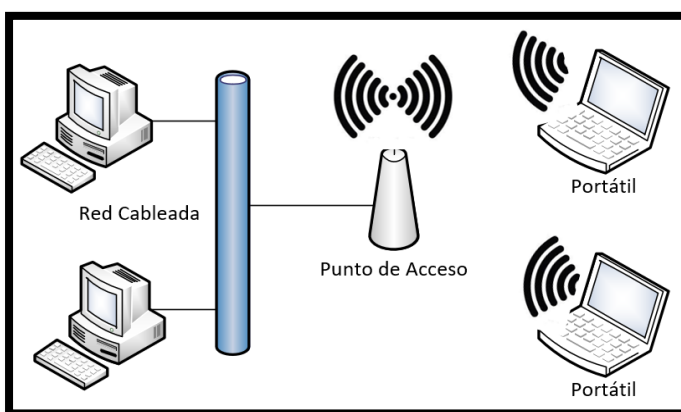
Existen dos variantes de WLAN, la tecnología que proporciona conectividad a la red de infraestructura y la tecnología que proporciona conectividad de un dispositivo a otro o una red ad hoc. Las WLAN basadas en IEEE 802.11 funcionan en ambos modos.

En el modo Ad Hoc la comunicación ocurre de manera no planificada, siendo que el proceso de envío de mensajes se la distribuye a todos los participantes de la red sin ningún punto de acceso, es decir, de forma directa entre dispositivos tal como se muestra en la Figura 3 (Berral, 2020).

Figura 3*Red Ad Hoc*

Nota. Conexión directa entre dispositivos.

Una Red de Infraestructura necesita principalmente de un dispositivo que se encarga de controlar el tráfico, como el AP, este al mismo tiempo permite el tráfico desde la red cableada a la inalámbrica y viceversa, un claro ejemplo es la Figura 4, donde se observa el controlador de red. Este dispositivo también se encarga de autorizar los dispositivos a la red inalámbrica. Los nodos inalámbricos de este tipo de red no pueden comunicarse directamente entre ellos (Berral, 2020).

Figura 4*Red de Infraestructura*

Nota. Dispositivos conectados a una Red de Infraestructura.

2.1.5 Funcionamiento

Las redes inalámbricas utilizan como canal de transmisión un medio no guiado, específicamente ondas de radio o infrarrojos. La información es enviada dentro de portadoras de radio, valiéndose de su capacidad de transportar energía a un receptor a gran distancia. Esto es conocido como modulación de portadora, en tal proceso se superponen los datos a la portadora y se extraen en un receptor adecuado (Stalings, 2004).

Se pueden tener varias portadoras simultáneamente y sin interferencias entre ellas, transmitiendo las ondas de radio a distintas frecuencias. Para la extracción de la información, el receptor debe sintonizarse a la misma frecuencia de la portadora, actuando entonces como un filtro que capta solo las ondas con la información de interés y dejando pasar las demás. Para este caso de estudio, se debe entender que las WLAN interactúan con las LAN por medio de un punto de acceso (AP), este AP utiliza las ondas de radio para enviar y recibir información de los dispositivos finales que están dentro de su cobertura. Para tener acceso a la WLAN los usuarios deben contar con tarjetas de red inalámbricas. La naturaleza de la conexión sin cable es transparente a la capa del cliente (Stalings, 2004).

2.1.6 Versiones del IEEE 802.11

El estándar IEEE 802.11 fue ratificado en julio de 1997. Dentro del estándar se encuentran definidos una serie de grupos de trabajo que se encargan de investigar y desarrollar diferentes temas relacionados con la 802.11.

Según (Orbe & Pancho, 2016), son los que se muestran a continuación:

802.11a. Su misión es crear un estándar de WLAN en la banda de 5 GHz, capaz de alcanzar tasas de hasta 54 Mbps. Se publicó en el 1999.

802.11b. Este estándar fue ideado para que las redes inalámbricas trabajen en la banda de 2.4 GHz, con una tasa que alcanza los 11 Mbps. Fue publicada en el 1999.

802.11e. Es una enmienda aprobada al estándar IEEE 802.11 que establece un conjunto de mejoras de calidad de servicio (QoS) para aplicaciones de redes inalámbricas mediante modificaciones en la capa de Control de Acceso al Medio (MAC). El estándar se considera de importancia crítica para las aplicaciones sensibles a la demora, como Voz sobre WLAN y transmisión multimedia.

802.11g. Capaz de mantener compatibilidad con la IEEE 802.11b por sus similares características. En principio intentaba alcanzar por lo menos 20 Mbps y logró llegar hasta los 54 Mbps.

802.11n. El primer estándar para especificar MIMO, con velocidades de hasta 600Mbps, trabaja tanto en 2.4GHz como en 5GHz. Entra en juego el término "banda dual", se refiere a poder entregar datos a través de estas dos frecuencias.

802.11ac. Los enrutadores inalámbricos domésticos actuales son compatibles con 802.1ac y funcionan en el espacio de frecuencia de 5 GHz. Con entrada múltiple, salida múltiple (MIMO) múltiples antenas en dispositivos de envío y recepción para reducir el error y aumentar la velocidad, este estándar admite velocidades de datos de hasta 1,3 Gbps. Algunos proveedores incluyen tecnologías que admiten la frecuencia de 2,4 GHz a través de 802.11n, para brindar soporte a dispositivos de clientes más antiguos que pueden tener 802.11b / g / n, pero también proporcionan ancho de banda adicional para velocidades de datos mejoradas.

802.11ax. Conocido como Alta Eficiencia WLAN, 802.11ax tiene como objetivo mejorar el rendimiento en los despliegues WLAN en escenarios densos, como estadios deportivos y aeropuertos, mientras que todavía operan en el espectro de 2,4 GHz y 5 GHz. El grupo tiene como objetivo una mejora del rendimiento de al menos 4 veces en comparación con 802.11n y 802.11ac, a través de una utilización más eficiente del espectro. La aprobación se estima en julio 2019.

Tabla 1

Resumen de versiones IEEE 802.11

Características	802.11 legacy	802.11b	802.11a	802.11g	802.11n	802.11ac
Frecuencia	2,4 GHz	2,4 GHz	5 GHz	2,4 GHz	2,4 GHz 5 GHz	5 GHz
Modulación	DSSS	DSSS	OFDM	OFDM	OFDM	256-QAM
Velocidad	2 Mbps	11 Mbps	54 Mbps	54 Mbps	600 Mbps	1300 Mbps
Rendimiento	0,9 Mbps	4,5 Mbps	23 Mbps	20 Mbps	135 Mbps	450 Mbps
Estándar WiFi		WiFi 1	WiFi 2	WiFi 3	WiFi 4	WiFi 5
Compatibilidad		No compatible 802.11 ^a	No compatible 802.11b	Compatible 802.11b	Todos sus antecesores	Todos sus antecesores
Año	1997	1999	1999	2003	2008	2014

Nota. Adaptado de *Frame Aggregation Mechanism for High-Throughput 802.11n WLANs*.

International Journal of Wireless & Mobile Networks (p. 141-153), J. Kolap, S. Krishnan y

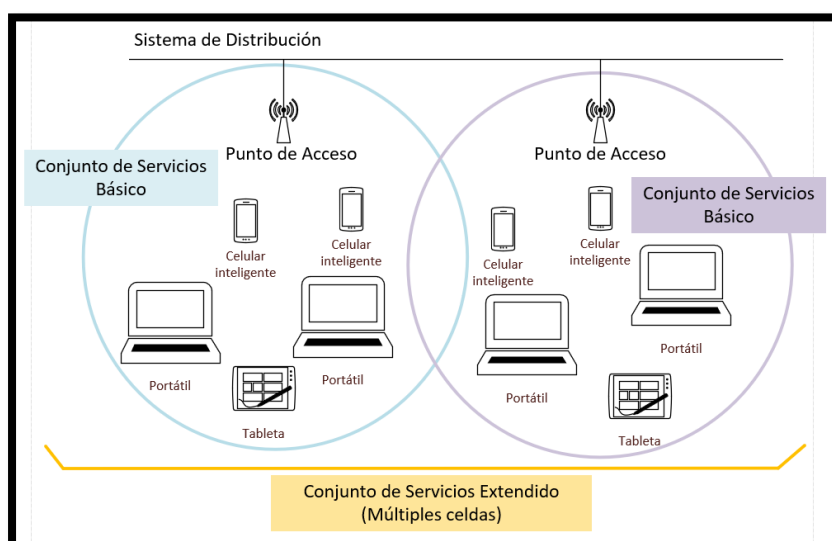
N. Shasha, 2012, IJWMN.

2.1.7 Arquitectura lógica-funcional. Componentes básicos

La arquitectura 802.11 está basada en una arquitectura celular.

Figura 5

Arquitectura lógica funcional IEE 802.11



En la Figura 5 se puede apreciar la arquitectura lógica funcional de una red inalámbrica, aquí se muestra un sistema que cuenta con celdas, mejor conocidas como Conjunto Básico de Servicios o sus siglas BSS (Basic Service Set). Dentro de un BSS encontramos nodos tanto fijos como móviles, llamados estaciones. Cada BSS está gobernada por un Punto de Acceso. Un AP se define como una estación base provista de acceso al Sistema de Distribución, capaz de proveer a las estaciones de los servicios de éste.

El AP es el encargado de enviar y recibir información, brindar cobertura a las estaciones de la red inalámbrica. Las estaciones de un BSS obtienen acceso al DS, y por tanto a otros nodos fuera de su área de cobertura, a través del AP. El DS es el componente lógico del IEEE 802.11 que se encarga de conducir las tramas hasta su destino.

En el estándar no se fija ninguna tecnología concreta, pero en la mayoría de los casos está basado en tecnología Ethernet (aunque también puede ser radioeléctrico), tiende a equipararse a la columna vertebral de la red. El conjunto de celdas y sus correspondientes puntos de acceso se presenta a los niveles superiores como una unidad lógica llamada ESS (“Extended Service Set”) o Conjunto de Servicio Extendido, que es lo mismo que la unión de varias BSS (Pérez, 2020).

2.1.8 Estructura de la trama IEEE 802.11

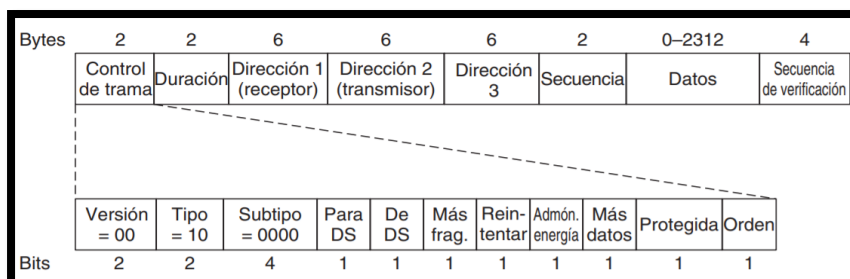
El estándar 802.11 define tres clases diferentes de tramas en el aire: de datos, de control y de administración. Cada una tiene un encabezado con una variedad de campos que se utilizan dentro de la subcapa MAC. En el formato de la trama de datos de la Figura 6, según (Tanenbaum & Wetherall, 2012), se observa:

- Campo de Control de trama, que consta de 11 subcampos.
 - ✓ El primer subcampo es la Versión de protocolo, establecido en 00. Está ahí para que las futuras versiones del protocolo 802.11 funcionen al mismo tiempo en la misma celda.

- ✓ Campos de Tipo (de datos, de control o de administración)
- ✓ Subtipo (por ejemplo, RTS o CTS). Para una trama de datos regular (sin calidad de servicio), se establecen en 10 y 0000 en binario.
- ✓ Bits Para DS y De DS se establecen para indicar que la trama va hacia o viene de la red conectada a los AP, a la cual se le conoce como sistema de distribución.
- ✓ Bit Más fragmentos indica que siguen más fragmentos.
- ✓ Bit Retransmitir marca una retransmisión de una trama que se envió antes.
- ✓ Bit de Administración de energía indica que el emisor va a entrar al modo de ahorro de energía.
- ✓ Bit Más datos indica que el emisor tiene tramas adicionales para el receptor.
- ✓ Bit Trama protegida indica que el cuerpo de la trama se cifró por seguridad.
- ✓ Por último, el bit de Orden indica al receptor que la capa superior espera que la secuencia de tramas llegue de modo riguroso en orden.

Figura 6

Formato trama de datos IEEE 802.11

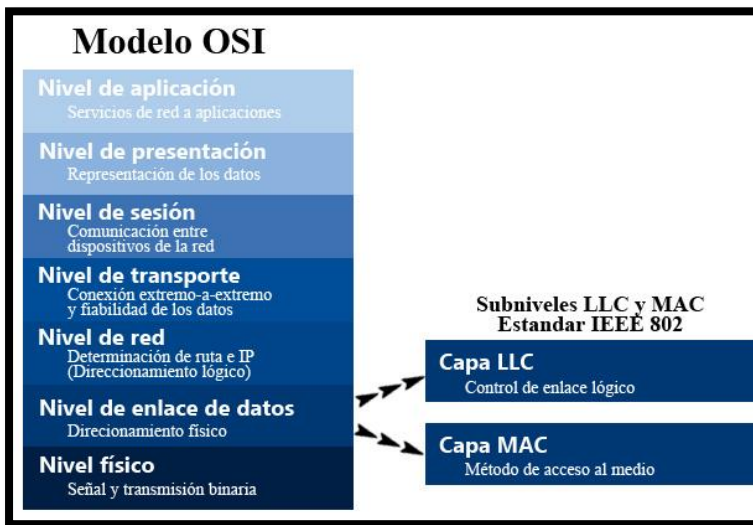


Nota. Adaptado de *Redes de computadoras* (p. 266), A. Tanenbaum y D. Wetherall, 2012, PEARSON.

El segundo campo de la trama de datos, el campo Duración, indica cuánto tiempo ocuparán el canal, la longitud de la trama y su confirmación de recepción, lo cual se mide en microsegundos. Está presente en todos los tipos de tramas, incluyendo las tramas de control, y es lo que utilizan las estaciones para administrar el mecanismo NAV (Network Allocation Vector) o vector de asignación de red. Después siguen las direcciones. Las tramas de datos que se envían hacia o se reciben de un AP tienen tres direcciones, todas en formato estándar de IEEE 802. La primera dirección es el receptor, y la segunda dirección es el transmisor. Se debe recordar que el AP sólo es un punto de relevo para las tramas, a medida que viajan entre un cliente y otro punto en la red, tal vez un cliente distante o un portal de Internet. La tercera dirección provee este punto final distante. El campo Secuencia numera las tramas de manera que se puedan detectar tramas duplicadas. De los 16 bits disponibles, 4 identifican el fragmento y 12 transportan un número que avanza con cada nueva transmisión. El campo Datos contiene la carga útil, hasta 2312 bytes. Los primeros bytes de esta carga útil están en un formato conocido como LLC (Control de Enlace Lógico, del inglés Logical Link Control). Por último, está la Secuencia de Verificación de Tramas, que viene siendo la CRC de 32 bits (Tanenbaum & Wetherall, 2012).

2.1.9 Modelo de referencia

La norma IEEE 802.11 sigue el mismo modelo o arquitectura que toda la familia 802 como se aprecia en la Figura 7, es decir, capa física y la capa de enlace.

Figura 7*Modelo OSI y IEEE 802.11*

Nota. Adaptado de *Estándar IEEE 802*, subcapas LLC y MAC, de Mespresso, 2017,

<https://mespresso.wordpress.com/2017/02/08/ethernet-estandar-ieee-802-subcapas-llc-y-mac/>

Según (Carballar, 2014), la capa Física tiene dos subcapas:

- La subcapa inferior, PMD (Physical Media Dependent), que corresponde al conjunto de especificaciones de cada uno de las cuatro técnicas de transmisión a nivel físico. Las técnicas son: Infrarrojos, FHSS, DSSS u OFDM.
- La subcapa superior, PLCP (Physical Layer Convergence Procedure), se encarga de adaptar las diversas especificaciones de la subcapa PMD a la subcapa MAC, inmediatamente superior.

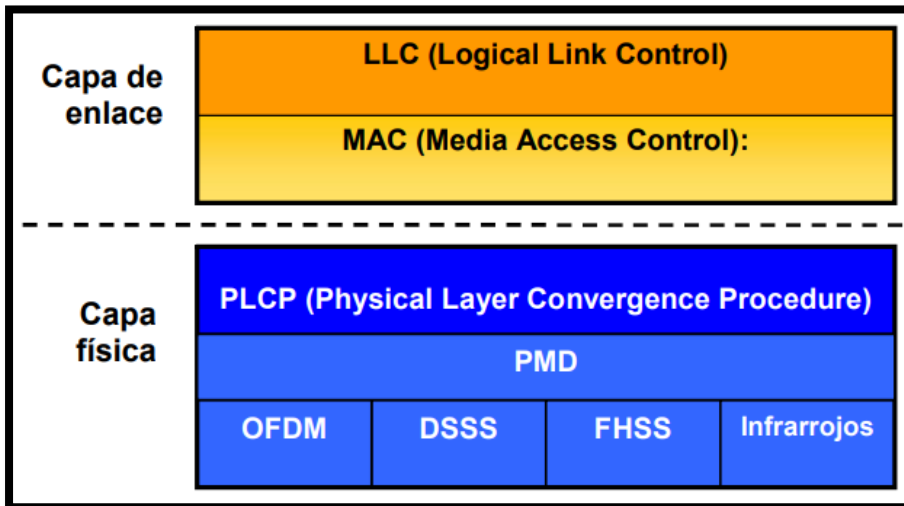
La capa de Enlace también se divide a su vez en dos subcapas:

- La subcapa MAC (Media Access Control), donde se especifica el protocolo de acceso al medio propiamente dicho y se especifica características intrínsecas de las redes inalámbricas como acuses de recibo, fragmentación de tramas y el cifrado para dar confidencialidad a la información enviada (Carballar, 2014).

- La subcapa LLC (Logical Link Control), que ofrece un servicio de transporte único para todas las tecnologías. Esta subcapa es común a todos los estándares IEEE 802 y se ve en la Figura 8 (Carballar, 2014).

Figura 8

Modelo de referencia de la capa de Enlace



Nota. Adaptado de *Modelo de referencia detallado de IEEE 802.11*, de J. Anguís, 2008, *Redes de Área Local Inalámbricas: Diseño de la WLAN de Wheelers Lane Technology College*.

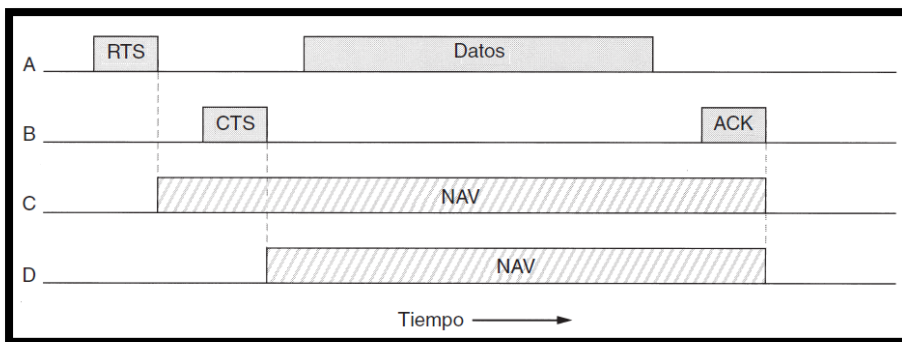
2.1.10 Protocolo de Acceso al Medio

El protocolo básico de acceso de Ethernet es el CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access / Collision Detection). El procedimiento de esta técnica es: las estaciones antes de transmitir miran primero si hay otra haciéndolo. Si no es así intentan transmitir ellas, manteniéndose a la escucha del canal. Si aprecian diferencia entre la señal del canal y su señal suponen que ha ocurrido una colisión (detección de colisión). En ese momento dejan de transmitir el paquete y difunden una señal especial (señal de jamming) para avisar al resto de estaciones que deben descartar el paquete. Después esperan un tiempo aleatorio antes de volver a intentar transmitir (Tanenbaum & Wetherall, 2012).

Dado que es muy costoso implementar radiorreceptores que transmitan y reciban al mismo tiempo, la técnica empleada en 802.11 es CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access / Collision Avoidance) o Acceso Múltiple por Detección de Portadora con Evasión de Colisiones indicado en la Figura 9. La diferencia principal radica en la detección de colisiones, ya que en el aire es difícil detectar una colisión, lo que hace que CSMA/CA intente evitar las colisiones (Collision Avoidance) (Tanenbaum & Wetherall, 2012).

Figura 9

Detección de canal virtual utilizando CSMA/CA



Nota. Adaptado de *Redes de computadoras* (p. 263), A. Tanenbaum y D. Wetherall, 2012, PEARSON.

2.2 ITIL (Information Technology Infrastructure Library)

En español, Biblioteca de Infraestructura de Tecnologías de Información, es un estándar mundial y considerado como uno de los mejores marcos de trabajo para la Gestión de Servicios de Tecnologías de la Información, fue desarrollado a finales del año 1980. Su conjunto consistente y detallado de mejores prácticas, recolectadas y seleccionadas por empresas y organismos de todo el mundo, permiten entender como parte de un todo a la provisión de servicios. Además, alinea los objetivos y estrategias del Área de Tecnologías de Información (TI) con los del negocio, generando un mayor valor frente a la competencia (García & Gavilanes, 2015).

2.2.1 Fases del Ciclo de Vida del Servicio

ITILv4 centra su gestión en la co-creación de valor, esto refiere a la colaboración activa entre proveedores y consumidores del servicio, así como los principales involucrados, generando una percepción de valor para los usuarios del servicio.

Según (Axelos, 2019), ITILv4 tiene dos componentes clave:

- Las cuatro dimensiones de la gestión del servicio.
- Sistema de valor del servicio (SVS)

2.2.2 Las cuatro dimensiones de la gestión del servicio

Se aplican al sistema de valor del servicio de ITIL y tienen un impacto directo sobre la gestión de servicios de la empresa. El no atender adecuadamente las dimensiones puede causar ineficiencia en los servicios. ITILv4 define estas dimensiones como fundamentales en el proceso de creación conjunta de valor para los clientes y otras partes interesadas detalladas en la Figura 10 (Axelos, 2019).

Figura 10

Las cuatro dimensiones ITILv4



Nota. Adaptado de *ITIL Foundation* (p. 39), J. Roman, 2019, TSO.

Organizaciones y personas

La organización y la dimensión de las personas de un servicio cubren roles y responsabilidades, estructuras organizativas formales, cultura y personal y competencias requeridas, todo lo cual está relacionado con la creación, entrega y mejora de un servicio.

Información y tecnología

En el contexto de un servicio de TI específico, esta dimensión incluye la información creada, administrada y utilizada en el curso de la provisión y el consumo del servicio, y las tecnologías que soportan y habilitan ese servicio.

Socios y proveedores

Ningún sistema de gestión de servicios estaría completo sin los socios y proveedores. Toda organización depende de ellos hasta cierto punto para prestar sus servicios. Esta dimensión de ITILv4 incluye las relaciones de una organización con otras organizaciones o individuos involucrados en el diseño, desarrollo, entrega y soporte técnico a los servicios.

Flujos de valor y procesos

El flujo de valor es una serie de pasos que una organización toma para crear y entregar productos y servicios a los consumidores. A su vez, estos flujos son habilitados por procesos que transforman entradas en salidas. Esta dimensión ayuda a definir el modelo de entrega de servicios y a identificar los procesos que no agregan valor al negocio.

2.2.3 Sistema de Valor del Servicio

El Sistema de Valor del Servicio (SVS) de ITIL, describe cómo todos los componentes y actividades de la organización trabajan juntos como un sistema, para permitir la creación de valor. Estos componentes y actividades, junto con los recursos de la organización se pueden configurar en múltiples combinaciones de forma flexible a medida que cambian las circunstancias, pero esto requiere la integración y coordinación de actividades, prácticas, equipos, autoridades y responsabilidades para ser verdaderamente efectivo (Yurivilca, 2019).

El Sistema de Valor del Servicio tiene los siguientes componentes:

Principios Básicos

Son recomendaciones que puede aplicar la organización, para optimizar la gestión e implementación del marco de trabajo. A continuación, se detallan los siete principios básicos:

- Centrarse en el valor
- Comience donde está
- Progresar iterativamente con retroalimentación
- Colaborar y promover la visibilidad
- Piensa y trabaja holísticamente
- Mantenlo simple y práctico
- Optimizar y automatizar

Gobernanza

La gobernanza de ITILv4 implica la evaluación, dirección y monitorización de las actividades cuyo objetivo final es garantizar que la cadena de valor del servicio y las prácticas de la organización funcionen bien y se alineen con los objetivos de negocio establecidos.

Cadena de Valor del Servicio

ITILv4 describe la cadena de valor del servicio como una combinación de seis actividades clave que funcionan en conjunto para crear valor para los usuarios finales, suministrando un producto o servicio. Estas actividades están interconectadas y reciben aportes de fuentes tanto externas como del interior de la cadena de valor. A continuación, se listan las actividades descritas en la cadena de valor del servicio ITIL acorde a la Figura 11:

Planificar: crear planes, políticas, estándares, y dirección para cierta cadena de valor.

Mejorar: garantizar mejora continua de prácticas, productos y servicios ofrecidos.

Contratar: establecer buenas relaciones con las partes interesadas y usuarios finales ofreciendo transparencia y clara comprensión de los productos y servicios.

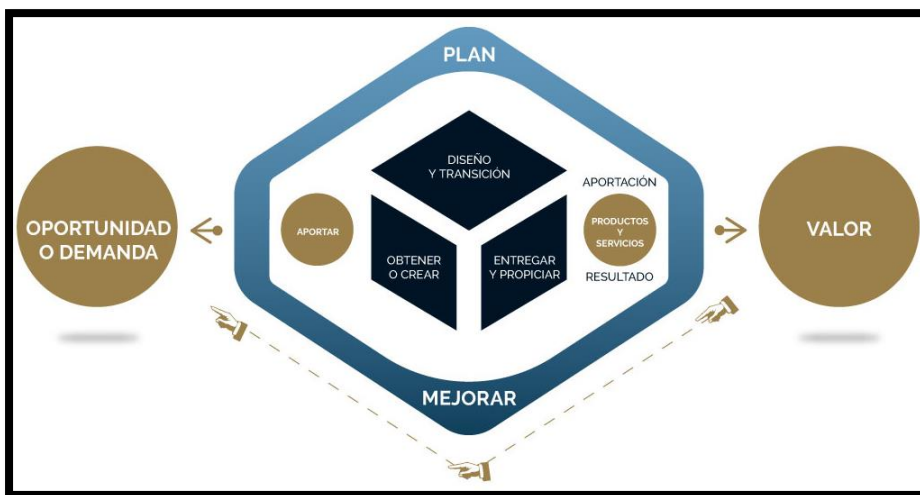
Diseño y transición: garantizar que los productos y servicios ofrecidos satisfagan continuamente las exigencias de las partes interesadas.

Obtener/crear: garantizar disponibilidad de componentes de servicio, como hardware, software, servicios, etc. cuando y donde se necesiten.

Entregar y brindar soporte: garantizar que los servicios se entreguen y cuenten con el soporte adecuado para cumplir con las expectativas deseadas.

Figura 11

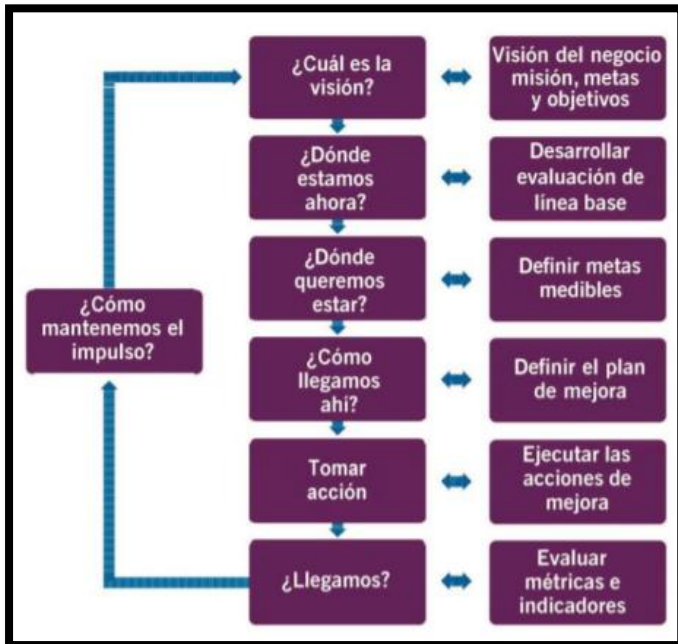
Cadena de Valor del Servicio ITILv4



Nota. Adaptado de *ITIL Foundation* (p. 55), J. Roman, 2019, TSO.

Mejora Continua

Siempre se van a observar posibles mejoras, ya sea producto de la operatividad, o por factores externos, como lo son nuevas tendencias, nuevas tecnologías, cambios en el mercado, etcétera, y es justamente esta capacidad de cambio y flexibilidad con la que cuenta ITIL, la que permite gestionar mejoras en el modelo implementado, de manera holística y sencilla como lo describe la Figura 12 (Axelos, 2019).

Figura 12*Mejora Continua ITILv4*

Nota. Adaptado de *ITIL Foundation* (p. 93), J. Roman, 2019, TSO.

Prácticas de Gestión de ITILv4

Según (Axelos, 2019) una práctica, o práctica de gestión de ITILv4, es un conjunto de recursos organizacionales diseñados para la ejecución de trabajo o para lograr un objetivo. ITILv4 describe prácticas en lugar de procesos.

El sistema de valor del servicio de ITILv4 incluye un total de 14 prácticas de gestión general, 17 prácticas de gestión de servicios y 3 prácticas de gestión técnica como lo demuestra la Tabla 2.

Tabla 2*Prácticas de Gestión de ITILv4*

Gestión General	Gestión de Servicios	Gestión Técnica
Gestión de la arquitectura Mejora continua	Gestión de la disponibilidad Análisis del negocio	Gestión de la implementación Gestión de la infraestructura y plataformas
Gestión de la seguridad de la información Gestión del conocimiento	Gestión de la capacidad y el rendimiento Gestión de cambios	Desarrollo y gestión del software

Medición y notificación	Gestión de incidentes
Gestión del cambio organizacional	Gestión de activos de TI
Gestión de la cartera	Monitoreo y gestión de eventos
Gestión de proyectos	Gestión de problemas
Gestión de las relaciones	Gestión de versiones
Gestión de los riesgos	Gestión de catálogo de servicio
Gestión financiera de los servicios	Gestión de configuración del servicio
Gestión de la estrategia	Gestión de continuidad del servicio
Gestión de los suministros	Diseño del servicio
Gestión de la fuerza de trabajo y del talento	Servicio de atención al cliente
	Gestión de nivel del servicio
	Gestión de solicitudes de servicio
	Validación y prueba del servicio

Nota. Adaptado de *ITIL Foundation* (p. 105-106), J. Roman, 2019, TSO.

Gestión de la Arquitectura: su propósito es brindar comprensión sobre los diferentes elementos que componen una organización y cómo estos se interrelacionan, permitiendo que la organización logre eficazmente sus objetivos actuales y futuros. Esta práctica permite reconocer las soluciones tecnológicas disponibles para la organización, incluida la tecnología de los proveedores de servicios externos. Esta práctica puede incluir los edificios e instalaciones físicas que utiliza la organización para ejecutar su infraestructura de TI (Axelos, 2019).

Se hace énfasis en la Gestión de la Arquitectura debido a que es la práctica a servir de guía en el proceso y desarrollo de este proyecto. Esta práctica les da especial importancia a tres actividades de la Cadena de Valor del Servicio, éstas son:

Planificación

Es la responsable de desarrollar y mantener una arquitectura de referencia que describa las arquitecturas actuales y de destino para las perspectivas de servicio, información, datos, aplicaciones, tecnología y entorno. Esto se utiliza como base para toda la Cadena de Valor del Servicio.

Mejora

Muchas oportunidades de mejora se identifican mediante la revisión de las arquitecturas establecidas en la planificación.

Diseño y Transición

Esta actividad es la responsable de la estructura y dinámica del servicio, por tanto, se encarga del diseño y la transición de las servicio nuevo o modificado para que cumpla con los objetivos propuestos.

2.2.4 ¿Por qué implementar ITIL?

La principal motivación para introducir ITIL es, por lo general, el deseo de poder lidiar con incidentes de una manera más profesional. Esto requiere la disponibilidad de un punto único de contacto para el usuario (conocido en ITIL como “Service Desk”), donde se reciben las llamadas y se dan los pasos necesarios para resolver la interrupción de servicio (Ramírez & Donoso, 2016).

Además, la organización desarrolla una estructura más clara, se vuelve más eficaz, y se centra más en los objetivos de la organización. La administración tiene un mayor control, se estandarizan e identifican los procedimientos y los cambios resultan más fáciles de manejar.

A través de las mejores prácticas de ITIL se apoya al cambio en la cultura de TI y su orientación hacia el servicio, y se facilita la introducción de un sistema de administración de calidad. ITIL proporciona un marco de referencia uniforme para la comunicación interna y con usuarios.

2.2.5 Pasos para implementar ITIL

Las compañías interesadas en el orden sistemático y profesional de su información se valen de ITIL, del cual toman una parte de sus procesos y van adicionando más recomendaciones y procesos acorde a su funcionalidad.

2.2.6 Preparar el proyecto

En principio, para realizar un proyecto cualquiera con ITIL, es de vital importancia que los involucrados tengan los mínimos conocimientos sobre ITIL; es decir estos actores deben conocer los principios, maneras de aplicar y los beneficios que ofrecerá la implementación.

De darse el caso de contar con asesores externos, lo ideal sería prescindir lo menos posible de ellos y si no existen mucho mejor, puesto que alguien que esté dentro de la organización debe lograr comunicar y explicar más competentemente los pasos necesarios para que se implemente ITIL.

ITIL se enfoca en asegurar que los procesos nuevos sean continuamente monitoreados y mejorados; esto ofrece numerosos beneficios en sí, pero también es un requisito central para obtener una certificación ISO 20 000. De ser posible que existirá una función de Gestión de Procesos o Gestión de Calidad que también pueda manejar los procesos ITIL (Ramírez & Donoso, 2016).

2.2.7 Definir la estructura de servicios

Al diseñar la estructura de los servicios, es necesario tener presente todos los aspectos que debe tener cubierto el responsable de la implementación. Los procesos son los siguientes:

1. Determinar los servicios.
2. Realizar un cuadro claro.
3. Servicios de Negocios para el cliente.
4. Documentar los Servicios de soportes.
5. Crear una lista de servicios de negocios existentes que se proveen a los clientes.
6. Se crea y se define la estructura de servicios y se definen los Objetivos.
7. Los Prerrequisitos que se deben observar son: Acuerdos e información existentes, áreas participantes para definir los servicios de negocios, una lista de servicios de negocios, incluyendo al menos una descripción breve de los servicios y clientes que las usan.

8. Una lista de servicios de soporte, incluyendo al menos descripciones breves de los servicios y los Propietarios de Servicios responsables de esta labor.

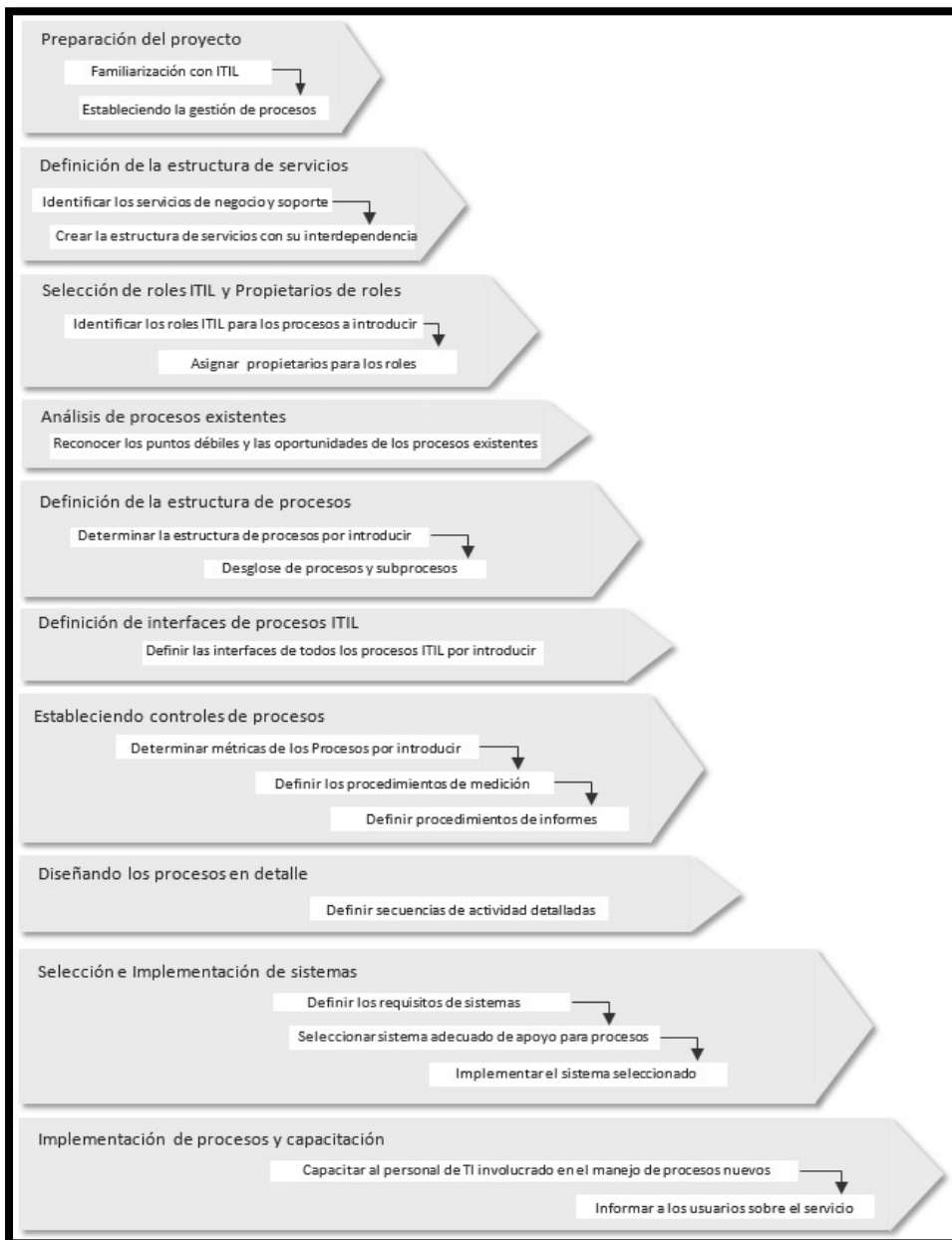
2.2.8 Seleccionar Roles ITIL y definir propietarios de roles

Al comenzar, es importante designar los nuevos procesos de ITIL a cada uno de los individuos que formen parte del proyecto. El objetivo de este paso, es identificar los roles que requiere ITIL, dependiendo del alcance de los procesos por introducir y asignar propietarios para los roles. Para tener éxito en este paso, es crucial nombrar personas específicas como propietarios de roles, para que puedan contribuir al diseño del proceso durante el curso del proyecto. En caso de dudas, es posible empezar con los roles ITIL obvios, y luego añadir subroles, si fuera necesario.

2.2.9 Analizar procesos existentes con la evaluación ITIL

1. El objetivo es reconocer los puntos débiles y las oportunidades dentro de los procesos existentes.
2. Los prerrequisitos deben ser el Catálogo de Autoevaluación ITIL.
3. Los resultados/entregables deberán ser: la clasificación de la organización de TI dentro de las disciplinas individuales de ITIL; y, la lista de puntos débiles y oportunidades con respecto a las recomendaciones de ITIL.

En la Figura 13 se encuentra un resumen de la implementación de ITIL.

Figura 13*Pasos para implementar un servicio con ITIL*

Nota. Adaptado de *ITIL Foundation*, J. Roman, 2019, TSO.

2.3 Casos de éxito con ITIL

2.3.1 ITIL y el mejoramiento de la Gestión de Servicios Informáticos

TECNOPRO CÍA. LTDA., nace a finales del año 2000, se especializa en el desarrollo de software a medida, diseña y construye soluciones de negocio preferentemente para el sector

público del país, entre los servicios que brinda están, el desarrollo de software a la medida, implementación de paquetes de software, y consultoría y capacitación, página Web Oficial: <http://www.tecnopro.net/> (Ruiz, 2017).

TECNOPRO CÍA. LTDA., no tenía estrategias definidas que garanticen la continuidad, la competitividad y el mejoramiento de los servicios prestados. Resulta evidente que su accionar se vino apalancando en la creciente necesidad de automatizar procesos de su negocio y en la experiencia ganada en estos años sobre el desarrollo e implementación de software a medida, pero que en el contexto general de gestión empresarial surgieron deficiencias como la gestión de tiempos de proyectos y a la falta de compromiso de los directivos de fortalecer los servicios de TI, esto provocado por la falta de estándares y procedimientos que apoyen la obtención de las metas trazadas (Ruiz, 2017).

La utilización de ITIL, en la empresa TECNOPRO CÍA. LTDA, proporciona un modelo que estructura y estandariza los diferentes procesos y procedimientos, derivando en el mejoramiento de la gestión de servicios informáticos que a su vez permitió fortalecer y expandir su campo de acción. Con esto, se minimizó las consecuencias negativas de las particulares acciones de gestión pasada de la empresa.

Al aplicar estos procesos en los proyectos conflictivos de TECNOPRO CÍA. LTDA., se obtuvo una proyección del aumento de la eficiencia de los despliegues de proyectos en producción según lo siguiente: proyectos 2001: 80.00%, proyectos 2006: 30.00%, proyectos 2009: 5.00%, proyectos 2014: 13.33% (Ruiz, 2017).

2.3.2 BBVA inaugura uno de los centros de proceso de datos más avanzados del mundo e integra ITIL como guía empresarial

El nuevo centro de proceso de datos (CPD) es uno de los más avanzados del mundo, ya que cuenta con la doble certificación Tier IV en diseño y construcción, que garantiza los niveles máximos de fiabilidad y seguridad. El CPD de BBVA en Tres Cantos es el primero en Europa

y el cuarto en el mundo que recibe esta doble certificación, que otorga el Uptime Institute a aquellos centros de proceso de datos que disponen de los niveles máximos de fiabilidad y seguridad (BBVA, 2019).

Este servicio se suministra a clientes del BBVA en más de 32 países, a través de un sistema de gestión total de servicios de TI basado en las mejores prácticas ITIL. “La situación del CPD de Europa anterior al proyecto consistía en un control clásico de CPD con herramientas de control tanto en monitorización como en proceso de gestión, gestión de incidencias, de cambios a nivel de servicio. Pero el objetivo de este proyecto es que todo esto se realice de forma conjunta e integrada para dar un mejor servicio al negocio y poder ser más ágiles ante las necesidades (BBVA, 2019).

Ya están totalmente implantados todos los procesos de gestión que intervienen: la implantación de la CMDB con todas sus relaciones entre el catálogo de servicios del negocio y la infraestructura, una gestión de la configuración implantada, gestión de cambios, gestión de nivel de servicios y gestión de peticiones “que ha tenido una evolución espectacular en este último año”, certifica Arturo Gil, responsable del Departamento de Gestión Integrada de Sistemas.

Entre los avances logrados están:

- Desde este centro ahora se gestionan 44 millones de operaciones diarias.
- El centro cuenta con una subestación eléctrica con la que se podría abastecer a un pueblo de 3.500 habitantes (potencia disponible de 16 Mw).
- En el centro hay 8 grupos electrógenos, alimentados por 240.000 litros de gasoil que proporcionan al CPD una autonomía de 96 horas en el caso de que no hubiera suministro de la red eléctrica.
- Hasta 10.000 procesadores de alta gama, frente a los 4.800 del antiguo.

2.4 Calidad de Servicio

Calidad de Servicio o QoS (Quality of Service), en redes de información, se refiere a brindar un buen servicio a los usuarios que utilizan diferentes aplicaciones en tiempo real, debido a la existencia de aplicaciones que requieren recursos de forma preferencial. En ocasiones, la red alberga una alta demanda de servicios lo que puede congestionar la red y por lo tanto perderse la información, por lo tanto, es necesario una buena administración de los recursos para brindar a las aplicaciones las condiciones adecuadas para la transmisión de datos, es ahí donde incursiona la Calidad de Servicio (Torres, 2010).

La Calidad de Servicio se mide primordialmente de acuerdo a parámetros tales como ancho de banda, canal eficaz, latencia, pérdidas de los paquetes, etc. Con la Calidad de Servicio se puede discriminar tráfico, dando mayor o menor eficiencia a la transmisión de los datos, la Calidad de Servicio nos indica que el protocolo de enrutamiento es capaz de encontrar el camino hacia el destino sabiendo porqué nodo encaminar el tráfico que transporta, entregando de una forma confiable los datos, además la pérdida de paquetes y la latencia deben ser casi nulos sobre todo en aplicaciones de tiempo real, ya que estos parámetros afectan en gran medida a este tipo de aplicaciones (Torres, 2010).

Un protocolo de enrutamiento con capacidades de QoS debería intentar establecer una ruta que cumpla con determinados requisitos como ancho de banda, retardo extremo a extremo, mínima variación en el retardo, etc.

2.4.1 Conceptos Generales de la Calidad de Servicio (QoS)

Según UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones) la Calidad de Servicio es “como el efecto global de la Calidad de funcionamiento de un Servicio que determina el grado de satisfacción de un usuario de dicho Servicio.”

Según RFC 2386, la Calidad de Servicio “se caracteriza por ser un conjunto de requisitos de Servicio que se debe cumplir en el transporte de un flujo de paquetes desde el origen a su destino”

En RFC 1946 de la Internet Engineering Task Force (IETF) se establece que “El surgimiento de la demanda de servicios de red de tiempo real ha hecho necesario que las redes compartidas proporcionen unos servicios de entrega deterministas. Estos servicios de entrega deterministas exigen que tanto la aplicación origen como la infraestructura de red tengan capacidades de petición, establecimiento, y aseguramiento de la entrega de datos. Colectivamente estos servicios se refieren a la reserva de ancho de banda y Calidad de servicio”.

Como en alguna de las definiciones anteriores se observa que utiliza el término “flujo de paquetes”, se explica que un flujo de paquetes es un conjunto de paquetes que se transmiten desde un origen a un destino, por una sola ruta o por rutas diferentes según sea de un servicio orientado a la conexión o no.

No existe una técnica concreta que nos permita proporcionar Calidad de Servicio a todas las aplicaciones, maximizando los parámetros anteriores, para esto existen algunos métodos que se han utilizado para lograr una Calidad de Servicio apropiada. Según (Torres, 2010), algunos de estos métodos son:

- Aprovisionamiento
- Almacenamiento en buffer
- Modelado de tráfico
- Reserva de recursos
- Control de Admisión, entre otros.

2.4.2 Parámetros de la Calidad de Servicio

Garantizar Calidad de Servicio, ofrece a los usuarios finales que los datos serán transmitidos en forma adecuada en un tiempo establecido, algunos de los parámetros a considerar, según (Torres, 2010), son:

Pérdida de paquetes. La pérdida de paquetes de datos se da cuando éstos no llegan a su destino final debido a la congestión de los canales de comunicación.

Latencia o retardo. Este parámetro se mide en unidades de tiempo y se refiere al tiempo total transcurrido que empieza desde que el paquete es transmitido por el origen hasta que llega a su destino.

Canal Eficaz o Throughput. Es la cantidad de datos recibidos por el destino en un tiempo determinado, a través de un medio físico o lógico en una red.

2.4.3 Modelos para la Calidad de Servicio

Las propuestas más estudiadas son las dadas por el IETF (en español, Grupo de Trabajo de Ingeniería de Internet) que corresponden a dos grupos de trabajo como son: IntServ (Servicios Integrados), y DiffServ (Servicios Diferenciados).

IntServ se define en el RFC 1633, y consiste en la reserva de recursos de la red por flujos. La reserva de los recursos se realiza antes de poner el tráfico en la red, para esto se verifica la demanda de requerimientos que las aplicaciones soliciten como: ancho de banda, jitter, retardo, etc. Así cada router de la red debe mantener una tabla con el estado de reserva por flujo, para la provisión de Servicio. Pero este modelo presenta un inconveniente que es la gran cantidad de datos que se debe almacenar en cada nodo intermedio (Torres, 2010).

El modelo DiffServ fue propuesto por IETF y está definido en el RFC 2475, para proveer Calidad de Servicio diferenciando las clases de tráfico o Servicios, este modelo está orientado a un servicio extremo a extremo a través de un dominio único. Además, este modelo se basa en la agregación de flujos para proveer Calidad de Servicio, solucionando los problemas

de escalabilidad del modelo anterior, asimismo define un campo Code Point (DSCP) que se encuentra asociado a la cabecera IP que puede ser IPv4 o IPv6, de esta manera el tratamiento del tráfico de los nodos intermedios viene determinado por el valor asociado a este campo (Torres, 2010).

2.4.4 Calidad de Servicio en Redes Inalámbricas

La rapidez con que Ethernet (IEEE 802.3) ha evolucionado en cuanto a velocidad de transmisión (FastEthernet, GigaEthernet) provoca que exista una predisposición a apoyarse en el sobredimensionamiento para ofrecer unas adecuadas prestaciones en las comunicaciones.

En el caso de las tecnologías de red inalámbricas para el acceso es radicalmente diferente. En primer lugar, la velocidad de transmisión se encuentra bastante por debajo de cualquier tecnología cableada. Por ejemplo, las tecnologías más avanzadas que podríamos encontrar en ambos ámbitos serían GigabitEthernet (1 Gbps) vs. 802.11g (54 Mbps), o aun así vs. 802.11n (300 Mbps). Por otro lado, el ancho de banda anunciado por las tecnologías inalámbricas dista bastante del caudal efectivo alcanzado, donde una eficiencia típica podría situarse en un 20%, lo que nos resultaría en un caudal efectivo de 10,8 Mbps (20% de 54 Mbps). Disponiendo de un caudal de tráfico como el mencionado, aplicaciones de VoIP, videoconferencia o descarga de video bajo demanda de alta calidad, necesitarían disponer por completo de estos recursos para funcionar adecuadamente. La situación se agrava aún más si consideramos que una red será compartida entre diferentes aplicaciones y usuarios, lo que podría mermar la calidad percibida por el usuario drásticamente (Erazo, Arana, & Pérez, 2019).

El IEEE, en la búsqueda de soluciones a esta problemática, crea un grupo de trabajo (IEEE-802.11e) que permitiese la provisión de calidad de servicio en redes 802.11. Este grupo de trabajo ha proporcionado un estándar donde a través de diferentes mecanismos se permite la priorización de flujos de tráfico entre aplicaciones y entre terminales (Erazo, Arana, & Pérez, 2019).

QoS (Quality of Service) garantiza la transmisión de datos en ciertas condiciones que ya se encuentran establecidas por diferentes entidades que controlan los servicios inalámbricos, una de estas condiciones es que el tiempo de retardo de extremo a extremo de los datos, no excedan un nivel específico de tiempo y además garantice un determinado ancho de banda para un servicio específico.

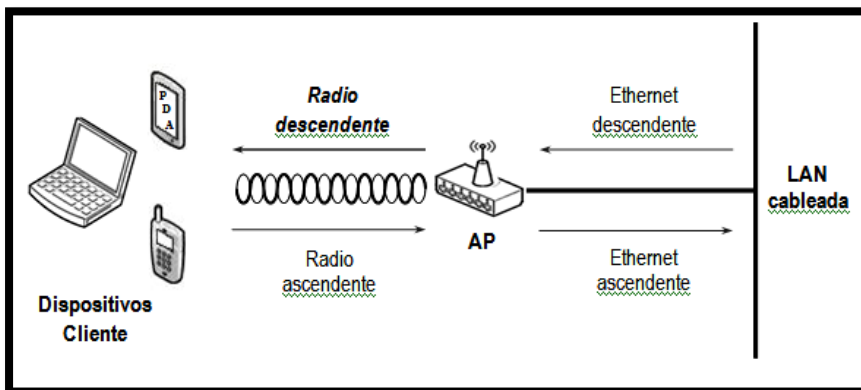
El tráfico de datos para el que el tiempo es crítico, como la voz y el vídeo, se beneficia de la calidad de servicio QoS, ya que se puede configurar para otorgarles una prioridad más alta. Esto permite una comunicación de voz más limpia y clara, una señal de vídeo sin brincos, y una entrega más fiable de la información que si la configuración se realizara con una prioridad más baja.

QoS se encuentra deshabilitada de forma predeterminada. Lo más importante en la implantación de QoS es familiarizarse con el tráfico en la WLAN. Es importante tener conocimiento de las aplicaciones utilizadas por los dispositivos cliente inalámbricos, su sensibilidad al retardo y la cantidad de tráfico asociado a ellas. Es de destacar que QoS no crea un ancho de banda adicional para la WLAN o red inalámbrica local; en cambio, ayuda a realizar una mejor asignación del ancho de banda (Erazo, Arana, & Pérez, 2019).

QoS en la WLAN se centra en priorizar el flujo descendente desde el AP. La Figura 14 muestra el flujo de tráfico ascendente y descendente. El flujo descendente es el tráfico transmitido fuera del AP con destino a un dispositivo cliente inalámbrico. Este tráfico es la principal preocupación de la QoS en una WLAN. El flujo ascendente es el tráfico transmitido desde el dispositivo cliente inalámbrico con destino al AP. Y este tráfico no es afectado por la QoS de las WLAN (Erazo, Arana, & Pérez, 2019).

Figura 14

Flujo de tráfico ascendente y descendente



Nota. Adaptado de *Implantación de calidad de servicio (QoS) en redes inalámbricas Wi-Fi*,

C. Erazo, J. Arana & S. Perez, 2019.

El flujo Ethernet descendente es tráfico enviado desde un switch o un router al puerto Ethernet del AP. Si la QoS está activada en el switch o router, ese switch o router podría priorizar y limitar la velocidad del tráfico hacia el punto de acceso, AP. El flujo Ethernet ascendente es tráfico enviado desde el puerto Ethernet del AP a un switch o router de la LAN cableada. El AP no prioriza el tráfico que envía a la LAN cableada en base a la clasificación del tráfico (Erazo, Arana, & Pérez, 2019).

2.4.5 Estándar 802.11e - QoS.

En 1999 el IEEE decide crear un grupo de trabajo que profundice un análisis sobre 802.11 en la búsqueda de Calidad de Servicio, este proyecto se denominaría como 802.11e y es ratificado en 2005. Las novedades que presenta este proyecto parten desde la nomenclatura. Estas mejoras distinguen entre estaciones con soporte de calidad de servicio (QSTA – QoS Enhanced Station) y aquellas que no lo soportan (STA), punto de acceso con soporte de calidad de servicio (QAP) y sin soporte (AP). Dentro de 802.11e podemos distinguir básicamente dos grupos funcionales: se trataría de las funciones de acceso al canal, y la gestión de especificación

de tráfico (TSPEC). El estándar 802.11e es un estándar que añade funciones de Calidad de Servicio y soporte multimedia a las existentes redes inalámbricas 802.11a, 802.11b, 802.11g y también 802.11n (Erazo, Arana, & Pérez, 2019).

QoS habilita los puntos de acceso WiFi para dar prioridad a cierto tipo de tráfico y optimizar la forma en que los recursos compartidos de la red se distribuyen entre diferentes aplicaciones. Sin QoS, todas las aplicaciones que se están ejecutando en diferentes dispositivos tienen igualdad de oportunidades para transmitir sus paquetes de datos. Esto funciona bien para el tráfico de datos de aplicaciones, tales como los navegadores web (web browsers), transferencias de archivos o el correo electrónico, pero es inadecuado para aplicaciones multimedia.

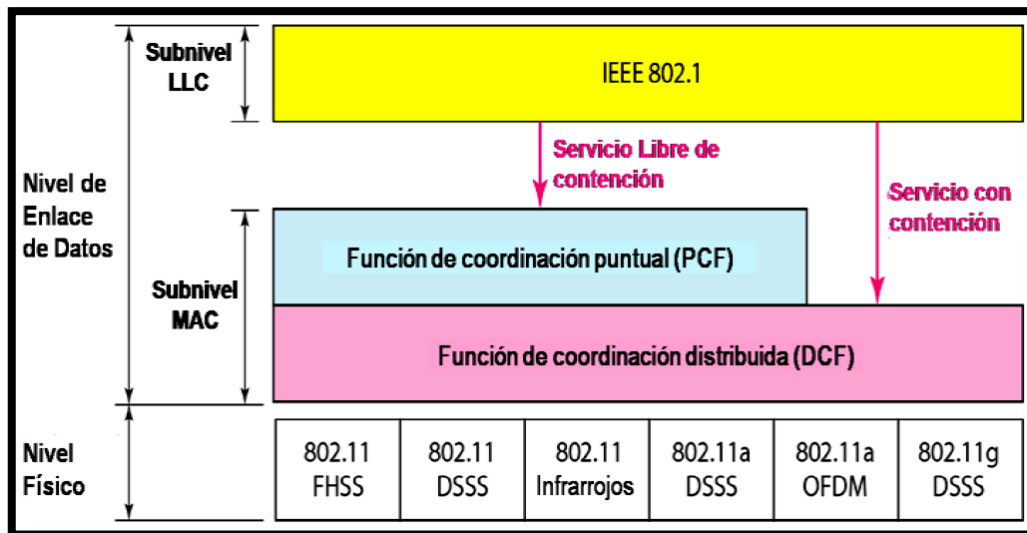
El objetivo es introducir nuevos mecanismos a nivel de la capa MAC para dar soporte a los servicios que requieren garantías de QoS. Además, el nuevo estándar ha sido desarrollado para ser compatible con las versiones anteriores que no proporcionan ningún tipo de QoS. Por lo tanto, es previsible la operación conjunta de ambos tipos de nodos.

2.4.6 IEEE 802.11e MAC – Nivel de Enlace (Mejoras y funcionalidades específicas)

El control de acceso al medio (MAC) en la norma 802.11 establecía dos modos de comunicación o mecanismos para las estaciones inalámbricas. Ver Figura 15.

Figura 15

Capa MAC en el estándar 802.11



Nota. Adaptado de *Implantación de calidad de servicio (QoS) en redes inalámbricas Wi-Fi*,

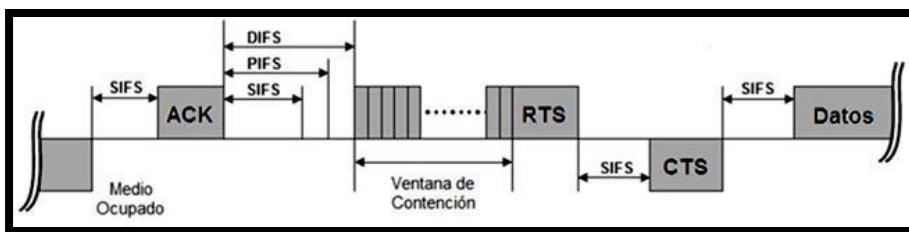
C. Erazo, J. Arana & S. Perez, 2019.

El primero: DCF ó Función de Coordinación Distribuida (Distributed Coordination Function), está basado en el CSMA/CA (Acceso Múltiple con Detección de Portadora con Evasión de Colisión, Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance), es decir, si un nodo o estación desea transmitir antes debe escuchar el canal. Si la estación detecta que el canal se encuentra libre durante un período llamado Espacio Inter-Tramas Distribuido (Distributed Inter-Frame Space: DIFS), inicia su transmisión. El hecho que el canal esté libre en el DIFS no evita que dos o más estaciones intenten transmitir simultáneamente (a continuación del DIFS), por lo que existe la posibilidad de que se produzcan colisiones. Por otro lado, si al censar el canal, éste se detecta como ocupado, la estación deberá retardar su transmisión hasta que el canal se encuentre libre por al menos un período DIFS o un Espacio Inter-Tramas Extendido (Extended Inter-Frame Space: EIFS). Existe la posibilidad que más de una estación detecte el canal ocupado y retarde su acceso, por lo que terminada la transmisión todas estas estaciones

detectarán libre el canal por un período DIFS o EIFS y transmitirán en el mismo instante produciéndose una colisión en lo que se conoce como el problema del nodo oculto. Para evitar estas colisiones se dispone del mecanismo de detección de colisión que consiste en intercambiar información del uso de canal de transmisión mediante tramas de control. Estas tramas se identifican como RTS (Request to send) y CTS (Clear to send). Una trama RTS es enviada por una estación al AP, en ella se detalla el tiempo que requiere del medio, además indica el destinatario y remitente. Con esa información el AP contesta con tramas CTS a todas las estaciones dentro de su cobertura sobre la consignación de uso del medio y por determinado tiempo a la estación de quien recibió el RTS. Ver Figuras 16 y 17 (Carballar, 2014).

Figura 16

Modelo de funcionamiento de DCF

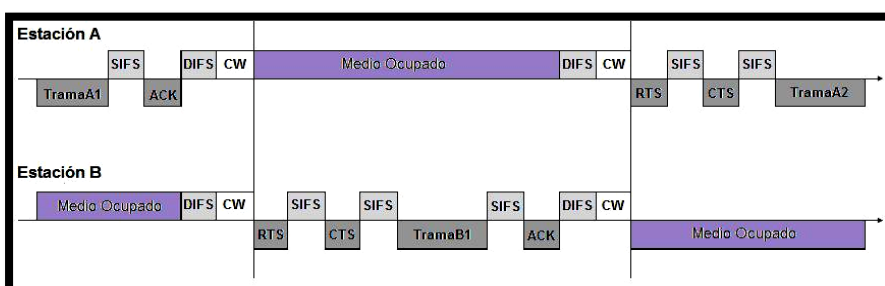


Nota. Adaptado de *Implantación de calidad de servicio (QoS) en redes inalámbricas Wi-Fi*,

C. Erazo, J. Arana & S. Perez, 2019.

Figura 17

Ejemplo de funcionamiento de DCF



Nota. Adaptado de *Implantación de calidad de servicio (QoS) en redes inalámbricas Wi-Fi*,

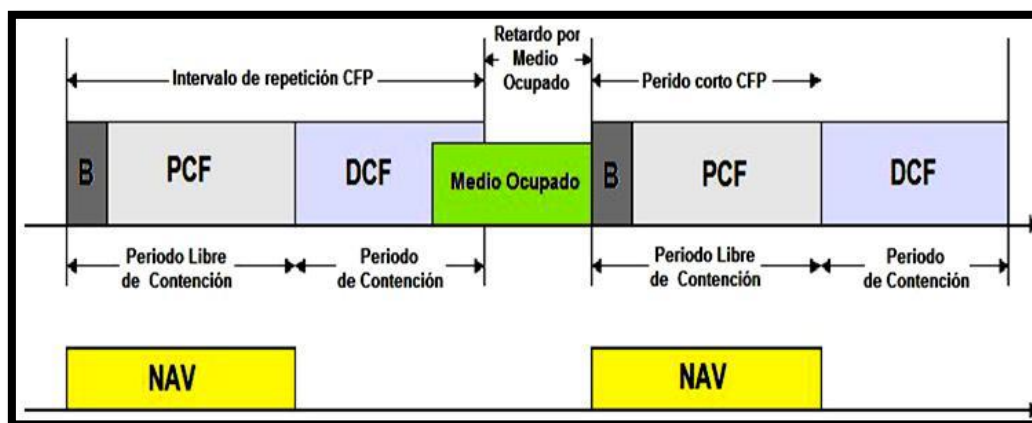
C. Erazo, J. Arana & S. Perez, 2019.

En el modo PCF las estaciones acceden al medio inalámbrico autorizadas por un Punto de Coordinación (Point Coordinator: PC) que encuesta a los nodos si desean o no transmitir. El modo PCF tiene prioridad más alta que DCF, ya que puede comenzar a transmitir después de un tiempo más corto que DIFS; este tiempo es llamado Espacio Inter-Tramas de la Función de Coordinación Puntual (PCF Inter-Frame Space: PIFS). El tiempo se divide en períodos repetitivos llamados supertramas (superframes), donde se alternan Períodos Libres de Contención (Contention Free Period: CFP) y Períodos de Contención (Contention Period: CP). Un CFP seguido de un CP es una super-trama. Durante el CFP, se usa la PCF para acceder al medio mientras que durante el CP se usa la DCF. Una supertrama comienza con una trama de alerta: beacon), independientemente si la PCF está o no activa (Barría, Sánchez, & Vallejos, 2015).

Como DCF y PCF no establecen diferencias entre tipos o fuentes de tráfico, IEEE propone mediante 802.11e, mejoras en ambos modos de coordinación para que sean capaces de soportar QoS manteniendo la compatibilidad con los actuales estándares 802.11. Ver Figura 18.

Figura 18

Esquema de funcionamiento de períodos de contención



Nota. Adaptado de *Implantación de calidad de servicio (QoS) en redes inalámbricas Wi-Fi*,

C. Erazo, J. Arana & S. Perez, 2019.

Las mejoras que 802.11e introduce es la definición del mecanismo de sondeo de HCF (Hybrid Coordination Function), que permite sondear las estaciones durante un período libre de contenciones. El sondeo garantiza a una estación un tiempo de inicio específico y una duración máxima de transmisión. Ésta nueva técnica llamada Función de Coordinación Híbrida (HCF), se emplea para el conjunto de servicios básicos con soporte de QoS (QBSS). La función HCF define dos modos de operación:

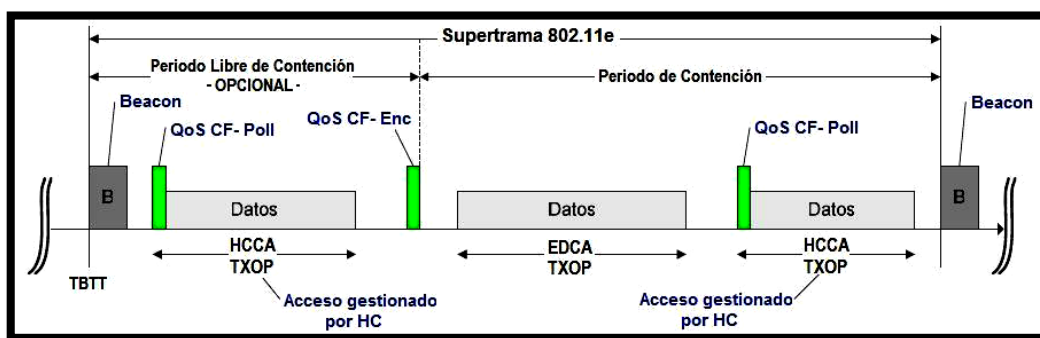
- En primer lugar, un “Acceso a Canal Distribuido Mejorado” (EDCA – Enhanced Distributed Channel Access) que consiste en una función de acceso al canal basado en contienda, la cual funciona de forma concurrente junto al segundo modo de operación llamado,
- “Acceso a Canal Controlado HCF” (HCCA - HCF Controlled Channel Access) que se basa en un mecanismo de sondeo controlado por el coordinador híbrido (HC – Hybrid Coordinator), su funcionamiento se muestra en la Figura 19. Este punto coordinador se encuentra situado junto al QAP.

Ambas funciones de acceso mejoran o extienden la funcionalidad de los métodos de acceso originales (DCF y PCF). La primera función de acceso, EDCA, fue diseñada para soportar la priorización de tráfico, tal como hace Diffserv, mientras que HCCA soporta tráfico parametrizado, de la misma forma que Intserv. El concepto básico de estas funciones de acceso a canal es la oportunidad de transmisión (TXOP – Transmisión Opportunity). Un TXOP es un intervalo de tiempo limitado durante el cual una QSTA puede transmitir una serie de tramas. El período TXOP se define a través de un tiempo de inicio y una duración máxima. Si el período TXOP se obtiene usando el acceso a canal basado en contienda entonces recibirá el nombre de EDCA-TXOP. Si por el contrario se obtiene a través de HCCA se conocerá como HCCA-TXOP (Cabrera, 2018).

La duración del período EDCA-TXOP se controla a través del QAP y se transmite al resto de estaciones QSTA en las tramas de beacon junto con otros parámetros relacionados con EDCA. La duración del período HCCA-TXOP se transmite a las estaciones QSTA directamente por el HC como parte de la trama QoS CF-Poll, la cual garantiza el período HCCA-TXOP (Cabrera, 2018).

Figura 19

Esquema de funcionamiento HCF



Nota. Adaptado de *Implantación de calidad de servicio (QoS) en redes inalámbricas Wi-Fi*, C. Erazo, J. Arana & S. Perez, 2019.

Como se comentó anteriormente el estándar original, IEEE 802.11, obligaba el envío de tramas de asentimiento para cada trama recibida correctamente. En 802.11e estas tramas de asentimiento han pasado a ser opcionales. De esta forma cuando se utiliza una política basada en no utilizar asentimientos la capa MAC no deberá enviar mensajes ACK por cada trama recibida correctamente. Esto implica que la fiabilidad de este tráfico se vería reducida, pero mejora el rendimiento general de la capa MAC para tráfico sensible a retardo, tal como sucede con VoIP donde la información tiene valor durante un periodo de tiempo muy corto. La opción de trabajar sin asentimientos igualmente introduce severos requisitos de tiempo real ya que, si no es necesario esperar la trama de asentimiento, entonces la siguiente trama a transmitir debe estar preparada en un tiempo SIFS desde el final de la anterior transmisión (Cabrera, 2018).

A continuación, se analiza con mayor detalle la función de acceso distribuido EDCA.

2.4.7 EDCA, Acceso al Canal Mejorado.

EDCA es un nuevo mecanismo de acceso que mejora el original DCF para proporcionar soporte de calidad de servicio basado en priorización de tráfico, otros autores lo llaman EDCF (Enhanced Distribution Coordination Function) ó Función de Coordinación Mejorada, que introduce el concepto de categorías de tráfico, estableciendo ocho niveles de prioridad. Esta priorización se consigue introduciendo cuatro categorías de acceso (CA), las cuales permiten el envío de tráfico asociado a prioridades de usuario, tal como define el estándar IEEE 802.1D (Cabrera, 2018).

Con EDCA, las estaciones intentan enviar datos después de detectar que el medio está desocupado y tras un período de tiempo definido para cada categoría, denominado Espacio entre Tramas Arbitrario, AIFS (Arbitration Inter Frame Space). Una categoría de tráfico de mayor prioridad tendrá un AIFS más corto que una categoría de tráfico de más baja prioridad. En la Tabla 3 se resumen las prioridades relativas y la tabla de mapeo entre 802.1D y las categorías de acceso 802.11e.

Tabla 3

Prioridades para IEEE 802.11e

Prioridad	Prioridad 802.1D	Descripción 802.1D	Categoría de Acceso (CA)	Categoría de Acceso 802.11e	Descripción 802.11e
Menor	1	Background	0	AC_BK	Best Effort
...	2	Background	0	AC_BK	Best Effort
...	0	Best Effort	0	AC_BE	Best Effort
...	3	Excellent Effort	1	AC_BE	Prueba de Video
...	4	Carga controlada	2	AC_VI	Video
...	5	Video	2	AC_VI	Video
...	6	Voz, Video	3	AC_VO	Voz
Mayor	7	Señalización Red	3	AC_VO	Voz

Nota. Adaptado de (Erazo, Arana, & Pérez, 2019).

En consecuencia, las estaciones con tráfico de alta prioridad han de esperar menos tiempo para acceder al medio que las de baja prioridad. Para evitar colisiones en una misma categoría de tráfico, antes de intentar transmitir los datos, la estación cuenta un número aleatorio adicional de slots de tiempo, conocido como ventana de contención. Si otra estación transmite antes de que la cuenta finalice, espera el próximo período libre, después del cual continua la cuenta donde la dejó. Es cierto que este método no proporciona garantía de servicio, pero al menos establece un mecanismo de prioridad probabilístico para asignar ancho de banda en función de las categorías de tráfico. En EDCA, se admiten ocho niveles de prioridad que son convertidos a cuatro Categorías de Acceso (CA):

Cada categoría de acceso dispone de su propia cola de transmisión caracterizada por unos determinados parámetros. La priorización entre las diferentes categorías se consigue configurando adecuadamente los parámetros de cada cola de acceso. Los parámetros de mayor interés son los siguientes:

- Número de Espacio Arbitrario entre Tramas (AIFSN - Arbitrary Inter-Frame Space Number): se corresponde con el intervalo mínimo desde que el medio físico se detecta como vacío hasta que se comienza la transmisión.
- Ventana de Contención (CW – Contention Window): un número aleatorio se escoge en este rango para lanzar el mecanismo de espera (backoff).
- Límite de Oportunidad de Transmisión (TXOP limit): es la duración máxima durante la cual una QSTA puede transmitir tras haber obtenido el TXOP.

Cuando los datos llegan al punto de acceso de servicio de información MAC (SAPMAC), la capa MAC de 802.11 se encarga de clasificar adecuadamente los datos, y envía la MSDU a la cola correspondiente. Entonces los bloques de información (MSDU) de las diferentes colas (CA) compiten internamente por el EDCA-TXOP. El algoritmo de contienda

interno calcula la espera (backoff) independientemente para cada cola (CA), según los parámetros descritos: AIFSN, CW, y un número aleatorio. El mecanismo de espera es similar al de DCF, y la cola con el menor backoff ganará la competición interna. Entonces, una categoría de acceso (CA) consiste en un IFS variable y márgenes de backoff variables, en función de CA. En particular: AIFS [CA], CWmin [CA] y CWmax [CA] (Erazo, Arana, & Pérez, 2019).

La cola (CA) vencedora competiría externamente por el acceso al medio inalámbrico. El algoritmo de contienda externo no se ha modificado significativamente comparado con DCF, excepto que en DCF el backoff y tiempos de espera eran fijos para un medio físico concreto, mientras que en 802.11e estos son variables, y se configuran adecuadamente según la cola (AC) correspondiente.

A través de un ajuste adecuado de los parámetros de las colas (AC), el rendimiento del tráfico de diferentes colas puede ser ajustado, y se puede lograr la priorización de tráfico. Esto requiere un punto de coordinación central (QAP) para mantener un conjunto común de parámetros en las colas y garantizar así un acceso justo entre las diferentes estaciones que componen la red (QBSS). De igual forma, para lograr ajustar la asimetría existente entre el tráfico de subida (QSTA a QAP) y de bajada (QAP a QSTA), un conjunto separado de parámetros EDCA se define exclusivamente para el QAP.

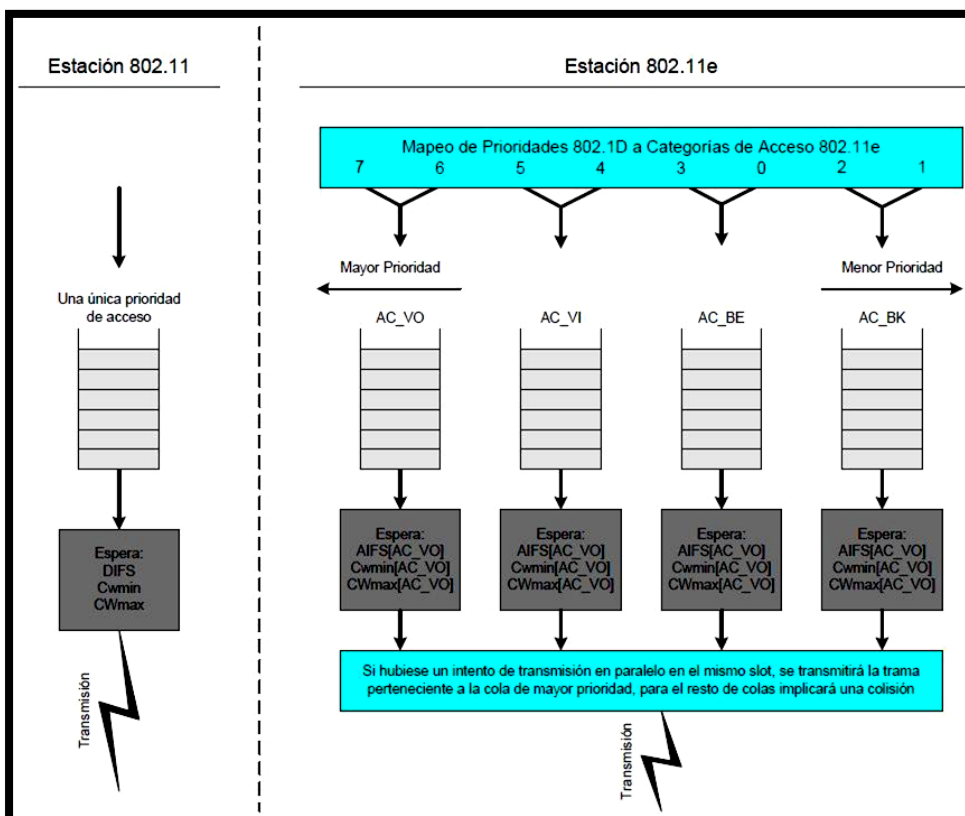
En el Acceso de Canal Distribuido Mejorado (EDCA), el tráfico de alta prioridad tiene una mayor probabilidad de ser enviado que el tráfico de baja prioridad, para un período de tiempo dado. Es decir, una estación que envíe tráfico de alta prioridad esperará menos para enviar un paquete, en promedio, que una estación que envíe tráfico de baja prioridad.

Como vemos entonces, el mecanismo EDCA, como evolución del IEEE 802.11 DCF, incluye todos los elementos básicos de DCF como el protocolo CSMA/CA, el mecanismo de backoff o los distintos tiempos IFS (Espacios entre Tramas), y los complementa con otros

nuevos que permiten introducir Calidad de Servicio en el sistema como son los conceptos de TXOP o AIFS. Los nuevos elementos de QoS están asociados al concepto de Categoría de Acceso (CA). En las Figuras 20 y 21 se visualiza como actúa el estándar 802.11e (Erazo, Arana, & Pérez, 2019).

Figura 20

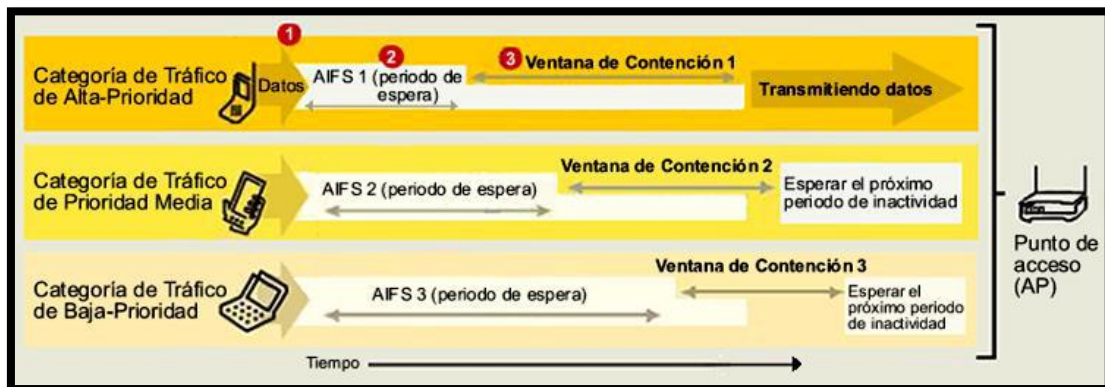
Comparación de modelo de funcionamiento en 802.11 y 802.11e



Nota. Adaptado de Implantación de calidad de servicio (QoS) en redes inalámbricas Wi-Fi, C. Erazo, J. Arana & S. Perez, 2019.

Figura 21

Ejemplo del funcionamiento de 802.11e



Nota. Adaptado de Implantación de calidad de servicio (QoS) en redes inalámbricas Wi-Fi,

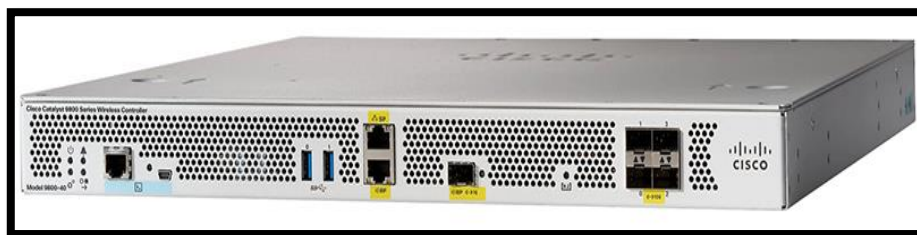
C. Erazo, J. Arana & S. Perez, 2019.

2.5 Equipos de red y Características

Los siguientes son los equipos de red con los que cuenta la institución. Se detallan características de cada uno de ellos.

Figura 22

Wireless Controller 9800



Nota. Adaptado de CISCO, 2022.

2.5.1 Wireless LAN Controller (WLC)

WLC de la figura 22 ofrece una interfaz gráfica para su administración, donde se puede observar el estado de cada puerto físico y varias funcionalidades más. Algunas importantes, según (Cisco, 2021) son:

- Un procesador de reenvío fijo con hasta 40 Gbps de tráfico de datos de reenvío sostenido a través del chasis.
- Hasta 30 Gbps de seguridad y procesamiento criptográfico a través de un procesador de seguridad dedicado.
- Puertos de consola RJ-45 y un puerto de consola mini USB.
- Almacenamiento interno de arranque de 32 GB.
- Un puerto de administración de red Ethernet de 10/100/1000 Mbps.
- Un módulo flash USB integrado (eUSB) que admite 32 GB de almacenamiento Flash no volátil.
- Dos puertos USB 3.0 que son retrocompatibles con USB 2.0.
- Cuatro puertos 10 GE SFP+ integrados (SyncE y MACsec).
- Indicadores LED para el estado de la consola y Ethernet, así como indicaciones visuales del estado del sistema.
- Interfaz de línea de comandos (CLI), alarma, administración de red, registro, agregación de estadísticas y registro de fallas a bordo (OBFL).

2.5.2 AIR CAP3802I-A-K9 - AIR CAP3702I-A-K10

Figura 23

Access Point Inalámbrico Cisco AIR CAP3702I-A-K11



Nota. Adaptado de CISCO, 2022.

Aplicaciones

Con única clase empresarial de la industria de 4 x 4 MIMO, los puntos de acceso de tres-espacial-stream que soportan la especificación 802.11ac del IEEE, la Aironet serie Cisco 3700 ofrece un rendimiento líder en la industria y una experiencia de alta densidad (HD Experience) tanto para la empresa y mercados proveedor de servicios. La serie Aironet 3700 amplía el soporte a clientes Wi-Fi, tales como teléfonos inteligentes, tabletas y ordenadores portátiles de alto rendimiento que han integrar la compatibilidad con 802.11ac. En su primera aplicación, la onda 1 802.11ac ofrece una velocidad de hasta 1,3 Gbps, aproximadamente el triple las tasas ofrecidas por los puntos de acceso 802.11n de alta gama de hoy en día. Esto proporciona la base necesaria para las redes empresariales y de proveedores de servicios por igual para mantenerse por delante de las expectativas y necesidades de sus usuarios inalámbricos de rendimiento y ancho de banda. Debido a su conveniencia, acceso inalámbrico es cada vez más la forma preferida de la conectividad de red para usuarios corporativos. Junto con este cambio, existe la expectativa de que la conexión inalámbrica no debe reducir la velocidad de los usuarios trabajo del día a día, pero debe permitir una experiencia de alto rendimiento al tiempo que permite a los usuarios moverse libremente por el entorno corporativo.

Un resumen de características en la tabla 4.

Tabla 4

Serie Aironet 3700

RAM	Memoria flash	Normas	Frecuencias
512 MB	64 MB	IEEE 802.11a	2,4GHz
		IEEE 802.11b	5GHz
		IEEE 802.11g	
		IEEE 802.11g	
		IEEE 802.11n	
		IEEE 802.11ac	

Nota. Adaptado de (Cisco, 2021)

2.5.3 AIR LAP1262N-A-K9

Figura 24

Access Point Inalámbrico Cisco Aironet AIR-AP1262N-A-K9



Nota. Adaptado de CISCO, 2022.

Diseño robusto

Estos puntos de acceso inalámbricos de clase empresarial ofrecen un diseño elegante con carcasa de metal resistente y componentes duraderos.

- Estándar 802.3af Power over Ethernet
- Temperatura de funcionamiento extendido y componentes resistentes para el despliegue en condiciones ambientales extremas.
- UL 2043 plenum para las opciones de instalación en el techo por encima o suspensión de falsos techos.
- Hardware de montaje que fácilmente modernizaciones a los actuales 1130 y 1240 Series soportes de montaje para simplificar la migración 802.11n.

Alto Rendimiento

- La tecnología M-Drive de Cisco proporciona un rendimiento líder en la industria 802.11n
- ClientLink mejora la fiabilidad y cobertura para clientes de versiones anteriores.

- BandSelect mejora 5 conexiones de cliente GHz en entornos clientes mixtos.
- VideoStream utiliza multidifusión para mejorar las aplicaciones multimedia.

2.5.4 AIR CAP1602E-A-K9

Figura 25

Access Point Inalámbrico Cisco Aironet AIR CAP1602E-A-K9



Nota. Adaptado de CISCO, 2022.

La serie Aironet 1600, como el que se puede observar en la figura 25, ofrece un gran rendimiento, a la vez que proporciona una funcionalidad avanzada para una mejor cobertura a través de la inteligencia del espectro, diseñado para atender las necesidades de conectividad inalámbrica. Además de estas características, la serie Aironet 1600 incluye tecnología MIMO (MIMO) 3x3 basada en 802.11n, lo que la hace ideal para pequeñas y medianas empresas. La serie Aironet 1600 también proporciona al menos seis veces el rendimiento de las redes 802.11a / g existentes.

2.5.5 AIR-CAP-1532E-A-K9

Figura 26

Access Point Inalámbrico Cisco AIR-CAP1532I-A-K9



Nota. Adaptado de *CISCO*, 2022.

Flexible, de alto rendimiento

Los puntos de acceso para exteriores Cisco Aironet de la serie 1530, figura 26, ofrecen una plataforma flexible, altamente segura y escalable que se puede implementar como parte de la red inalámbrica unificada de Cisco o como una solución autónoma e independiente. La serie Cisco Aironet 1530 proporciona acceso a dispositivos de alto rendimiento a través de una sensibilidad y un alcance de radio mejorados con tecnología 802.11a / b / g / n de múltiples entradas y múltiples salidas (MIMO), con dos o tres flujos espaciales y velocidades de datos de hasta 300 Mbps. La serie Aironet 1530 se puede implementar en las siguientes configuraciones:

- Punto de acceso: ya sea en funcionamiento independiente o basado en controlador, proporciona conectividad Wi-Fi simultáneamente a los clientes en radios de 2,4 GHz y 5 GHz.
- Red de malla: como backhaul dedicado o acceso universal, la radio de 5 GHz se utiliza para conexiones de red inalámbrica a nodos de malla adyacentes.

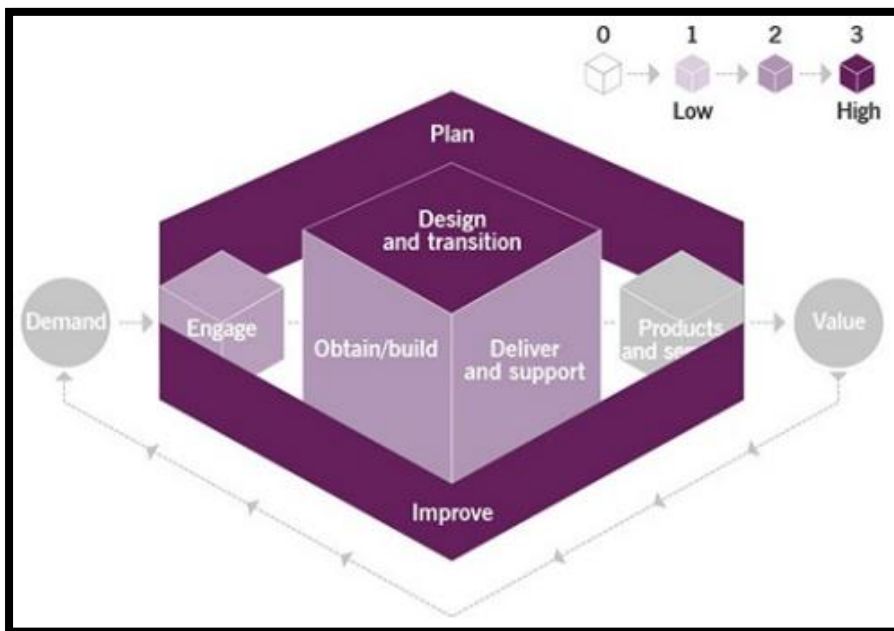
- Bridging: proporciona enlaces de datos de alta capacidad de punto a punto, así como puentes de punto a multipunto para campus.
- Puente de grupo de trabajo: permite la movilidad LAN, como en un vehículo.
- Backhaul en serie: extiende la malla lineal con dos puntos de acceso de la serie Aironet 1530 colocados conectados a través del puerto LAN.

3 Capítulo III. Descripción de la Situación Actual

Este capítulo trata sobre la descripción de la Situación Actual de la red inalámbrica unificada de la UTN, apoyándose en las buenas prácticas de ITILv4. La práctica a utilizar es la Gestión de la Arquitectura, cuyo concepto está detallado en el capítulo 2.

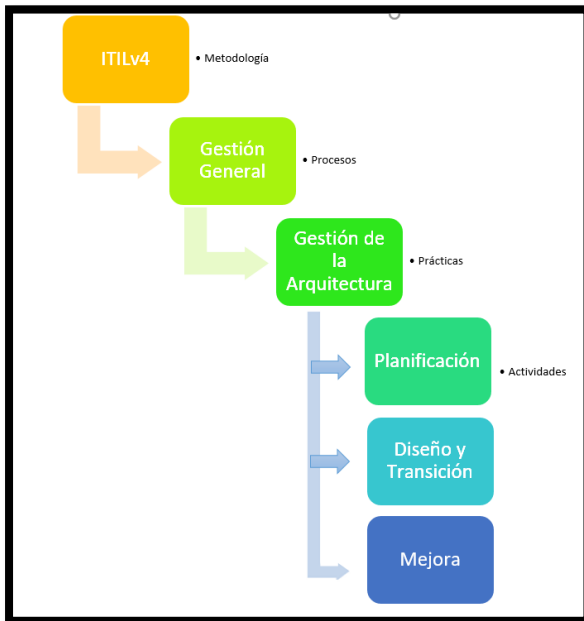
Figura 27

Mapa de Calor de la Gestión de la Arquitectura



Nota. Adaptado de *ITIL Foundation* (p. 110), J. Roman, 2019, TSO.

En la figura 27 se observa el mapa de calor de las actividades de mayor importancia para la Gestión de la Arquitectura. Es oportuno mencionar que la Gestión de la Arquitectura es parte de las prácticas de Gestión General. Para mejor entendimiento se detalla todo el proceso a partir de ITILv4 en la figura 28.

Figura 28*Actividades y Procesos de ITILv4*

Por consiguiente, se utilizan en este proyecto las tres actividades predominantes que son: Planificación, Diseño y Transición y Mejora.

3.1 Planificación

Basándose en el concepto que maneja ITILv4 sobre la Planificación, se encuentra detallada en esta actividad la Situación Actual de la Red Inalámbrica Unificada de la UTN. Se recopila información acerca del espacio físico de la red, es decir, de las dependencias del campus universitario, también se muestra la topología física, la distribución de los Puntos de Acceso, así como sus canales de distribución, mapas de calor de cobertura y demás información concerniente a la red.

3.1.1 Descripción de las instalaciones de la UTN

La Universidad Técnica del Norte está ubicada al norte de la ciudad de Ibarra en Imbabura-Ecuador, su ubicación geográfica es 00°35'40" N y 78°11'30" O, es una institución de Educación Superior con 37 años de experiencia al servicio de la comunidad. Cuenta con las siguientes dependencias:

- Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas
- Facultad de Ciencias de la Salud
- Facultad de Educación, Ciencia y Tecnología
- Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales
- Facultad de Ciencias Administrativas y Económicas
- Edificio Central de Administración
- Edificio de Bienestar Universitario
- Edificio de Posgrados
- Edificio de CAI, CEC y Escuela de Conducción

Existen, además, otras edificaciones dentro del campus tales como: Auditorio Agustín Cueva, Polideportivo, Complejo Acuático, gimnasio, biblioteca, taller de Mantenimiento Automotriz, parqueaderos y varias canchas deportivas, indicadas en la figura 29.

Todas estas áreas físicas se relacionan estrechamente por ser todos los espacios en donde están presentes las redes inalámbricas de interés en este proyecto y que son además los lugares disponibles tanto para estudiantes, docentes y administrativos.

Figura 29

Campus UTN



Nota. Adaptado de *UTN*, 2022

3.1.2 Análisis de la Topología Física de la red de la UTN

La topología consta de tres capas identificadas como: Core, Distribución y Acceso. Cada capa tiene varios equipos con su determinada función y se encuentran ubicados en el Data Center del Edificio Central de la Universidad Técnica del Norte. La UTN cuenta con un rango de direccionamiento IP, en IPv4 dispone del rango 172.16.X.X/12 clase B. A continuación, se detallan las capas.

La Capa de Core contiene dos routers, el router de borde principal es el equipo de CEDIA marca Nokia 7705 SAR8 y el segundo router de borde es Cisco 3750 utilizado como respaldo, ambos equipos están enlazados al Firewall FORTIGATE 1800F formando una SD-WAN. En esta capa también funciona el Switch Catalys 9300 que está conectado al Firewall FORTIGATE 1800F y proporciona la conectividad a los servidores de la DMZ.

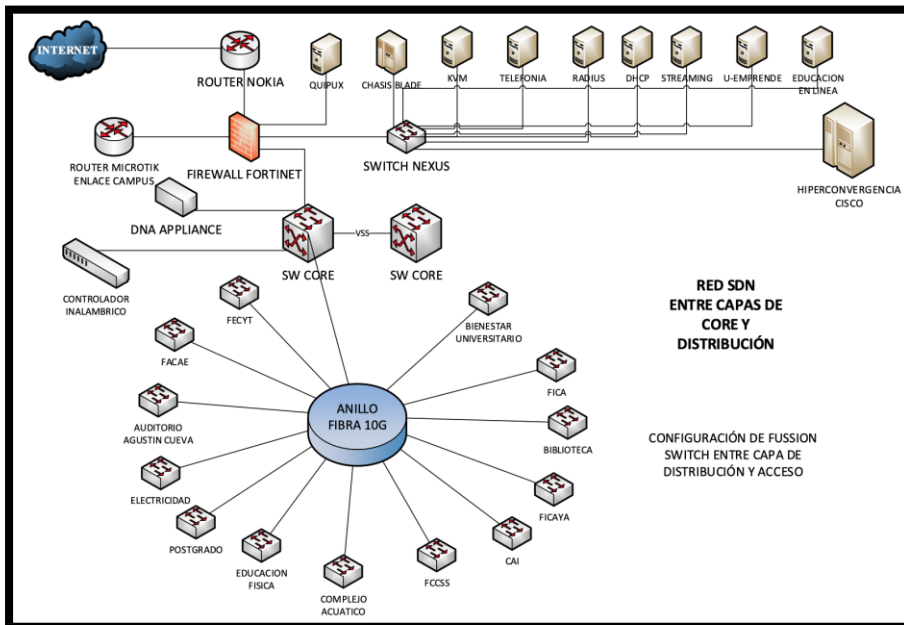
La Capa Distribución alberga a dos equipos de conmutación, un switch Cisco 9407, encargado de la propagación de VLAN en la Capa de Acceso. Además, está conectado a un switch Cisco 9407, ambos equipos tienen configuración en virtual stackwise. Adicional, se encuentran dos controladoras inalámbricas, la primera marca CISCO 9800 y la otra controladora serie 5520. Por Software la UTN cuenta con la Infraestructura Como Servicio contratado, es decir, cuenta con el servicio de Microsoft Office 365 para proporcionar correo institucional y la nube de Oracle que aloja el sitio web y el sistema integrado de la UTN. En la capa de Distribución trabaja el Software de Gestión Cisco DNA Center que es el encargado de administrar la red, permitiendo centralizar la gestión de los dispositivos físicos como los switches, las controladoras y puntos de acceso que conforman la capa de Core, Distribución y Acceso.

La Capa de Acceso por las dependencias de la Universidad y son: FICA, FICAYA, FACAE, FCSS, FECYT, POSTGRADO, Edificio Central, Auditorio Agustín Cueva,

Electricidad, Educación Física, Complejo Acuático, CAI, Biblioteca, todo esto a través de un anillo de fibra monomodo G652D a 10Gbps. Toda esta topología se encuentra en la figura 30.

Figura 30

Topología de red física de la UTN



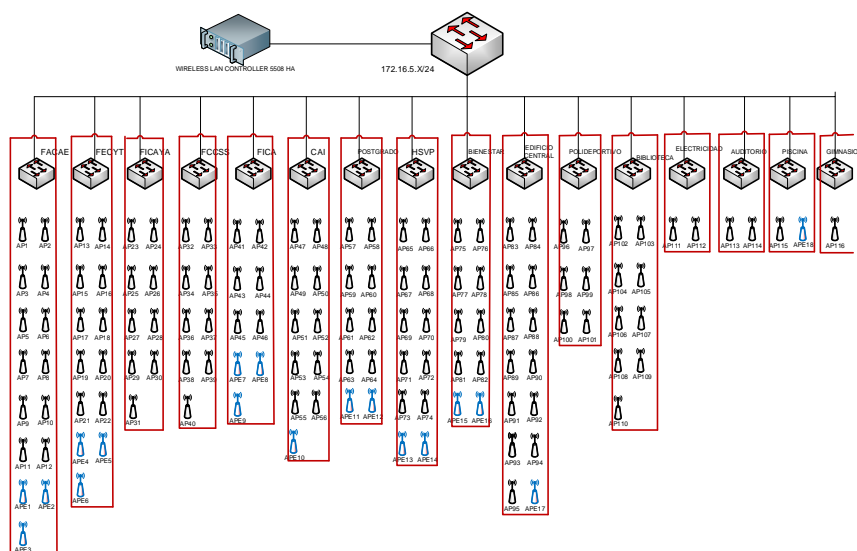
Nota. Adaptado de UTN, 2022

3.1.3 Topología de la red inalámbrica unificada de la UTN

La red inalámbrica unificada la componen la controladora CISCO WLC 9800 y los 179 AP distribuidos por toda la universidad. Como se muestra en la figura 31.

Figura 31

Topología de la red inalámbrica unificada de la UTN



Nota. Adaptado de *UTN*, 2022

3.1.4 Equipos AP y su distribución por el campus UTN

La universidad cuenta con 179 AP que conforman la red inalámbrica tanto interna como externa y se encuentran distribuidos por todo el campus universitario. Por modelo y cantidad se tiene:

- AIR CAP1602E-A-K9 se tiene 120
- AIR LAP1262N-A-K9 se tiene 37
- AIR CAP 1310G se tiene 22

Los servidores y varios equipos de red se encuentran distribuidos dentro de los racks existentes en el cuarto frío del DDTI para las diferentes aplicaciones y servicios para los docentes, estudiantes y personal de la universidad.

En la Dirección de Desarrollo Tecnológico e Informático (DDTI) se realiza la gestión y distribución de todos los equipos para la administración. Además, dentro del cuarto frío se dispone de un aire acondicionado el cual brinda el ambiente de trabajo adecuado para todos los

equipos regulando la temperatura en caso de existir anomalías que afecten el comportamiento normal de los elementos de hardware, y también existen UPS que sirven como respaldo en caso de existir fallas eléctricas.

3.1.5 Distribución de AP Indoor

Se detallan los AP que se encuentran dentro de cada una de las dependencias en la Tabla 5, entre sus características están su ubicación física y su dirección lógica.

Tabla 5

Distribución de APs Indoor en las Facultades UTN

#AP	Nombre	Ubicación	Modelo	IP/Mascara
FACAE				
AP1	AP-FACAE-PA1	Planta Alta 1	AIR LAP 1262N	172.16.X.X/24
AP2	AP-FACAE-PA2	Planta Alta 2	AIR LAP 1262N	172.16.X.X/24
AP3	AP-FACAE-PA3	Planta Alta 3	AIR LAP 1262N	172.16.X.X/24
FECYT				
AP4	AP-FECYT-PA1	Planta Alta 1	AIR LAP 1262N	172.16.X.X/24
AP5	AP-FECYT-PA2	Planta Alta 2	AIR LAP 1262N	172.16.X.X/24
AP6	AP-FECYT-PA3	Planta Alta 3	AIR LAP 1262N	172.16.X.X/24
AGUSTIN CUEVA				
AP7	AP-AUDITORIO-INTERIOR	Auditorio Interior	AIR LAP 1262N	172.16.X.X/24
EDIFICIO CENTRAL				
AP8	AP-CENTRAL-PB	Planta Baja	AIR LAP 1262N	172.16.X.X/24
AP9	AP-CENTRAL-DDTI	DDTI	AIR LAP 1262N	172.16.X.X/24
AP10	AP-CENTRAL-PA1	Planta Alta 1	AIR LAP 1262N	172.16.X.X/24
AP11	AP-CENTRAL-PA2	Planta Alta 2	AIR LAP 1262N	172.16.X.X/24
AP12	AP-CENTRAL-PA3	Planta Alta 3	AIR LAP 1262N	172.16.X.X/24
BIENESTAR				
AP13	AP- BIENESTAR -PB	Planta Baja	AIR LAP 1262N	172.16.X.X/24
AP14	AP- BIENESTAR -PA1	Planta Alta 1	AIR LAP 1262N	172.16.X.X/24
AP15	AP- BIENESTAR -PA2	Planta Alta 2	AIR LAP 1262N	172.16.X.X/24
AP16	AP- BIENESTAR -PA3	Planta Alta 3	AIR LAP 1262N	172.16.X.X/24
FICAYA				
AP17	AP- FICAYA -PA1	Planta Alta 1	AIR LAP 1262N	172.16.X.X/24
AP18	AP- FICAYA -PA2	Planta Alta 2	AIR LAP 1262N	172.16.X.X/24
AP19	AP- FICAYA -PA3	Planta Alta 3	AIR LAP 1262N	172.16.X.X/24

FICA				
AP20	AP- FICA –PB	Planta Baja	AIR CAP 1602E	172.16.X.X/24
AP21	AP- FICA -PA1	Planta Alta 1	AIR CAP 1602E	172.16.X.X/24
AP22	AP- FICA -PA2	Planta Alta 2	AIR CAP 1602E	172.16.X.X/24
AP23	AP- FICA -PA3I	Planta Alta 3 Izquierda	AIR CAP 1602E	172.16.X.X/24
AP24	AP- FICA -PA3D	Planta Alta 3 Derecha	AIR CAP 1602E	172.16.X.X/24
AP25	AP- FICA -PA4	Planta Alta 4	AIR CAP 1602E	172.16.X.X/24
FCCSS				
AP26	AP- FCCSS -PA1	Planta Alta 1	AIR LAP 1262N	172.16.X.X/24
AP27	AP- FCCSS -PA2	Planta Alta 2	AIR LAP 1262N	172.16.X.X/24
AP28	AP- FCCSS -PA3	Planta Alta 3	AIR LAP 1262N	172.16.X.X/24
CAI				
AP29	AP- CAI -PA1	Planta Alta 1	AIR LAP 1262N	172.16.X.X/24
AP30	AP- CAI -PA2	Planta Alta 2	AIR LAP 1262N	172.16.X.X/24
AP31	AP- CAI -PA3	Planta Alta 3	AIR LAP 1262N	172.16.X.X/24
POSTGRADOS				
AP32	AP- POSTGRADOS -PB-CUB	Planta Baja Cubículo	AIR LAP 1262N	172.16.X.X/24
AP33	AP- POSTGRADOS –PB	Planta Baja	AIR LAP 1262N	172.16.X.X/24
AP34	AP- POSTGRADOS -PB- AUD	Planta Baja Auditorio	AIR LAP 1262N	172.16.X.X/24
AP35	AP- POSTGRADOS -PA1	Planta Alta 1	AIR LAP 1262N	172.16.X.X/24
AP36	AP- POSTGRADOS -PA2	Planta Alta 2	AIR LAP 1262N	172.16.X.X/24
PISCINA				
AP37	AP- PISCINA –INTERIOR	Interior	AIR LAP 1262N	172.16.X.X/24
POLIDEPORTIVO				
AP38	AP- POLIDEPORTIVO	Polideportivo	AIR LAP 1262N	172.16.X.X/24

Nota. Adaptado de (UTN, 2023)

3.1.6 Distribución de AP Outdoor

Los AP que se encuentran en las partes exteriores del campus universitario constan en la Tabla 6.

Tabla 6

Distribución de AP Outdoor en las Facultades UTN

#AP	Nombre	Ubicación	Modelo	IP/Mascara
APE1	AP-UTN-FICA-FICAYA	Terraza entre FICA- FICAYA	AIR CAP 1310G	172.16.X.X/24

APE2	AP-UTN-CAI-FICAYA	Terraza entre CAI-FICAYA	AIR CAP 1310G	172.16.X.X/24
APE3	AP-UTN-FICA-FCCSS	Terraza entre FICA-FCCSS	AIR CAP 1310G	172.16.X.X/24
APE4	AP-UTN-EDFISICA	Este-Instituto Educación Física	AIR CAP 1310G	172.16.X.X/24
APE5	AP-UTN-ESTE-AUDITORIO	Este-Auditorio Agustín Cueva	AIR CAP 1310G	172.16.X.X/24
APE6	AP-UTN-NORTE-AUDITORIO	Norte-Auditorio Agustín Cueva	AIR CAP 1310G	172.16.X.X/24
APE7	AP-UTN-SUR-CENTRAL	Terraza Edificio Central Sur	AIR CAP 1310G	172.16.X.X/24
APE8	AP-UTN-NORTE-CENTRAL	Terraza Edificio Central Norte	AIR CAP 1310G	172.16.X.X/24
APE9	AP-UTN-CAI-TERRAZA	Terraza Edificio CAI	AIR CAP 1310G	172.16.X.X/24
APE10	AP-UTN-SUR-FACAE	Terraza Edificio FACAE Planta1 Sur	AIR CAP 1310G	172.16.X.X/24
APE11	AP-UTN-NORTE-FACAE	Terraza Edificio FACAE Planta1 Norte	AIR CAP 1310G	172.16.X.X/24
APE12	AP—UTN-FECYT	Terraza FECYT Planta1 Noroeste	AIR CAP 1310G	172.16.X.X/24
APE13	AP-UTN-OESTE-CENTRAL	Terraza Edificio Central Planta 1 Oeste	AIR CAP 1310G	172.16.X.X/24
APE14	AP-UTN-NORTE-ENTRADA	Entrada Campus Norte	AIR CAP 1310G	172.16.X.X/24
APE15	AP-UTN-PISCINA	Exterior Complejo Acuático	AIR CAP 1310G	172.16.X.X/24

Nota. Adaptado de (UTN, 2023)

3.1.7 Distribución de canales y análisis de cobertura

Se analizan los canales y la cobertura de la red inalámbrica en cada facultad en las figuras 7 y 8, para entender si existe un problema de solapamiento de canales.

Tabla 7

Distribución de canales de red inalámbrica en las facultades Indoor

#AP	Nombre	Ubicación	Modelo	Canal
FACAE				
AP1	AP-FACAE-PA1	Planta Alta 1	AIR LAP 1262N	1
AP2	AP-FACAE-PA2	Planta Alta 2	AIR LAP 1262N	6
AP3	AP-FACAE-PA3	Planta Alta 3	AIR LAP 1262N	11
FECYT				
AP4	AP-FECYT-PA1	Planta Alta 1	AIR LAP 1262N	1
AP5	AP-FECYT-PA2	Planta Alta 2	AIR LAP 1262N	6
AP6	AP-FECYT-PA3	Planta Alta 3	AIR LAP 1262N	11
AGUSTIN CUEVA				
AP7	AP-AUDITORIO-INTERIOR	Auditorio Interior	AIR LAP 1262N	

EDIFICIO CENTRAL				
AP8	AP-CENTRAL-PB	Planta Baja	AIR LAP 1262N	11
AP9	AP-CENTRAL-DDTI	DDTI	AIR LAP 1262N	1
AP10	AP-CENTRAL-PA1	Planta Alta 1	AIR LAP 1262N	6
AP11	AP-CENTRAL-PA2	Planta Alta 2	AIR LAP 1262N	1
AP12	AP-CENTRAL-PA3	Planta Alta 3	AIR LAP 1262N	11
BIENESTAR				
AP13	AP- BIENESTAR –PB	Planta Baja	AIR LAP 1262N	1
AP14	AP- BIENESTAR -PA1	Planta Alta 1	AIR LAP 1262N	6
AP15	AP- BIENESTAR -PA2	Planta Alta 2	AIR LAP 1262N	11
AP16	AP- BIENESTAR -PA3	Planta Alta 3	AIR LAP 1262N	1
FICAYA				
AP17	AP- FICAYA -PA1	Planta Alta 1	AIR LAP 1262N	1
AP18	AP- FICAYA -PA2	Planta Alta 2	AIR LAP 1262N	6
AP19	AP- FICAYA -PA3	Planta Alta 3	AIR LAP 1262N	11
FICA				
AP20	AP- FICA –PB	Planta Baja	AIR CAP 1602E	1
AP21	AP- FICA -PA1	Planta Alta 1	AIR CAP 1602E	11
AP22	AP- FICA -PA2	Planta Alta 2	AIR CAP 1602E	6
AP23	AP- FICA -PA3I	Planta Alta 3	AIR CAP 1602E	6
AP24	AP- FICA -PA3D	Planta Alta 3 Derecha	AIR CAP 1602E	1
AP25	AP- FICA -PA4	Planta Alta 4	AIR CAP 1602E	11
FCCSS				
AP26	AP- FCCSS -PA1	Planta Alta 1	AIR LAP 1262N	1
AP27	AP- FCCSS -PA2	Planta Alta 2	AIR LAP 1262N	6
AP28	AP- FCCSS -PA3	Planta Alta 3	AIR LAP 1262N	11
CAI				
AP29	AP- CAI -PA1	Planta Alta 1	AIR LAP 1262N	6
AP30	AP- CAI -PA2	Planta Alta 2	AIR LAP 1262N	11
AP31	AP- CAI -PA3	Planta Alta 3	AIR LAP 1262N	1
POSTGRADOS				
AP32	AP- POSTGRADOS -PB-CUB	Planta Baja Cubículo	AIR LAP 1262N	1
AP33	AP- POSTGRADOS –PB	Planta Baja	AIR LAP 1262N	6
AP34	AP- POSTGRADOS -PB-AUD	Planta Baja Auditorio	AIR LAP 1262N	11
AP35	AP- POSTGRADOS -PA1	Planta Alta 1	AIR LAP 1262N	11
AP36	AP- POSTGRADOS -PA2	Planta Alta 2	AIR LAP 1262N	6
PISCINA				
AP37	AP- PISCINA –INTERIOR	Interior	AIR LAP 1262N	6
POLIDEPORTIVO				
AP38	AP- POLIDEPORTIVO	Polideportivo	AIR LAP 1262N	1

Nota. Adaptado de (UTN, 2023)

Tabla 8

Distribución de canales de red inalámbrica en las facultades Outdoor

#AP	Nombre	Ubicación	Modelo	Canal
APE1	AP-UTN-FICA-FICAYA	Terraza entre FICA-FICAYA	AIR CAP 1310G	11
APE2	AP-UTN-CAI-FICAYA	Terraza entre CAI-FICAYA	AIR CAP 1310G	1
APE3	AP-UTN-FICA-FCCSS	Terraza entre FICA-FCCSS	AIR CAP 1310G	6
APE4	AP-UTN-EDFISICA	Este-Instituto Educación Física	AIR CAP 1310G	11
APE5	AP-UTN-ESTE-AUDITORIO	Este-Auditorio Agustín Cueva	AIR CAP 1310G	6
APE6	AP-UTN-NORTE-AUDITORIO	Norte-Auditorio Agustín Cueva	AIR CAP 1310G	11
APE7	AP-UTN-SUR-CENTRAL	Terraza Edificio Central Sur	AIR CAP 1310G	11
APE8	AP-UTN-NORTE-CENTRAL	Terraza Edificio Central Norte	AIR CAP 1310G	1
APE9	AP-UTN-CAI-TERRAZA	Terraza Edificio CAI	AIR CAP 1310G	6
APE10	AP-UTN-SUR-FACAE	Terraza Edificio FACAE Planta1 Sur	AIR CAP 1310G	6
APE11	AP-UTN-NORTE-FACAE	Terraza Edificio FACAE Planta1 Norte	AIR CAP 1310G	11
APE12	AP—UTN-FECYT	Terraza FECYT Planta1 Noroeste	AIR CAP 1310G	1
APE13	AP-UTN-OESTE-CENTRAL	Terraza Edificio Central Planta 1 Oeste	AIR CAP 1310G	6
APE14	AP-UTN-NORTE-ENTRADA	Entrada Campus Norte	AIR CAP 1310G	11
APE15	AP-UTN-PISCINA	Exterior Complejo Acuático	AIR CAP 1310G	6

Nota. Adaptado de (UTN, 2023)

3.1.8 Mapas de calor de los AP

Los mapas de calor representan la cobertura de los AP en el edificio de la FICA, además se puede ver el número de equipos instalados en cada piso. Tal como lo muestran las figuras en los Anexos, existen instalaciones similares dentro de todas las áreas que comprenden la UTN.

3.1.9 Ancho de Banda campus Universitario

El ancho de banda designado a cada una las VLAN dentro de la infraestructura de red es importante para optimizar los recursos y la calidad de servicio de cada red independiente, el ancho de banda, las VLAN y el porcentaje de ocupación de la red se puede observar en la Tabla 9 y en la Figura 32.

Tabla 9

Distribución de ancho de banda Campus Universitario

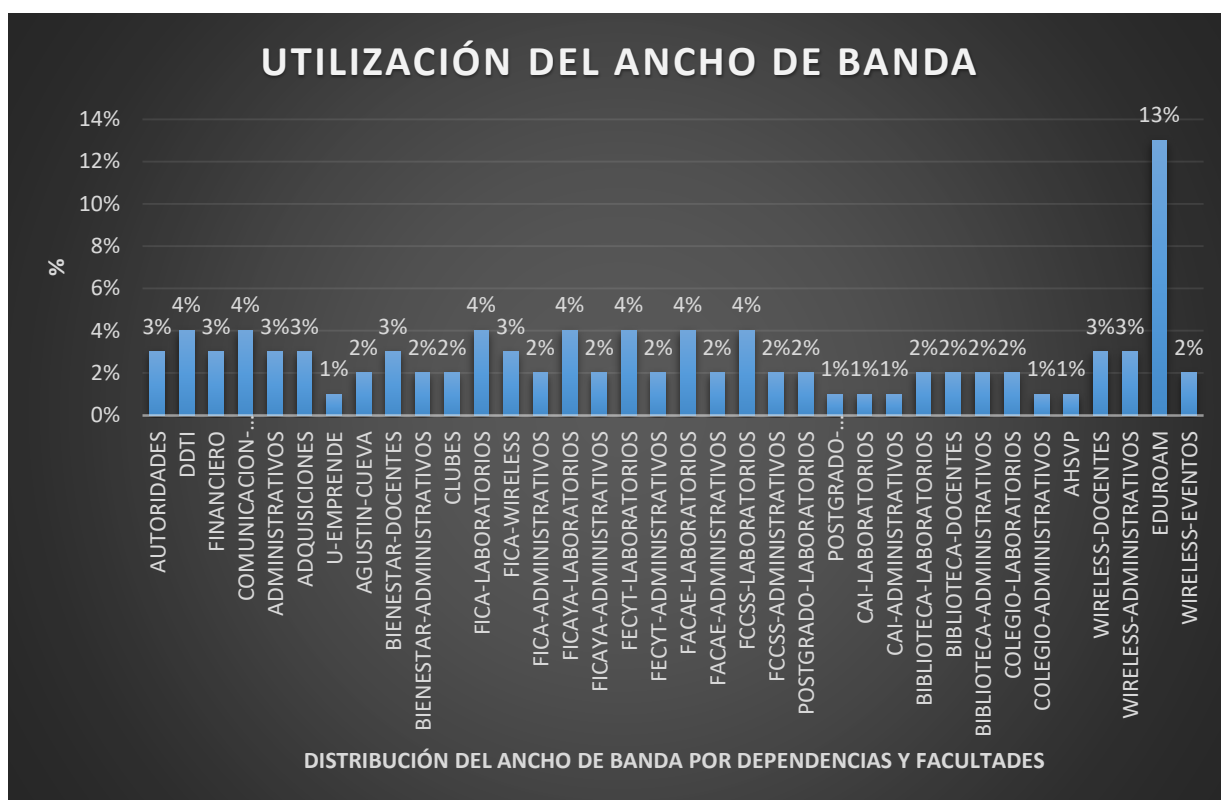
N°	DESCRIPCIÓN	# DE USUARIOS CONCURRENTES	AB (Mbps)	PORCENTAJE
1	AUTORIDADES	23	18	3%
2	DDTI	32	24	4%
3	FINANCIERO	27	18	3%
4	COMUNICACION- ORGANIZACIONAL	33	24	4%
5	ADMINISTRATIVOS	306	18	3%
6	ADQUISICIONES	7	18	3%
7	U-EMPRENDE	22	6	1%
8	AGUSTIN-CUEVA	8	12	2%
9	BIENESTAR-DOCENTES	54	18	3%
10	BIENESTAR- ADMINISTRATIVOS	30	12	2%
11	CLUBES	15	12	2%
12	FICA-LABORATORIOS	163	24	4%
13	FICA-WIRELESS	860	18	3%
14	FICA-ADMINISTRATIVOS	25	12	2%
15	FICAYA-LABORATORIOS	101	24	4%
16	FICAYA-ADMINISTRATIVOS	21	12	2%
17	FECYT-LABORATORIOS	154	24	4%
18	FECYT-ADMINISTRATIVOS	14	12	2%
19	FACAE-LABORATORIOS	161	24	4%
20	FACAE-ADMINISTRATIVOS	14	12	2%
21	FCCSS-LABORATORIOS	72	24	4%
22	FCCSS-ADMINISTRATIVOS	17	12	2%
23	POSTGRADO- LABORATORIOS	57	12	2%
24	POSTGRADO- ADMINISTRATIVOS	4	6	1%
25	CAI-LABORATORIOS	50	6	1%
26	CAI-ADMINISTRATIVOS	5	6	1%
27	BIBLIOTECA- LABORATORIOS	43	12	2%

28	BIBLIOTECA-DOCENTES	20	12	2%
29	BIBLIOTECA-ADMINISTRATIVOS	15	12	2%
30	COLEGIO-LABORATORIOS	50	12	2%
31	COLEGIO-ADMINISTRATIVOS	5	6	1%
32	AHSVP	15	6	1%
33	WIRELESS-DOCENTES	65	18	3%
34	WIRELESS-ADMINISTRATIVOS	150	18	3%
35	EDUROAM	2000	78	13%
36	WIRELESS-EVENTOS	180	12	2%
38	COPIADORA	10	6	1%
	TOTAL	4354	600	100%

Nota. Adaptado de (UTN, 2023)

Figura 32

Distribución de ancho de banda



Nota. Adaptado de (UTN, 2023)

3.1.10 Cobertura de red inalámbrica

La cobertura de la red recogida del DDTI se observa en la Tabla 10 y en la Figura 33. Por lo cual se puede notar mayor alcance en las facultades que en las demás entidades dentro del Campus Universitario.

Tabla 10

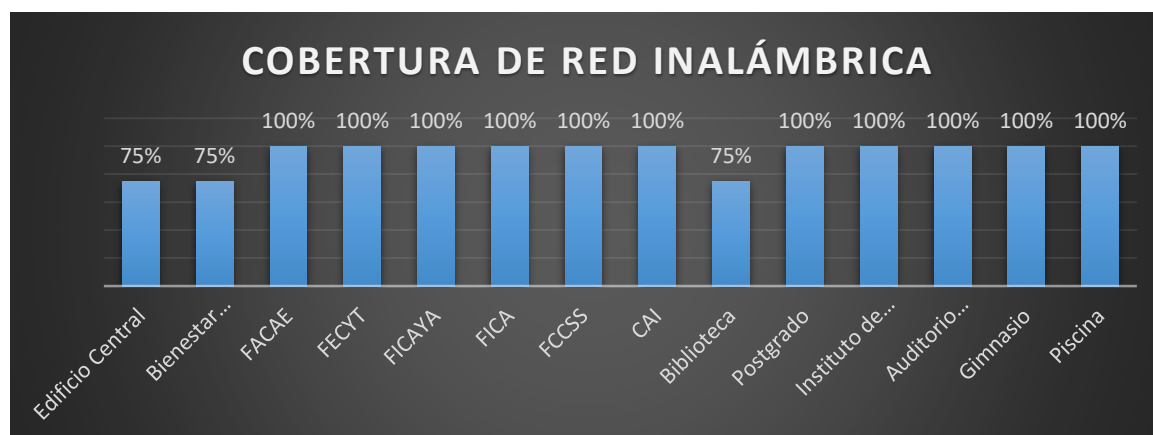
Cobertura de red inalámbrica campus universitario

N°	Edificio	Cobertura de Red Inalámbrica
1	Edificio Central	75%
2	Bienestar Estudiantil	75%
3	FACAE	100%
4	FECYT	100%
5	FICAYA	100%
6	FICA	100%
7	FCCSS	100%
8	CAI	100%
9	Biblioteca	75%
10	Postgrado	100%
11	Instituto de Educación Física	100%
12	Auditorio Agustín Cueva	100%
13	Gimnasio	100%
14	Piscina	100%
	TOTAL	94,64%

Nota. Adaptado de (UTN, 2023)

Figura 33

Cobertura inalámbrica Campus universitario



Nota. Adaptado de (UTN, 2023)

3.1.11 Número de usuarios por Facultad

El monitoreo se realizó a distintas horas del día: 11h00, 14h00 y 18h00, de acuerdo al personal responsable del DDTI que considera a estas horas como de mayor afluencia de usuarios. Los resultados están detallados de forma diaria y semanal.

De la Tabla 10 a la Tabla 14 se muestra, por dependencia y por equipo, el número promedio de usuarios que frecuentemente se conectan a la red inalámbrica de la Universidad Técnica del Norte. La primera casilla manifiesta la Dependencia analizada, la segunda indica la ubicación exacta del AP, de la tercera a la séptima casilla se indican los promedios diarios del escaneo y, por último, la octava casilla tiene el promedio de la semana.

Las siguientes siglas están presentes en las tablas:

- L = lunes
- M = martes
- Mi = miércoles
- J = jueves
- V = viernes

La tabla 11 muestra el número promedio de usuarios conectados al mismo tiempo a los AP de la Facultad de Ciencias Administrativas y Económicas (FACAE), donde el día martes es el de mayor demanda de usuarios.

Tabla 11

Usuarios FACAE

DEPENDENCIA	UBICACIÓN	L	M	Mi	J	V	Promedio
FACAE	PLANTA BAJA CENTRO	48	38	36	40	19	37
	PLANTA BAJA DERECHA	36	42	32	22	49	37
	PLANTA BAJA IZQUIERDA	45	31	20	14	20	26
	PRIMER PISO IZQUIERDA	31	35	28	12	20	26
	PRIMER PISO DERECHA	41	42	34	19	37	35
	SEGUNDO PISO IZQUIERDA	41	40	45	12	40	36

SEGUNDO PISO DERECHA	120	125	70	54	82	91
TERCER PISO IZQUIERDA	45	59	68	17	26	43
TERCER PISO DERECHA	77	64	70	16	43	54

Nota. Adaptado de (UTN, 2023)

La tabla 12 muestra de número promedio de usuarios conectados al mismo tiempo a los AP de la Facultad de Educación Ciencia y Tecnología (FECYT), donde el día martes es el de mayor presencia de usuarios.

Tabla 12

Usuarios FECYT

DEPENDENCIA	UBICACIÓN	L	M	Mi	J	V	Promedio
FECYT	PLANTA BAJA IZQUIERDA	31	40	33	29	20	31
	PLANTA BAJA DERECHA	23	24	22	30	21	24
	PRIMER PISO IZQUIERDA	20	30	26	21	12	22
	PRIMER PISO DERECHA	21	46	37	35	21	32
	SEGUNDO PISO IZQUIERDA	23	30	29	15	19	23
	SEGUNDO PISO DERECHA	46	64	52	27	28	44
	TERCER PISO IZQUIERDA	41	29	29	14	13	25
	TERCER PISO DERECHA	37	56	46	20	34	39

Nota. Adaptado de (UTN, 2023)

La tabla 13 muestra de número promedio de usuarios conectados al mismo tiempo a los AP de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales (FICAYA), donde el día martes es el de mayor demanda de usuarios.

Tabla 13

Usuarios FICAYA

DEPENDENCIA	UBICACIÓN	L	M	Mi	J	V	Promedio
FICAYA	PLANTA BAJA IZQUIERDA	17	24	24	20	17	21
	PLANTA BAJA DERECHA	2	3	4	1	1	2
	PRIMER PISO IZQUIERDA	11	17	14	9	17	14
	PRIMER PISO DERECHA	18	31	22	21	30	24
	SEGUNDO PISO IZQUIERDA	26	29	47	28	34	33
	SEGUNDO PISO DERECHA	27	41	29	17	34	30
	TERCER PISO IZQUIERDA	12	9	10	12	15	12
	TERCER PISO DERECHA	38	44	32	17	37	34

Nota. Adaptado de (UTN, 2023)

La tabla 14 muestra de número promedio de usuarios conectados simultáneamente a los AP de la Facultad de Ciencias de la Salud (FCCSS). El día de mayor presencia de usuarios es el lunes.

Tabla 14

Usuarios FCCSS

DEPENDENCIA	UBICACIÓN	L	M	Mi	J	V	Promedio
FCCSS	PLANTA BAJA IZQUIERDA	16	12	12	22	13	15
	PLANTA BAJA DERECHA	23	13	14	36	13	20
	PRIMER PISO IZQUIERDA	49	34	19	15	35	30
	PRIMER PISO DERECHA	59	50	36	21	37	41
	SEGUNDO PISO IZQUIERDA	51	35	27	21	27	32
	SEGUNDO PISO DERECHA	3	2	3	2	3	2
	TERCER PISO IZQUIERDA	48	37	6	11	14	23
	TERCER PISO DERECHA	41	27	5	31	15	24
	CUARTO PISO DERECHA	36	28	27	21	34	29

Nota. Adaptado de (UTN, 2023)

La tabla 15 muestra de número promedio de usuarios conectados simultáneamente a los equipos inalámbricos ubicados en el Centro Académico de Idiomas (CAI), destacando el día lunes con la mayor afluencia de usuarios.

Tabla 15

Usuarios CAI

DEPENDENCIA	UBICACIÓN	L	M	Mi	J	V	Promedio
CAI	PLANTA BAJA IZQUIERDA	38	30	37	20	33	32
	PLANTA BAJA DERECHA	9	16	11	11	3	10
	PRIMER PISO IZQUIERDA	7	14	11	2	7	8
	PRIMER PISO DERECHA	10	20	24	8	9	14
	SEGUNDO PISO IZQUIERDA	6	9	8	1	8	6
	SEGUNDO PISO DERECHA	35	26	24	7	32	25
	TERCER PISO IZQUIERDA	6	3	7	6	3	5
	TERCER PISO DERECHA	71	29	22	3	32	31
	CUARTO PISO IZQUIERDA	16	31	20	10	14	18
	CUARTO PISO DERECHA	24	19	27	8	12	18

Nota. Adaptado de (UTN, 2023)

La tabla 16 muestra de número promedio de usuarios conectados simultáneamente a los equipos inalámbricos ubicados en el edificio de POSTGRADOS, observamos que el día jueves se tiene la mayor afluencia de usuarios.

Tabla 16

Usuarios POSTGRADOS

DEPENDENCIA	UBICACIÓN	L	M	Mi	J	V	Promedio
POSTGRADOS	PLANTA BAJA AUDITORIO IZQ	1	0	0	35	25	12
	PLANTA BAJA AUDITORIO DER	10	2	2	16	22	10
	PLANTA BAJA CUBICULOS	6	6	5	12	13	8
	PLANTA BAJA PASILLO	8	7	8	10	2	7
	PRIMER PISO IZQUIERDA	3	3	4	11	5	5
	PRIMER PISO DERECHA	14	18	12	7	6	11
	SEGUNDO PISO IZQUIERDA	15	21	19	1	2	12
	SEGUNDO PISO DERECHA	2	1	3	2	0	2
	TERCER PISO IZQUIERDA	0	0	0	0	0	0
TERCER PISO DERECHA	0	0	0	0	0	0	

Nota. Adaptado de (UTN, 2023)

La tabla 17 muestra de número promedio de usuarios conectados simultáneamente a los equipos inalámbricos ubicados en el edificio de BIENESTAR, donde destaca la mayor afluencia de usuarios el día jueves.

Tabla 17

Usuarios BIENESTAR

DEPENDENCIA	UBICACIÓN	L	M	Mi	J	V	Promedio
BIENESTAR	PLANTA BAJA IZQUIERDA	3	4	4	6	3	4
	PLANTA BAJA DERECHA	6	4	5	4	4	5
	PRIMER PISO IZQUIERDA	4	4	4	2	1	3
	PRIMER PISO DERECHA	3	2	3	2	2	2
	SEGUNDO PISO IZQUIERDA	2	3	1	3	1	2
	SEGUNDO PISO DERECHA	1	1	0	1	1	1
	TERCER PISO IZQUIERDA	5	3	5	6	3	5
	TERCER PISO DERECHA	3	2	1	6	3	3

Nota. Adaptado de (UTN, 2023)

La tabla 18 muestra de número promedio de usuarios conectados simultáneamente a los equipos inalámbricos ubicados en el edificio de PLANTA CENTRAL, donde el día lunes presenta la mayor afluencia de usuarios.

Tabla 18

Usuarios PLANTA CENTRAL

DEPENDENCIA	UBICACIÓN	L	M	Mi	J	V	Promedio
PLANTA	PLANTA BAJA IZQUIERDA	12	12	18	15	17	15
CENTRAL	PLANTA BAJA DERECHA	12	3	5	7	6	7
	PRIMER PISO IZQUIERDA	7	6	6	7	7	6
	PRIMER PISO DERECHA	3	5	5	1	4	4
	SEGUNDO PISO IZQUIERDA	4	5	0	2	1	2
	SEGUNDO PISO DERECHA	4	5	4	7	6	5
	TERCER PISO IZQUIERDA	8	7	6	10	5	7
	TERCER PISO DERECHA	9	8	9	13	9	10
	CUARTO PISO IZQUIERDA	18	8	15	21	16	16
	CUARTO PISO DERECHA	4	5	0	0	0	2
	DDTI 1	27	26	0	0	0	10
	DDTI 2	0	0	0	0	0	0

Nota. Adaptado de (UTN, 2023)

La tabla 19 muestra de número promedio de usuarios conectados simultáneamente a los equipos inalámbricos ubicados en el AUDITORIO AGUSTÍN CUEVA, observamos que el día viernes cuenta con mayor afluencia de usuarios.

Tabla 19

Usuarios AUDITORIO

DEPENDENCIA	UBICACIÓN	L	M	Mi	J	V	Promedio
AUDITORIO	AUDITORIO IZQUIERDA	4	3	2	23	41	15
	AUDITORIO DERECHA	1	4	1	1	1	2

Nota. Adaptado de (UTN, 2023)

La tabla 20 muestra de número promedio de usuarios conectados simultáneamente a los equipos inalámbricos ubicados en la PISCINA, siendo el día viernes el que presenta mayor afluencia de usuarios.

Tabla 20*Usuarios PISCINA*

DEPENDENCIA	UBICACIÓN	L	M	Mi	J	V	Promedio
PISCINA	INTERIOR	23	24	25	18	29	24

Nota. Adaptado de (UTN, 2023)

La tabla 21 muestra de número promedio de usuarios conectados simultáneamente a los equipos inalámbricos ubicados en el POLIDEPORTIVO, observamos que el día jueves hay mayor afluencia de usuarios.

Tabla 21*Usuarios POLIDEPORTIVO*

DEPENDENCIA	UBICACIÓN	L	M	Mi	J	V	Promedio
POLIDEPOR- TIVO	CANCHA IZQUIERDA	1	1	0	1	15	4
	CANCHA DERECHA	31	34	47	45	11	34
	OFICINAS PRIMER PISO	8	11	10	24	10	12
	POLIDEPORTIVO PLANTA BAJA	20	16	15	32	16	20
	POLIDEPORTIVO AULA DANZA	26	21	27	23	14	22
	OFICINAS SNNA	25	23	21	24	34	25
	CANCHA IZQUIERDA	1	1	0	1	15	4
	CANCHA DERECHA	31	34	47	45	11	34

Nota. Adaptado de (UTN, 2023)

La tabla 22 muestra de número promedio de usuarios conectados simultáneamente a los equipos inalámbricos ubicados en la BIBLIOTECA, destacando la afluencia de usuarios del día lunes.

Tabla 22*Usuarios BIBLIOTECA*

DEPENDENCIA	UBICACIÓN	L	M	Mi	J	V	Promedio
BIBLIOTECA	PLANTA BAJA	57	44	52	22	45	44
	PRIMER PISO IZQUIERDA	36	29	30	15	35	29
	PRIMER PISO DERECHA	48	42	31	7	26	31
	SEGUNDO PISO	55	63	47	20	35	44

Nota. Adaptado de (UTN, 2023)

La tabla 23 muestra el número promedio de usuarios conectados simultáneamente a los equipos inalámbricos ubicados en las dependencias de ELECTRICIDAD, se destaca el número de usuarios conectados el día lunes.

Tabla 23

Usuarios ELECTRICIDAD

DEPENDENCIA	UBICACIÓN	L	M	Mi	J	V	Promedio
ELECTRICIDAD	AULAS PASILLO	49	40	44	34	21	38
	GALPON	3	2	4	2	2	3

Nota. Adaptado de (UTN, 2023)

La tabla 24 muestra de número promedio de usuarios conectados simultáneamente a los equipos inalámbricos ubicados en el GIMNASIO, siendo el día miércoles el de mayor afluencia de usuarios.

Tabla 24

Usuarios GIMNASIO

DEPENDENCIA	UBICACIÓN	L	M	Mi	J	V	Promedio
GIMNASIO	PRIMER PISO	8	11	12	11	9	10

Nota. Adaptado de (UTN, 2023)

La tabla 25 muestra de número promedio de usuarios conectados simultáneamente a los equipos inalámbricos ubicados en los EXTERIORES del campus universitario, siendo el Equipo ubicado en el exterior de la FICA aquel que soporta el mayor número de peticiones de conexión.

Tabla 25*Usuarios EXTERIOR*

DEPENDENCIA	UBICACIÓN	L	M	Mi	J	V	Promedio
FACAE	FACAE EXTERIOR BAR	41	48	59	56	40	49
	FACAE EXTERIOR GRADAS	19	28	27	45	17	27
	FACAE EXTERIOR PARQUE	18	22	19	32	20	22
FECYT	FECYT EXTERIOR PARQUE	40	21	29	55	35	36
	AUDITORIO	AUDITORIO EXTERIOR PLAZA		3	3	0	1
		AUDITORIO_EXTERIOR CANCHAS	2	4	2	4	2
PLANTA CENTRAL	PLANTA CENTRAL EXTERIOR	18	27	30	34	30	28
	POSTGRADO	POSTGRADO EXTERIOR PARQUE	10	10	5	36	11
		POSTGRADO EXTERIOR PISCINA	11	14	14	31	13
CAI/FICAYA	CAI/FICAYA EXTERIOR	29	26	22	43	27	29
FICA/FICAYA	FICA/FICAYA EXTERIOR	68	66	66	81	91	74
FICA/FCCSS	FICA/FCCSS EXTERIOR	25	31	27	53	43	36
PISCINA	PISCINA EXTERIOR	9	6	3	9	5	6
FICA	FICA EXTERIOR	109	105	107	176	146	128
ENTRADA	ENTRADA NORTE CANCHAS	14	30	18	46	57	33
NORTE	ENTRADA NORTE BIENESTAR	13	11	9	23	9	13

Nota. Adaptado de (UTN, 2023)

4 Capítulo IV. Modelo de Calidad de Servicio

Este capítulo presenta el Modelo de Calidad de Servicio desarrollado para la red inalámbrica de la UTN. Se apoya en la actividad de Diseño y Transición descrita a continuación.

4.1 Diseño y Transición

Esta actividad es responsable de organizar, describir o indicar, cómo encajan los componentes del servicio. Para tal efecto, se presenta el Modelo Aplicativo de Políticas de Calidad de Servicio para la red inalámbrica de la UTN.

4.2 Modelo Aplicativo de Políticas de Calidad de Servicio

El Modelo Aplicativo propuesto se encuentra descrito en la figura 34, consiste en obtener datos de la Situación Actual y definirlos como requerimientos que, a su vez, sirven para elaborar las Políticas de Calidad de Servicio. Como refuerzo a las Políticas, está el Manual de Procedimientos y por último se verifican los cambios con las pruebas de verificación.

Figura 34

Modelo Aplicativo de Calidad de Servicio



En la primera fase del modelo se recolecta información sobre el tráfico más frecuente en circular por la red, mediante monitoreo, para tomar la decisión de brindarle privilegios según su grado de relevancia.

4.2.1.1 Monitoreo de la red inalámbrica

El monitoreo se realiza con la ayuda del software DNA propietario de CISCO, el cual muestra por intervalos todo el tráfico, con la finalidad de determinar el comportamiento actual de la red inalámbrica además de obtener información relacionada con el tipo, volumen y protocolos más utilizados por los usuarios con el objetivo de plantear las políticas de QoS adecuadas.

Las figuras 35 y 36 muestran el tráfico de red ascendente y descendente respectivamente. Entre las aplicaciones más utilizadas están: en primer lugar Facebook con 21,81% del total de bits transmitidos, en segundo lugar WhatsApp con 16,48% seguido de Stun-nat con el 9,64%.

Figura 35

Tráfico de red ascendente

Top Applications									
Max Number of Records <input type="text" value="30"/>									
Upstream					Downstream				
Application Last 90 Secs Stats					Application Cumulative Stats				
App Name	Packet Count	Byte Count	Average Packet Size	Usage(%)	App Name	Packet Count	Byte Count	Usage(%)	
facebook	2149	374.39 KB	178	21.81	google-services	13726111	13.16 GB	22.17	
whatsapp	946	282.86 KB	306	16.48	amazon-web-services	7180973	7.97 GB	13.43	
stun-nat	721	165.57 KB	235	9.64	ssl	29042464	7.78 GB	13.11	
google-services	606	163.03 KB	275	9.50	statistical-p2p	4806624	3.34 GB	5.62	
https	1215	131.34 KB	110	7.65	statistical-download	5225700	3.19 GB	5.38	
skype	498	119.04 KB	244	6.93	stun-nat	4270172	2.70 GB	4.55	
ms-services	298	105.96 KB	364	6.17	vmware-vsphere	1988806	2.52 GB	4.24	
ssl	432	93.04 KB	220	5.42	facebook	12454413	2.36 GB	3.97	
outlook-web-service	336	55.95 KB	170	3.26	whatsapp	8053654	2.34 GB	3.94	
instagram	68	30.35 KB	457	1.77	youtube	6181743	2.25 GB	3.78	
dns	256	27.91 KB	111	1.63	ms-services	7078170	1.75 GB	2.94	
ssl-local-net	73	22.77 KB	319	1.33	statistical-conf-audio	2538406	1.55 GB	2.61	
youtube	76	22.70 KB	305	1.32	google-play	1364748	1.50 GB	2.52	
netflix	65	21.61 KB	340	1.26	https	9013855	1.31 GB	2.20	
apple-services	93	21.01 KB	231	1.22	netflix	6101404	1.01 GB	1.70	
dropbox	22	15.07 KB	701	0.88	apple-services	1290400	950.23 MB	1.56	
twitter	78	14.56 KB	191	0.85	wetransfer	6677533	573.73 MB	0.94	
google-play	34	9.56 KB	288	0.56	ms-office-web-apps	1843312	471.72 MB	0.78	
http	28	7.46 KB	272	0.43	shoutcast	3754935	374.90 MB	0.62	
netbios-ns	50	7.03 KB	144	0.41	skydrive	774632	297.12 MB	0.49	
google-accounts	19	6.48 KB	349	0.38	share-point	541984	293.42 MB	0.48	
icmp	20	3.90 KB	199	0.23	rtp	601590	281.17 MB	0.46	
samsung	18	3.80 KB	216	0.22	binary-over-http	2673846	262.90 MB	0.43	

Nota. Adaptado de (UTN, 2023)

Figura 36

Tráfico de red descendente

Application Last 90 Secs Stats				Application Cumulative Stats				
App Name	Packet Count	Byte Count	Average Packet Size	Usage(%)	App Name	Packet Count	Byte Count	Usage(%)
facebook	15156	17.36 MB	1200	62.27	facebook	68058161	75.86 GB	20.37
https	6210	8.14 MB	1375	29.21	ssl	54483548	61.39 GB	16.48
whatsapp	1414	918.74 KB	665	3.22	https	51608990	60.09 GB	16.13
skype	444	267.06 KB	615	0.94	netflix	26494426	33.29 GB	8.94
google-services	568	190.40 KB	343	0.67	youtube	24395708	29.75 GB	7.99
outlook-web-service	307	177.02 KB	590	0.62	whatsapp	20516195	22.56 GB	6.06
ssl	425	174.25 KB	419	0.61	ms-services	15551565	16.46 GB	4.42
stun-nat	718	166.66 KB	237	0.58	wetransfer	12789138	16.05 GB	4.31
instagram	140	103.42 KB	756	0.36	shoutcast	8126455	10.26 GB	2.75
ms-services	260	99.01 KB	389	0.35	binary-over-http	6484859	8.12 GB	2.18
twitter	107	92.52 KB	885	0.32	statistical-download	9553268	6.39 GB	1.71
dns	252	39.31 KB	159	0.14	google-services	8319651	4.09 GB	1.10
youtube	65	39.22 KB	617	0.14	ms-office-web-apps	3536463	3.95 GB	1.06
netflix	51	28.44 KB	571	0.10	statistical-conf-audio	5862237	3.29 GB	0.88
ssl-local-net	82	25.27 KB	315	0.09	stun-nat	4487828	3.04 GB	0.82
skydrive	26	24.41 KB	961	0.09	internet-video-streaming	2090015	2.62 GB	0.70
apple-services	77	24.31 KB	323	0.09	http	1560385	1.52 GB	0.41
google-play	33	16.74 KB	519	0.06	ms-update	1285655	1.51 GB	0.41
google-accounts	18	12.65 KB	719	0.04	itunes	1238320	1.50 GB	0.40
samsung	20	8.95 KB	458	0.03	outlook-web-service	1531761	1.42 GB	0.38
ms-live-accounts	11	8.75 KB	814	0.03	skydrive	1333604	1.33 GB	0.36
http	27	3.69 KB	139	0.01	vnc	1154346	1.30 GB	0.35
binary-over-http	14	3.51 KB	257	0.01	apple-services	1480139	1.22 GB	0.33

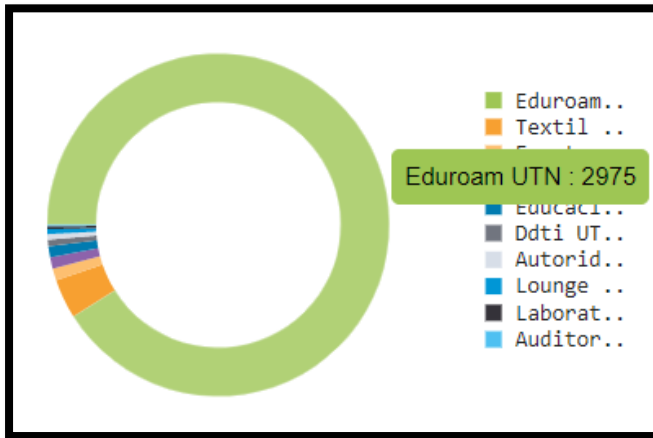
Nota. Adaptado de (UTN, 2023)

Con los requerimientos establecidos, se procede a armar las Políticas a regir en la red inalámbrica.

Existen varias redes inalámbricas en el campus universitario, en su gran mayoría provisionales y para pocos usuarios específicos, razón por la cual no son consideradas para este análisis. Sin embargo, se muestra en la Figura 37 una comparativa entre el número de usuarios de la red EDUROAM y las demás redes para verificar la notable diferencia de sus usos.

Figura 37

Número de usuarios por WLAN



Nota. Adaptado de (UTN, 2023)

La red EDUROAM tiene aproximadamente 2975 usuarios que representan el 91.03% del total de los mismos. Mientras que entre las 9 redes restantes logran apenas el 8,97% de los usuarios.

4.2.2 Definir las Políticas de Calidad de Servicio

Con los requerimientos establecidos, se procede a armar las Políticas a regir en la red inalámbrica.



MANUAL DE POLÍTICAS

Fecha de elaboración: 21 de junio de 2023 **Elaborado por:** Carlos Eduardo Picuasi

Fecha de revisión: **Revisado por:** Ing. Vinicio Guerra

Fecha de aprobación: **Aprobado por:**

POLÍTICAS DE CALIDAD DE SERVICIO PARA LA WLAN EDUROAM A CARGO DE LA DIRECCIÓN DE DESARROLLO TECNOLÓGICO E INFORMÁTICO DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

Objetivo

Mejorar el desempeño de la red inalámbrica unificada EDUROAM de la UTN.

Justificación

Las Políticas de Calidad de Servicio permiten dar un uso eficiente a la WLAN EDUROAM, percibido en una mejor experiencia de usuario. Las Políticas otorgan a la organización mejor toma de decisiones, facilitando el trabajo al personal encargado.

Alcance

Las Políticas de Calidad de Servicio están diseñadas para aplicarse en la red inalámbrica EDUROAM de la UTN, administrada en las oficinas del DDTI. Las Políticas son la guía para el manejo y tratamiento de la WLAN.

Responsables

Analistas y Asistentes de Redes

Definiciones


DDTI: Dirección de Desarrollo Tecnológico e Informático.


SSID: Nombre de Red Inalámbrica

VLAN: Red de Área Local Virtual

WLAN: Red de Área Local Inalámbrica

Versión 1.0

	DDTI		
	Dominio:	1. Política Calidad de Servicio	Destinatarios:
Control:	EDUROAM	Fecha de elaboración:	21 de junio 2023
<p>Objetivo específico</p> <p>Definir una serie de políticas para brindar Calidad de Servicio a la red inalámbrica EDUROAM.</p> <p>Desarrollo</p> <p>Art. 1. Diferenciar los tipos de usuarios que acceden a la red inalámbrica con la SSID EDUROAM para priorizar el contenido que reciben. Estos tipos de usuarios son: estudiantes, docentes y administrativos.</p> <p>Art. 2. Crear perfiles en la controladora inalámbrica que permitan habilitar las funciones de QoS en la red EDUROAM.</p> <p>Art. 3. Elaborar un plan de mejoramiento de infraestructura que contemple posible readecuación de AP para lograr una mayor cobertura.</p> <p>Art. 4. Priorizar la información que maneja el DDTI para garantizar al usuario final acceso a los servicios sensibles a retardo. Las categorías corresponden a perfiles personalizados.</p> <p>Art. 5. Delimitar el uso de la WLAN a un máximo de 60 usuarios por AP para mejorar el rendimiento.</p> <p>Art. 6. Configurar los niveles de potencia y canales de distribución para mejorar la cobertura de los AP y evitar la interferencia co-canal respectivamente.</p> <p>Art. 7. Incrementar el ancho de banda proporcionado a EDUROAM en relación a redes inalámbricas pequeñas o temporales.</p>			

	DDTI			
	Dominio:	1. Política Calidad de Servicio	Destinatarios:	Usuarios de la red inalámbrica
	Control:	EDUROAM	Fecha de elaboración:	21 junio 2023
<p>Objetivo específico</p> <p>Generar políticas que permitan mejorar la Calidad de Servicio en la WLAN EDUROAM para los usuarios finales.</p> <p>Desarrollo</p> <p>Art. 1. Utilizar la red inalámbrica acorde a su enfoque educativo, caso contrario el administrador puede realizar una suspensión de cuenta al detectar posibles anomalías.</p> <p>Art. 2. Custodiar las credenciales de acceso a la red que fueron entregadas por los administradores. Es decir, evitar compartirlas o dejarlas fácilmente al alcance de usuarios externos.</p> <p>Art. 3. El dispositivo de usuario final que restrinja o interfiera en los servicios que se brindan dentro de la infraestructura del campus universitario será sancionado con suspensión temporal o permanente de los accesos.</p> <p>Art. 4. Cada usuario tendrá la posibilidad de usar la WLAN con hasta un máximo de dos dispositivos finales.</p>				

Objetivo

Detallar los pasos a seguir para cumplir con los artículos del manual de Políticas.

Justificación

El Manual de Procedimientos consta de explicación técnica a detalle, con imágenes e información oportuna para lograr las peticiones del Manual de Políticas.

Alcance

Este Manual de Procedimientos se enfoca en la red inalámbrica EDUROAM de la Universidad Técnica del Norte.

Responsables

Carlos Eduardo Picuasi – Tesista CIERCOM

Definiciones

DDTI: Dirección de Desarrollo Tecnológico e Informático.

SSID: Nombre de Red Inalámbrica

VLAN: Red de Área Local Virtual

WLAN: Red de Área Local Inalámbrica

Versión 1.0

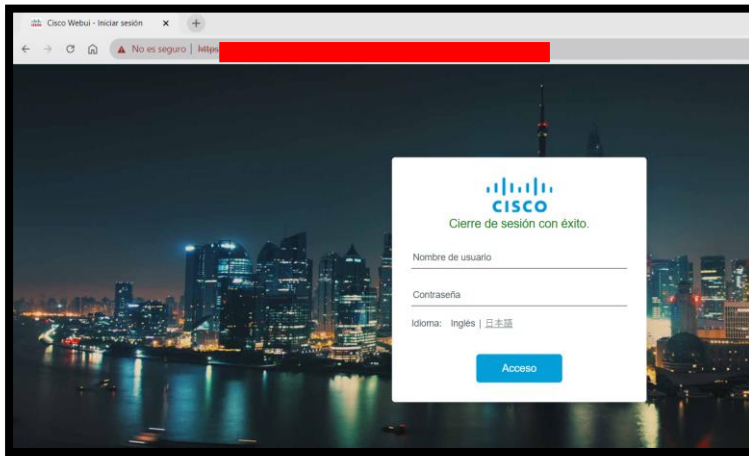
Desarrollo

PROCEDIMIENTO 1: Indicaciones para cumplir con el Art. 2 del Manual de Políticas.

La funcionalidad de Calidad de Servicio (QoS), para la red EDUROAM administrada por la WLC CISCO 9800, requiere de una serie de pasos a seguir para su habilitación. En primera instancia se muestra el software administrador WLC 9800 propietario de CISCO en la figura 38.

Figura 38

Software de administración Cisco DNA Center Versión 2.2.3.6

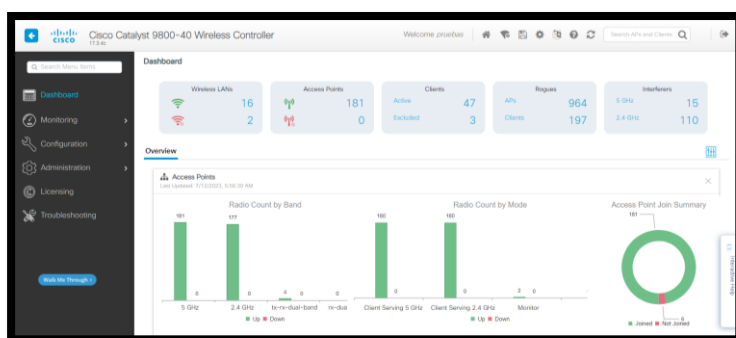



Se solicita la dirección IP y las respectivas credenciales del servicio al administrador de red para el ingreso. Esta información es de carácter confidencial, por tal motivo, es accesible en casos especiales, bajo ciertos requisitos y condiciones.

La figura 39 muestra la pantalla de inicio con información preliminar y en tiempo real de todas las WLAN. Por ejemplo se contabilizan los AP y las WLAN activos.

Figura 39

Pantalla de inicio del software DNA CISCO

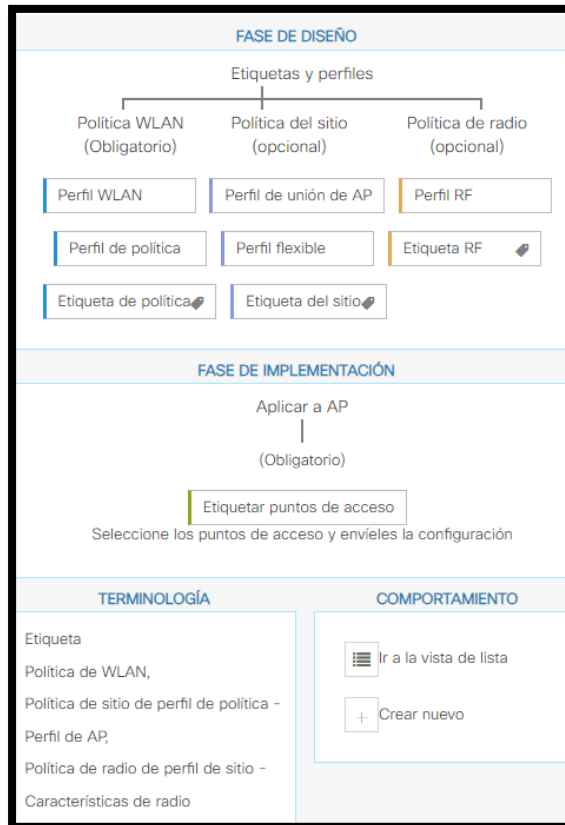


Hacemos clic en este ícono  que nos lleva a las configuraciones avanzadas.

Llegamos al esquema de la figura 40, proporcionado por el fabricante para configurar WLAN y perfiles para QoS. Aquí se menciona la fase de diseño y la de implementación.

Figura 40

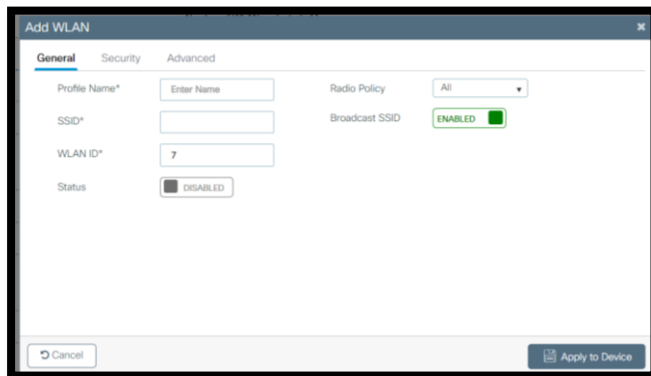
Esquema de configuraciones WLAN y QoS



Damos clic en **comenzar ahora** y aparece el diagrama de flujo de la figura 41 que detalla los pasos a seguir para habilitar QoS en EDUROAM.

Figura 41*Diagrama de flujo*

Como indica el diagrama empezamos por crear el perfil WLAN, para esto hacemos clic en el botón +. La figura 42 indica los datos solicitados. Para este ejemplo se nombró como **Red_QoS1** al perfil WLAN. Aplicar y guardar.

Figura 42*Perfil WLAN*

Ahora se debe crear el perfil Política. A este perfil se le ha nombrado como **PerfilPolitica**.

A continuación se crea la etiqueta Política con el nombre **EtiquetaPolitica**.

En adelante la creación de perfiles es intuitiva.

Los nombres asignados son:

Emparejamiento de AP → **UbicacionAPs**

Etiqueta de sitio → **EtiquetaSitio**

Perfil de radiofrecuencia → **PerfilRF5 y PerfilRF2.4**

PROCEDIMIENTO 2: Indicaciones para cumplir con el Art. 4 del Manual de Políticas.

Al tener configuradas las etiquetas y perfiles procedemos a configurar QoS en una WLAN de pruebas. Mismo procedimiento aplica para EDUROAM.

Una vez dentro del software seguimos la siguiente ruta **Configuration → Policy**. Luego damos clic en el botón azul para adicionar una nueva configuración de QoS para WLAN. En este caso ya tenemos creado el perfil **PerfilPolitica** como indica la figura 43. Nos desplazamos a la pestaña QoS y AVC tal como se observa en la figura 44. Aquí seleccionamos el perfil creado con anticipación **PoliticaQoS1** en la celda **Egress** ya que este modelo se enfoca en la QoS descendente.

Figura 43*Selección perfil para QoS*

Edit Policy Profile

⚠ Configuring in enabled state will result in loss of connectivity for clients associated with this profile.

General | Access Policies | QoS and AVC | Mobility | Advanced

Name* **WLAN Switching Policy**

Description

Status **ENABLED**

Passive Client **DISABLED**

Encrypted Traffic Analytics **DISABLED**

CTS Policy

Inline Tagging

SGACL Enforcement

Default SGT

Central Switching **ENABLED**

Central Authentication **ENABLED**

Central DHCP **ENABLED**

Central Association **ENABLED**

Flex NAT/PAT **DISABLED**

Figura 44*Configuración QoS*

Edit Policy Profile

⚠ Configuring in enabled state will result in loss of connectivity for clients associated with this profile.

General | Access Policies | **QoS and AVC** | Mobility | Advanced

Auto QoS

QoS SSID Policy

Egress

Ingress

QoS Client Policy

Egress

Ingress

SIP-CAC

Flow Monitor IPv4

Egress

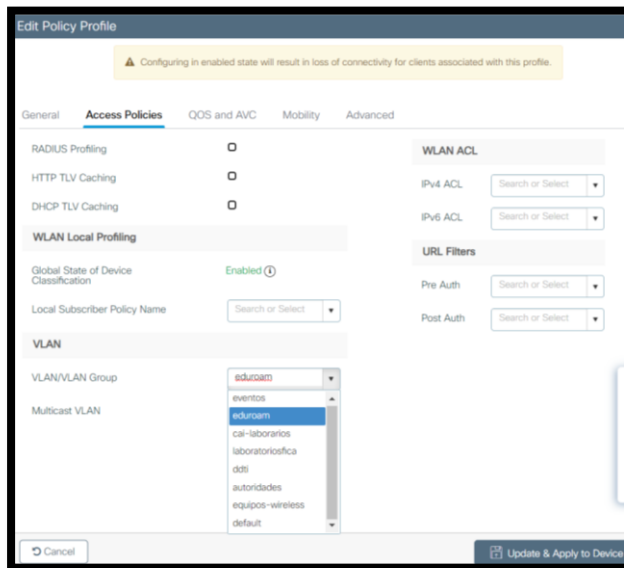
Ingress

Flow Monitor IPv6

Egress

Ingress

El paso siguiente es seleccionar la WLAN donde se aplicará es las Políticas y Etiquetas configuradas. Para esto, vamos a la pestaña **Access Policies** y en el apartado VLAN Group se despliega una lista de WLAN en esta seleccionamos EDUROAM o la de WLAN de preferencia como se visualiza en la figura 45. Aplicar y Guardar.

Figura 45*Aplicación de QoS en EDUROAM*

Tenemos ya configurado donde se aplicará QoS, en que AP y demás opciones. A continuación, se muestran las configuraciones para priorizar el tráfico de Microsoft Teams. Seguimos la ruta **Configuration** → **QoS**. En la pantalla siguiente hacemos clic en el botón azul que dice **+Add**. En primer lugar mantenemos deshabilitado QoS automático, luego damos un nombre referente a la prioridad, aquí se nombra como **Tráfico Teams**, puede añadirse una descripción. Ahora vamos al botón azul de **Marca de clase**. Los datos deben quedar como indica la figura 46 de esta forma:

Figura 46*Configuración de QoS para Microsoft Teams*

El tipo de marca es DSCP y el valor 4. De la lista desplegable en tipo de concordancia debe seleccionarse **protocolo**. Y de los protocolos disponibles seleccionamos todos aquellos de Microsoft Teams. Los nombrados como: **ms-teams**, **ms-audio**, **ms-media**, **ms-video** y **ms-teams-app-sharing**. Guardar las configuraciones. De esta forma, se deja habilitado QoS con prioridad para Microsoft Teams en la red EDUROAM. Mismo procedimiento aplica para un sinnúmero de protocolos.

4.3 Mejora

La mejora del servicio brindado por la red inalámbrica EDUROAM se puede evidenciar en las pruebas de funcionamiento del Modelo Aplicativo de Políticas de Calidad de Servicio. Las pruebas son de cuatro tipos: descargas de archivos, porcentaje de pérdida de paquetes en una videollamada por Microsoft Teams, marcaje de paquetes DSCP y Jitter excesivo. Todas estas pruebas se realizan en dos ambientes, en primer lugar sin QoS y luego se trabaja el mismo escenario con QoS. Además las pruebas son el fiel cumplimiento del Art. 4 del Manual de Políticas y el Procedimiento 2 del Manual de Procedimientos.

4.3.1 Prueba 1: Descargas de archivos

Para evidenciar que la WLAN EDUROAM tiene un mejor rendimiento con QoS se realiza una descarga de archivos. La figura 47 contiene la descarga de una imagen ISO Ubuntu antes de aplicar Calidad de Servicio, donde la velocidad de transmisión es de unos moderados 280 Kbps con un tiempo de duración aproximado de 4 horas para completar la descarga. En cambio, la figura 48 revela una tasa de transferencia más rápida de 4,7 Mbps con un tiempo de duración de 16 minutos aplicando QoS. La P

Figura 47

Descarga de archivos sin QoS

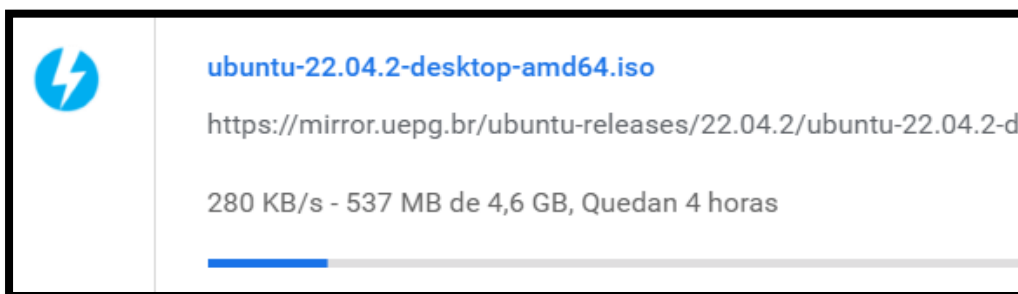
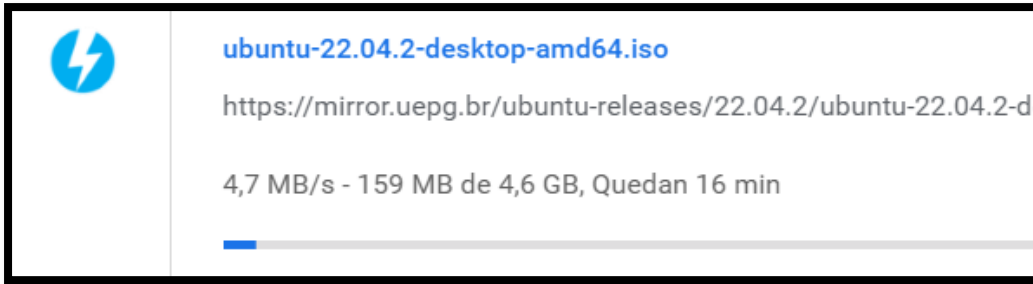


Figura 48

Descarga de archivos con QoS



4.3.2 Prueba 2: Videollamadas por Microsoft Teams

Una videollamada necesita preferencia en su paso por EDUROAM, para poder comprender la información. En la figura 49, queda claro, una videollamada deficiente sin QoS ocasionado por la pérdida de paquetes del 72,84% del total de paquetes transmitidos. Es decir, que de 95 053 paquetes transmitidos se perdieron 69 236. En la figura 50, el caso es aún más crítico ya que se pierde la conexión por el elevado porcentaje de pérdida de paquetes que llega al 83,06%, lo que se traduce en 78 951 paquetes perdidos de 95 053 enviados.

Figura 49

Videollamada en Teams sin QoS

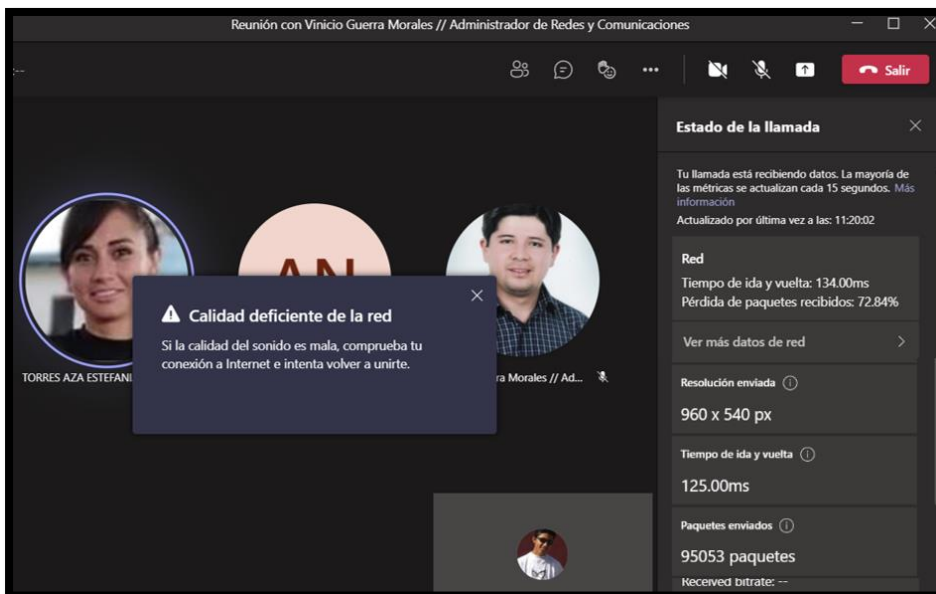
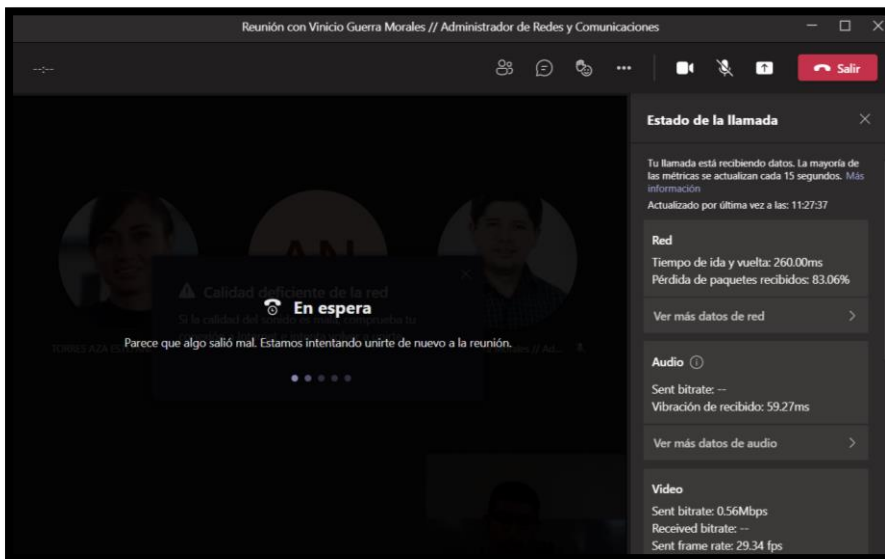
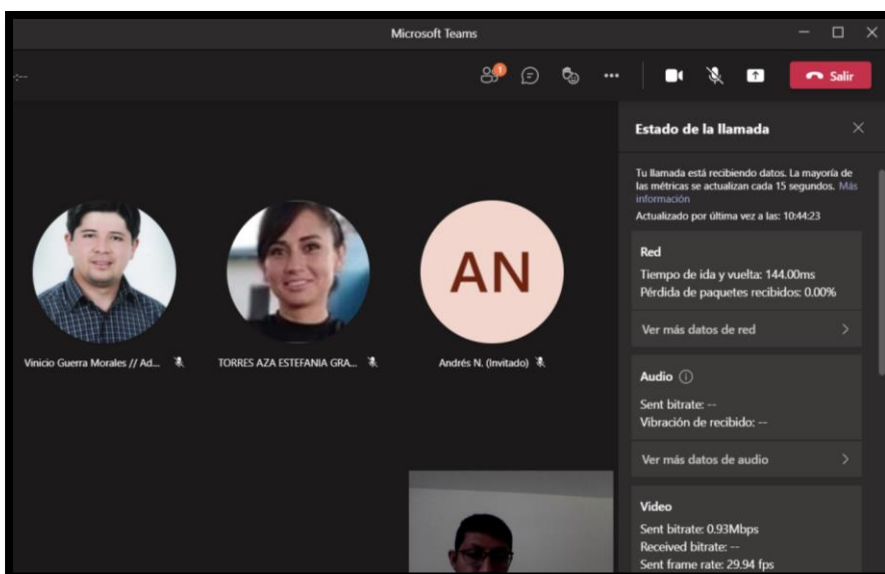


Figura 50*Videollamada perdida sin QoS*

Ahora se realiza otra llamada similar aplicando QoS y los resultados se reflejan en la figura 51, donde se observa una fluida videollamada con 0% de paquetes perdidos que indica que todos los paquetes enviados llegaron en su totalidad a su destino. Esto genera una experiencia de usuario satisfactoria al recibir una clase virtual en la plataforma Microsoft Teams.

Figura 51*Videollamada aplicando QoS*

4.3.3 Prueba 3: Marcado 802.11e y DSCP

Un paquete que circula por la WLAN EDUROAM etiquetado con QoS varía en los diferentes puntos de su travesía, es decir, cuando los paquetes viajan en forma ascendente en dirección al Punto de Acceso éste los encapsula en CAPWAP y le agrega el valor DSCP basado en el WMM de la trama IEEE 802.11 entrante como lo indica la figura 52. En este ejemplo se utilizó tráfico de una laptop hacia la EDUROAM. Al instante de llegada del paquete, tiene el valor DSCP y el valor se reescribe a CoS/802.1p antes de ser enviado a la controladora como indica la figura 53, significa entonces, que este paquete cuenta con preferencia en relación a otros que atraviesan la WLAN utilizando el marcado 802.11e y DSCP.

Figura 52

Marcado DSCP en un paquete con QoS

```

Version: 4
Header length: 20 bytes
☐ Differentiated Services Field: 0x68 [DSCP 0x1a: Assured Forwarding 31] ECN: 0x00: Not-ECT (Not ECN-Capable Transport)
Total Length: 64
Identification: 0x7f85 (32645)
☐ Flags: 0x00
Fragment offset: 0
Time to live: 255
Protocol: TCP (6)
☐ Header checksum: 0x4b6d [correct]
Source: 172.20.69.234 (172.20.69.234)
Destination: 172.20.1.109 (172.20.1.109)

```

Figura 53

Marcado 802.11e en una trama con QoS

```

☐ IEEE 802.11 QoS Data, Flags: .....T
Type/Subtype: QoS Data (0x28)
☐ Frame Control: 0x0188 (Normal)
Duration: 44
BSS Id: a0:cf:5b:9e:e8:2e (a0:cf:5b:9e:e8:2e)
Source address: cisco_58:e6:1a (00:1b:d4:58:e6:1a)
Destination address: IntelCor_42:e3:d8 (60:67:20:42:e3:d8)
Fragment number: 0
Sequence number: 777
☐ QoS Control
Priority: 4
...0 .... = QoS bit 4: Bits 8-15 of QoS Control field are TXOP Duration Requested
Ack Policy: Normal Ack (0x00)
Payload Type: MSDU
TXOP Duration Requested: no TXOP requested (0)

```

4.3.4 Prueba 4: Variación de Jitter

Valiéndose de una comunicación telefónica vía Teams y, además, con Wireshark se extrae la variación de Jitter al trabajar sin QoS. La figura 54 indica una variación de jitter máximo de 346 ms y mínimo de 254 ms. El óptimo aceptable oscila entre los 150 ms. Además, se pierden el 45,34% de los paquetes enviados. La mejora queda a la vista en la figura 55 con un jitter máximo de 0,61 ms y mínimo de 0,37 ms con 0% en pérdida de paquetes transmitidos, todo esto, en un ambiente con QoS.

Figura 54

Jitter excesivo sin QoS

Wireshark - RTP Stream Analysis - Prueba 2

172.20.150.68:8000 ↔
172.20.150.72:17074

	Forward	Reverse	Graph
	Packet	Sequence	Delta (ms)
Forward	754	60802	0.00
SSRC	757	60803	19.89
Max Delta	758	60804	19.96
Max Jitter	759	60805	20.10
Mean Jitter	760	60806	20.65
Max Skew	761	60807	18.97
RTP Packets	762	60808	21.19
Expected	763	60809	18.96
Lost	764	60810	19.54
Seq Errs	765	60811	20.11
Start at	772	60812	20.62
Duration	788	60813	19.48
Clock Drift	789	60814	20.49
Freq Drift	790	60815	20.06
	791	60816	19.58
Reverse	792	60817	20.08
SSRC	793	60818	19.58
Max Delta	794	60819	20.10
Max Jitter	795	60820	20.01
Mean Jitter	796	60821	20.77
Max Skew	797	60822	19.91
RTP Packets	818	60823	19.56
Expected	819	60824	20.09
Lost	820	60825	20.02
Seq Errs	821	60826	20.51
Start at			
Duration			

Forward statistics:
 SSRC: 0xb0c8e7c2
 Max Delta: 21.62 ms @ 4505
 Max Jitter: 346 ms
 Mean Jitter: 254 ms
 Max Skew: -1.15 ms
 RTP Packets: 1372
 Expected: 1372
 Lost: 45,34 %
 Seq Errs: 0
 Start at: 36.374757 s @ 754
 Duration: 27.42 S
 Clock Drift: -565 ms
 Freq Drift: 7835 Hz (-2.06 %)

Reverse statistics:
 SSRC: 0xb0c8e7c2
 Max Delta: 21.62 ms @ 4505
 Max Jitter: 450 ms
 Mean Jitter: 387 ms
 Max Skew: -1.15 ms
 RTP Packets: 1372
 Expected: 1372
 Lost: 49,56 %
 Seq Errs: 0
 Start at: 36.374757 s @ 754
 Duration: 27.42 S

Figura 55

Jitter reducido con QoS

Wireshark · RTP Stream Analysis · Prueba 2

172.20.150.68:8000 ↔
172.20.150.72:17074

	Forward	Reverse	Graph
Forward			
SSRC	0xb0c8e7c2		
Max Delta	21.62 ms @ 4505		
Max Jitter	0.61 ms		
Mean Jitter	0.37 ms		
Max Skew	-1.15 ms		
RTP Packets	1372		
Expected	1372		
Lost	0 (0.00 %)		
Seq Errs	0		
Start at	36.374757 s @ 754		
Duration	27.42 S		
Clock Drift	-565 ms		
Freq Drift	7835 Hz (-2.06 %)		
Reverse			
SSRC	0xb0c8e7c2		
Max Delta	21.62 ms @ 4505		
Max Jitter	44.76 ms		
Mean Jitter	31.41 ms		
Max Skew	-1.15 ms		
RTP Packets	1372		
Expected	1372		
Lost	0 (0.00 %)		
Seq Errs	0		
Start at	36.374757 s @ 754		
Duration	27.42 S		

Packet	Sequence	Delta (ms)
754	60802	0.00
757	60803	19.89
758	60804	19.96
759	60805	20.10
760	60806	20.65
761	60807	18.97
762	60808	21.19
763	60809	18.96
764	60810	19.54
765	60811	20.11
772	60812	20.62
788	60813	19.48
789	60814	20.49
790	60815	20.06
791	60816	19.58
792	60817	20.08
793	60818	19.58
794	60819	20.10
795	60820	20.01
796	60821	20.77
797	60822	19.91
818	60823	19.56
819	60824	20.09
820	60825	20.02
821	60826	20.51

CONCLUSIONES

- Al principio las redes inalámbricas no estaban diseñadas para soportar varios servicios a la vez, en realidad, eran una característica extra de las redes cableadas. EDUROAM consideró estas condiciones pero no contó con un acelerado incremento de usuarios demandantes de diversos servicios, además estos usuarios contaban con más de un dispositivo para su interacción con la red. Es así que el Modelo Aplicativo de Políticas de Calidad de Servicio, es de gran ayuda para que EDUROAM brinde a los universitarios, y demás usuarios dentro del campus UTN, una satisfactoria experiencia de usuario.
- Las pruebas realizadas muestran los parámetros mejorados luego de aplicar QoS, en el caso de la descarga de archivos, se incrementó la velocidad de transmisión ocasionando la reducción de tiempo en la descarga. En la vídeollamada se redujo el porcentaje de pérdida de paquetes lo que permite la comunicación fluida de los interlocutores. Para el caso de la marcación de paquetes, las marcas dan muestra de la prioridad que tienen los paquetes más sensibles en la red EDUROAM.

RECOMENDACIONES

- Calidad de Servicio debe incluir, además, otros criterios que contribuyan de manera significativa a mejorar el rendimiento de la WLAN, como, por ejemplo: un ancho de banda de acceso a Internet adecuadamente dimensionado para la cantidad de usuarios, enlaces redundantes, monitoreo periódico de parámetros tales como: jitter, latencia y pérdida de paquetes. Mantener estos parámetros en niveles aceptables evitará inconvenientes como la saturación de la red.
- Se puede modificar las Políticas de Calidad de Servicio acorde a las variaciones que vaya teniendo la red a futuro. Por ejemplo, pueden adicionarse equipos AP para mayor

cobertura, crear WLAN temporales de invitados, dar preferencia a otros servicios, etc.

Todos estos ajustes deben contar con un previo monitoreo para entender que es lo que realmente necesita la red.

- Al adquirir nuevos equipos de red es vital verificar las versiones de IOS, ya que las versiones dictaminan si los equipos soportan Calidad de Servicio para poder aplicar las diferentes Políticas de QoS.

Bibliografía

- Anguís, J. (2018). *Diseño de la WLAN de Wheelers Lane Technology College*. (tesis de pregrado). Universidad de Sevilla, España.
- Axelos. (2019). *ITILv4 Foundation*. Reino Unido: The Stationery Office.
- Barría, M., Sánchez, P., & Vallejos, R. (10 de Agosto de 2015). Modelo Realista para la Función de Coordinación Distribuida del estándar IEEE 802.11b. *Facultad Ingeniería*, 13(3), 96-103.
- BBVA. (2019). *BBVA inaugura uno de los centros de proceso de datos más avanzados del mundo*. Madrid: Banco Bilbao Vizcaya Argentaria, S.A. Obtenido de <https://www.bbva.com/es/bbva-inaugura-uno-de-los-centros-de-proceso-de-datos-mas-avanzados-del-mundo/>
- Berral, I. (2020). *Instalación y Mantenimiento de Redes para transmisión de datos*. Madrid: Paraninfo.
- Cabrera, A. (2018). *Métodos de acceso al medio para lograr Calidad de Servicio en redes WIFI*. (tesis de pregrado). Universidad Central Marta Abreu de Las Villas, Santa Clara.
- Carballar, J. (2014). *WI-FI. Instalación, Seguridad y Aplicaciones*. Madrid: RA-MA.
- Cisco. (2021). *Cisco 5508 Wireless Controller*. California, EEUU: Cisco Systems, Inc. Obtenido de <https://www.cisco.com/c/en/us/support/wireless/5508-wireless-controller/model.html>
- Erazo, C., Arana, J., & Pérez, S. (2019). *Implantación de Calidad de Servicio QoS en Redes Inalámbricas Wi-Fi*. (tesis de pregrado). Instituto Politécnico Nacional, México.
- Filho, F. C., Motta, A. C., & Boca Piccolini, J. D. (Julio de 2014). *ITIL Information Technology Infrastructure Library*. Bogotá: RENATA.
- García, J., & Gavilanes, M. (2015). *Análisis y Propuesta de Implementación de las mejores prácticas de ITIL en el Departamento de Sistemas de la Universidad Politécnica*

- Salesiana sede Guayaquil*. (tesis de pregrado). Universidad Politécnica Salesiana, Guayaquil.
- Gfeller, F. R., & Bapst, U. (Noviembre de 1979). Wireless In-House Data Communication via Diffuse Infrared Radiation. *Actas IEEE*, 67(11), 1474-1486.
- Ibáñez, D. (2012). *Implantación de directrices ITIL en un Departamento de Soporte y Operaciones de una empresa*. (tesis de pregrado). Universidad Carlos III de Madrid, Leganés.
- Kolap, J., Krishnan, S., & Shaha, N. (Junio de 2012). Frame Aggregation Mechanism for High Throughput 802.11n WLANs. *International Journal of Wireless & Mobile Networks*, 4(3), 141-153.
- Labioud, H., Afifi, H., & De Santis, C. (2007). *Wi-Fi, Bluetooth, Zigbee and WiMax*. EE.UU.: Springer.
- López, I. (2018). *Evaluación del control interno en la dirección de desarrollo tecnológico e informático de la universidad técnica del norte aplicando las normas de control interno de la contraloría general del estado sección 410*. (tesis de pregrado). Universidad Técnica del Norte, Ibarra.
- López, J. (2007). *Redes Inalámbricas Wireless LAN*. (tesis de pregrado). Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Pachuca.
- Morón, J. (2020). *Implementación de un centro de operaciones de red para la empresa Redycom Solutions bajo el marco de trabajo ITILv4 en la ciudad de Lima - 2019*. (tesis de pregrado). Universidad Tecnológica del Perú, Lima.
- Murthy, C., & Manoj, B. (2008). *Ad Hoc Wireless Networks*. New York: Prentice Hall.
- Narváez, S. (2015). *Estudio de QoS basado en el estándar 802.11e y alternativas de seguridad para redes locales inalámbricas aplicado en la WLAN de la Universidad Politécnica*

- Estatad del Carchi*. (tesis de maestría). Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito.
- Orbe, A., & Pancho, W. (2016). *Análisis y Diseño de una WLAN 802.11*. (tesis de pregrado). Escuela Politécnica Nacional, Quito.
- Pahlavan, K. (Junio de 1985). Wireless communications for office information networks. *IEEE Communications Magazine*, 23(6), 19-27.
- Pascual, A. E. (Octubre de 2007). Estándares de Tecnología Inalámbrica. *Asociación Civil Nodo*, 2(12-34).
- Pellejero, I., Andreu, F., & Lesta, A. (2016). *Fundamentos y aplicaciones de seguridad*. Barcelona: España.
- Peralta, E. (2016). *Implementación de Políticas de Asignación de ancho de banda para la red de datos de la Universidad Técnica del Norte*. (tesis de pregrado). Universidad Técnica del Norte, Ibarra.
- Pérez, A. (2020). *La seguridad de las redes*. Londres: ISTE.
- Ramírez, P., & Donoso, F. (2016). *Metodología ITIL, Descripción, Funcionamiento y Aplicaciones*. (tesis de pregrado). Universidad de Chile, Santiago.
- Ruiz, O. (2017). *ITIL y el mejoramiento de la gestión de servicios*. (tesis de maestría). Universidad Andina Simón Bolívar, Quito.
- Sánchez, D. (2019). *Estudio comparativo de las métricas de Calidad de Servicio en los protocolos de encaminamiento reactivos DSR y AODV en redes MANET*. Loja, Ecuador.
- Shaw, K. (3 de Febrero de 2018). 802.11: estándares de Wi-Fi y velocidades. España: Network Wold. Obtenido de <https://www.networkworld.es/wifi/80211-estandares-de-wifi-y-velocidades>

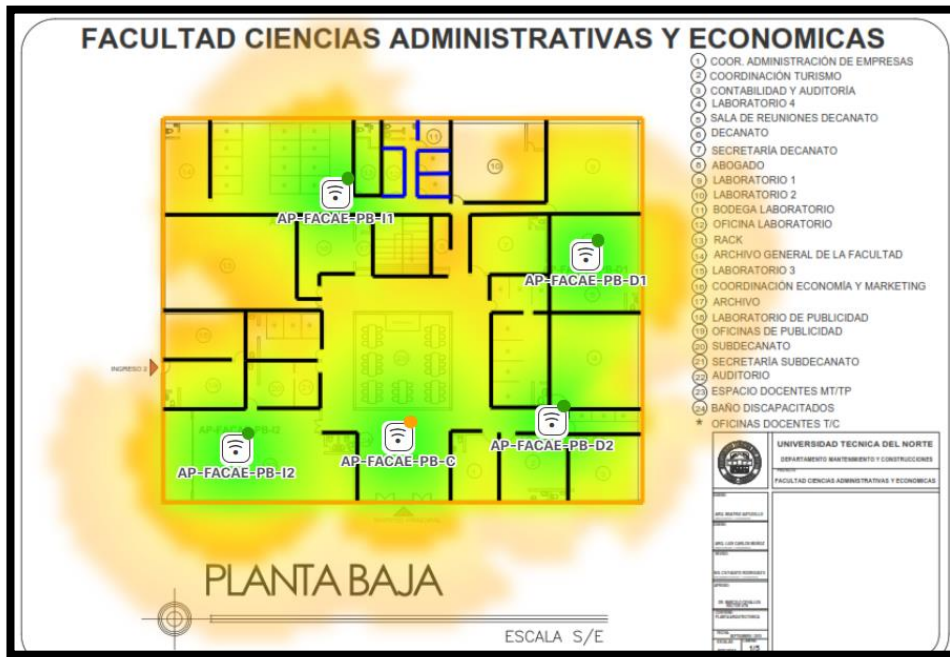
- Sory, K. (2012). *Detección de intrusos en la Capa de Enlace del Protocolo 802.11*. (maestría). Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría, La Habana.
- Stalings, W. (2004). *Comunicaciones y Redes de Computadores*. Madrid: Prentice Hall.
- Tanenbaum, A., & Wetherall, D. (2012). *Redes de Computadoras*. México: Pearson.
- Torres, A. (2010). *Análisis de la Calidad de Servicio en el Enrutamiento de las Redes Móviles Ad Hoc*. (tesis de pregrado). Universidad Técnica Particular de Loja, Loja.
- UIT. (2019). Obtenido de <https://www.itu.int/es/pages/default.aspx>
- UTN. (2021). *DDTI*. Ibarra, Ecuador: UTN. Obtenido de UTN: <http://www.utn.edu.ec/web/uniportal/>
- Valdivia, C. (2020). *Sistemas informáticos y redes locales*. Madrid: Paraninfo.
- Yurivilca, E. (2019). *Mejora de la gestión de incidentes en el sistema de gestión de flotas vehiculares mediante ITIL en la Empresa Mine Sense Solutions – Sociedad Minera El Brocal – Pasco, 2019*. (tesis de pregrado). Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo.

ANEXOS

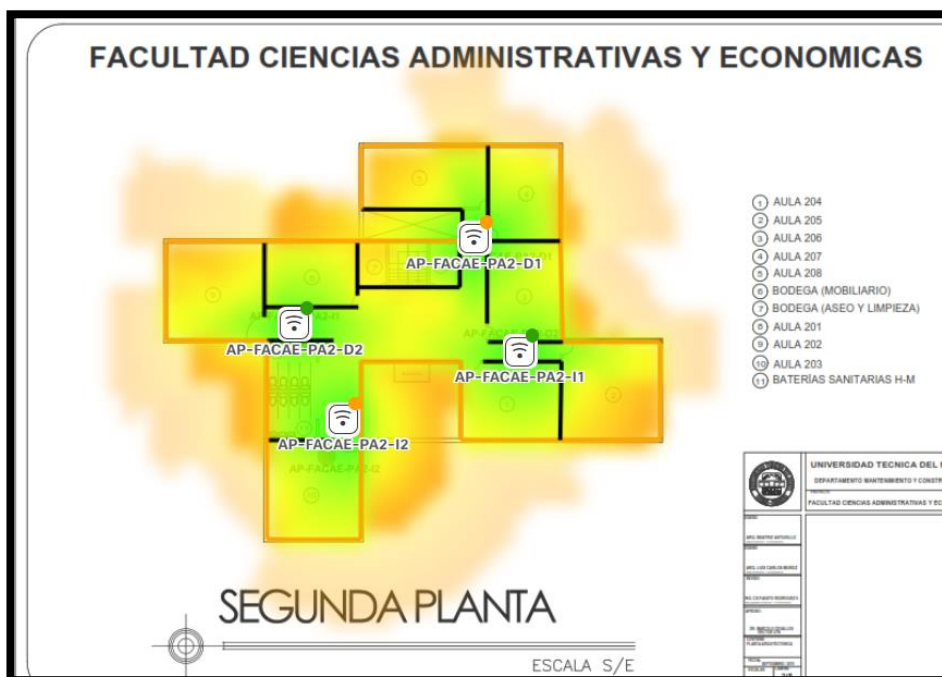
MAPAS DE CALOR DE LAS DEPENDENCIAS UNIVERSITARIAS

Los mapas de calor permiten ver el alcance de la señal y la cobertura que alcanza la WLAN EDUROAM.

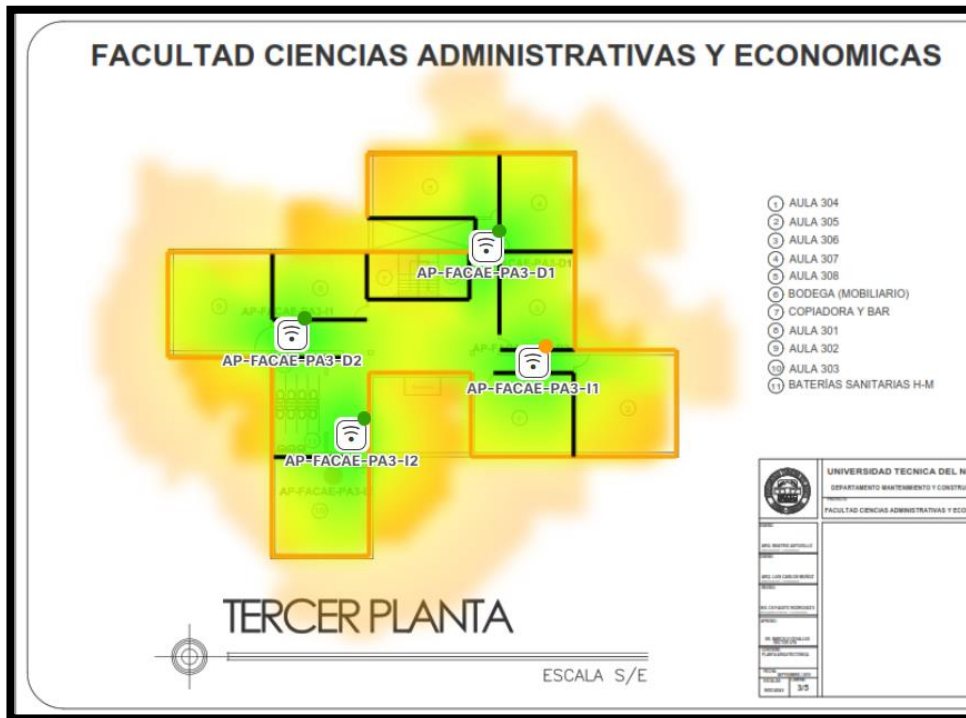
FACAE PLANTA BAJA



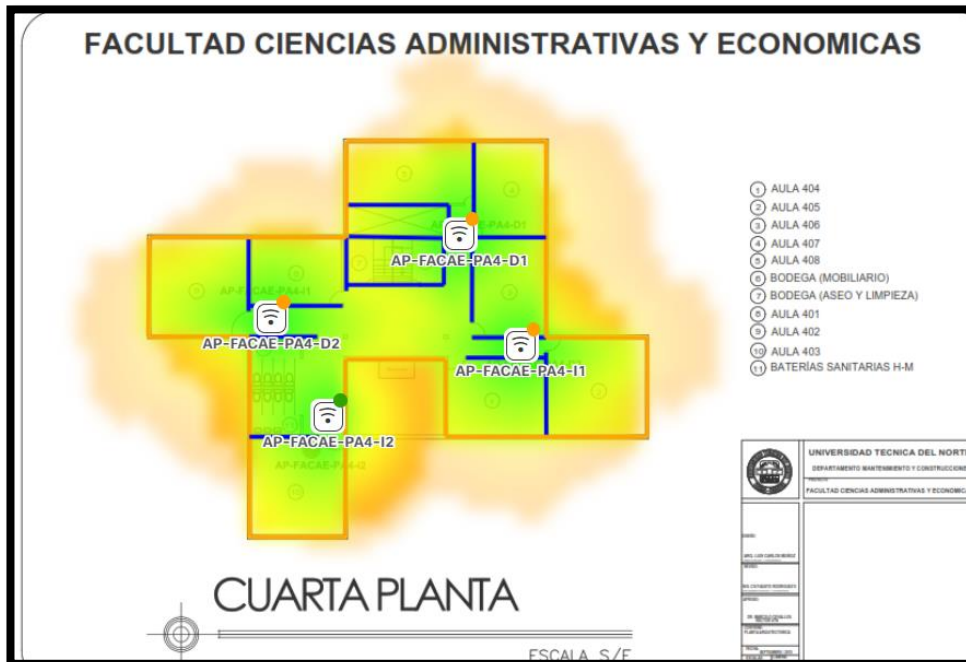
FACAE SEGUNDA PLANTA



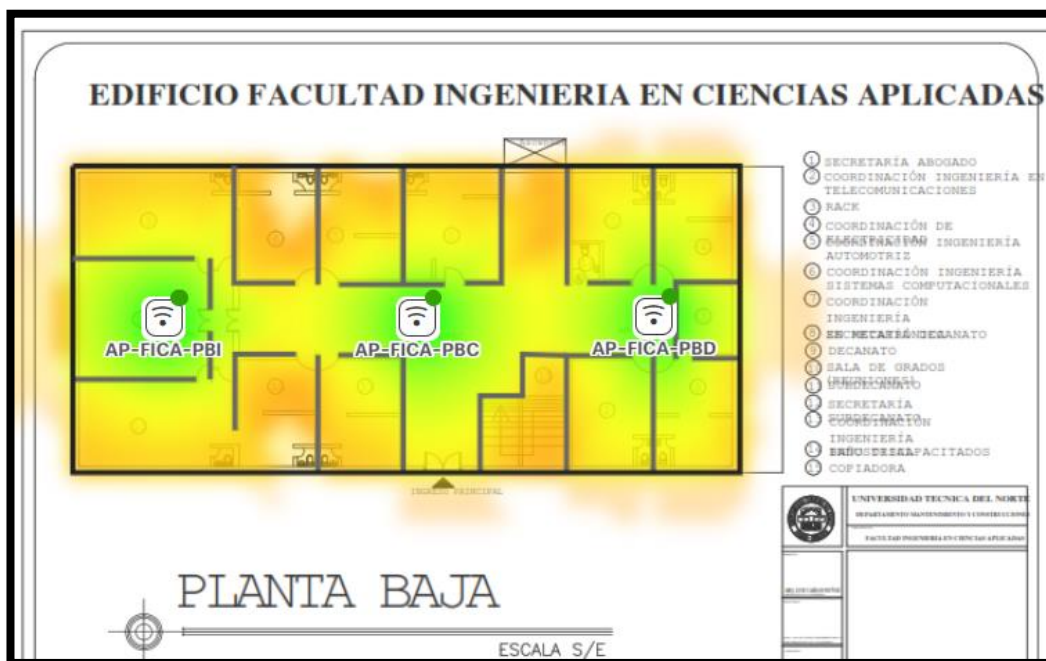
FACAE TERCERA PLANTA



FACAE CUARTA PLANTA



FICA PLANTA BAJA



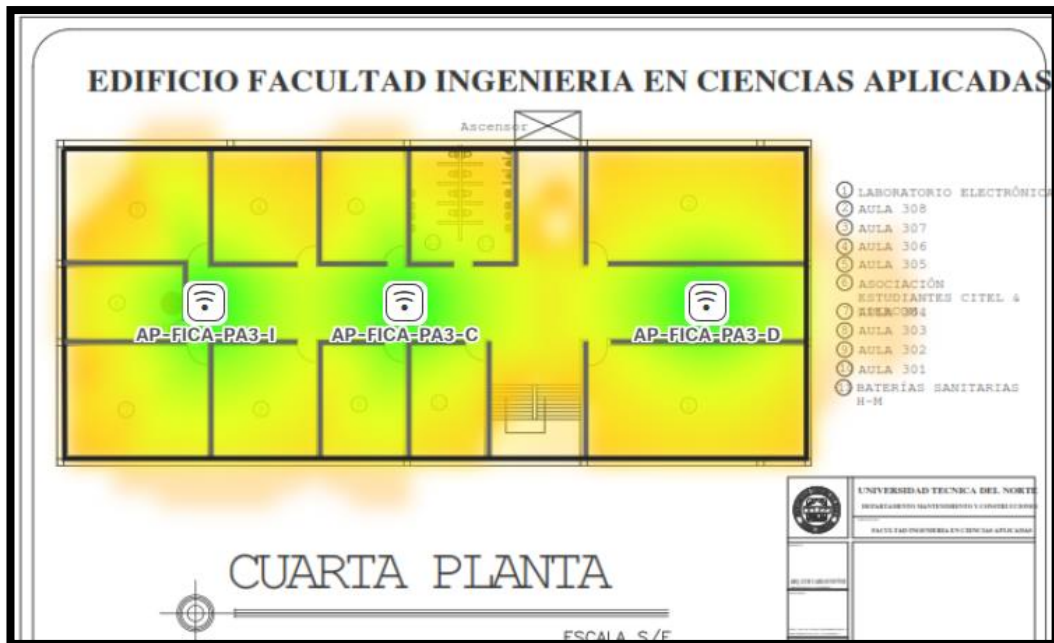
FICA SEGUNDA PLANTA



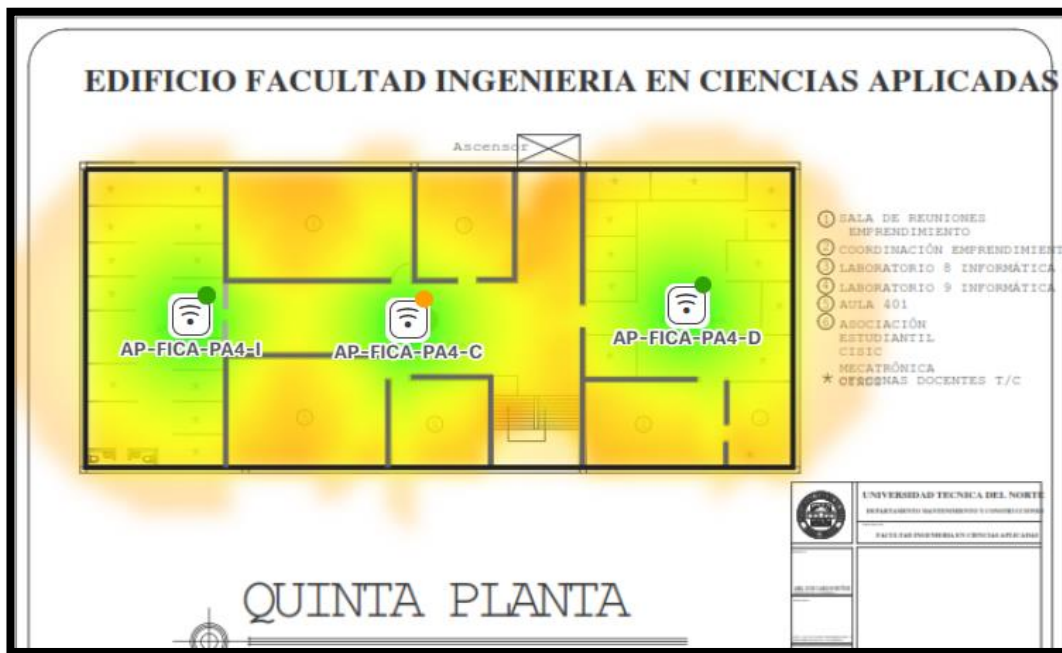
FICA TERCERA PLANTA



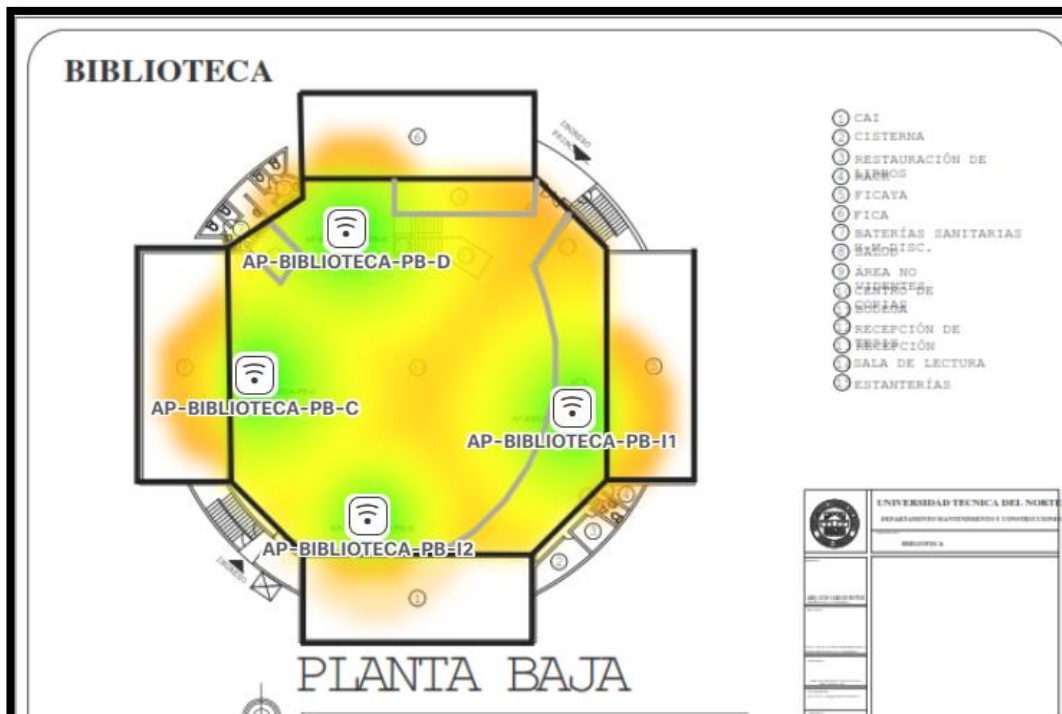
FICA CUARTA PLANTA



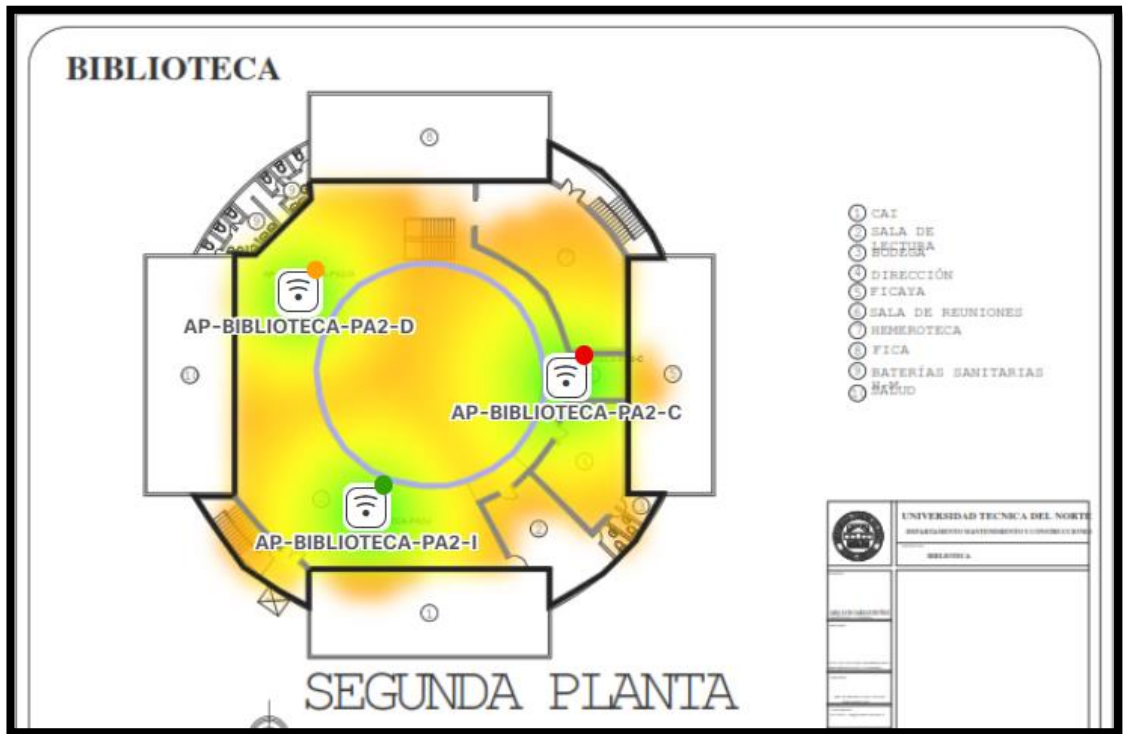
FICA QUINTA PLANTA



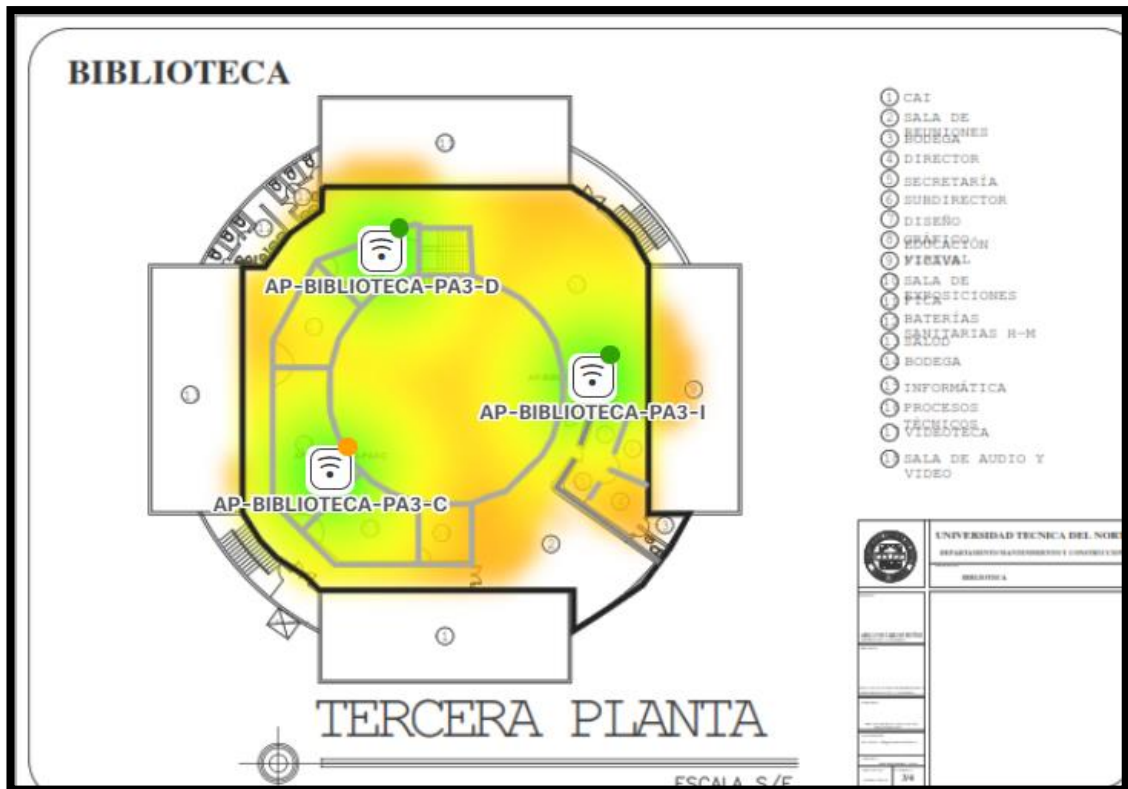
BIBLIOTECA PLANTA BAJA



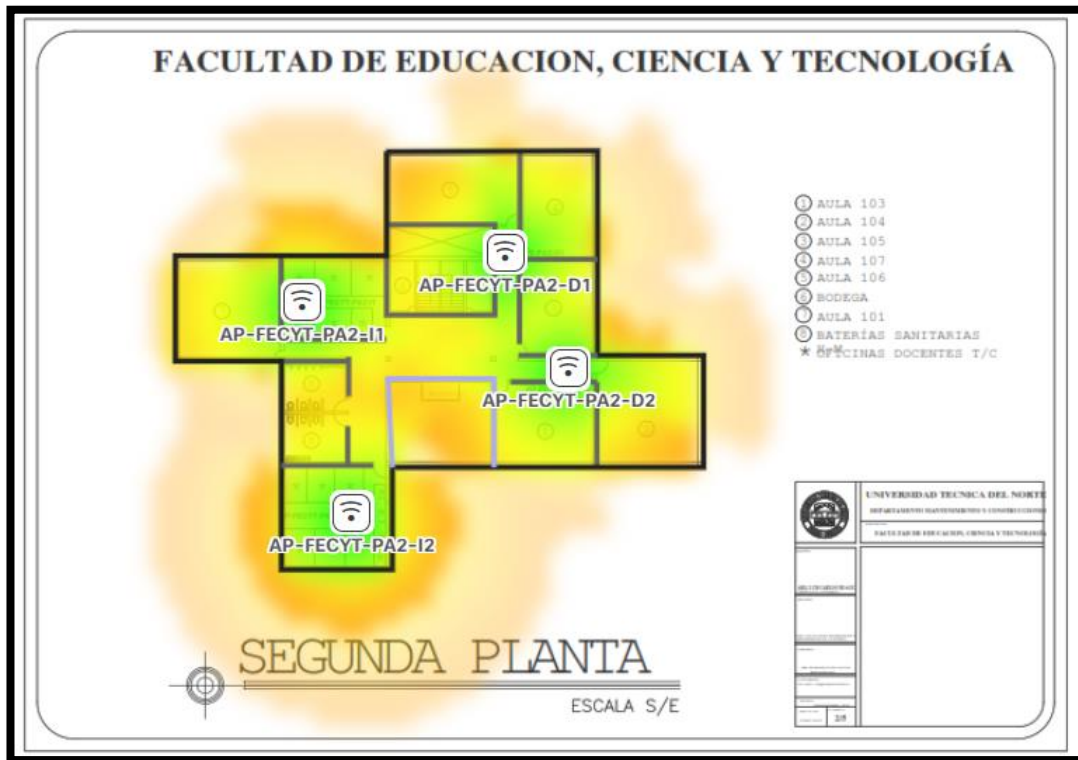
BIBLIOTECA SEGUNDA PLANTA



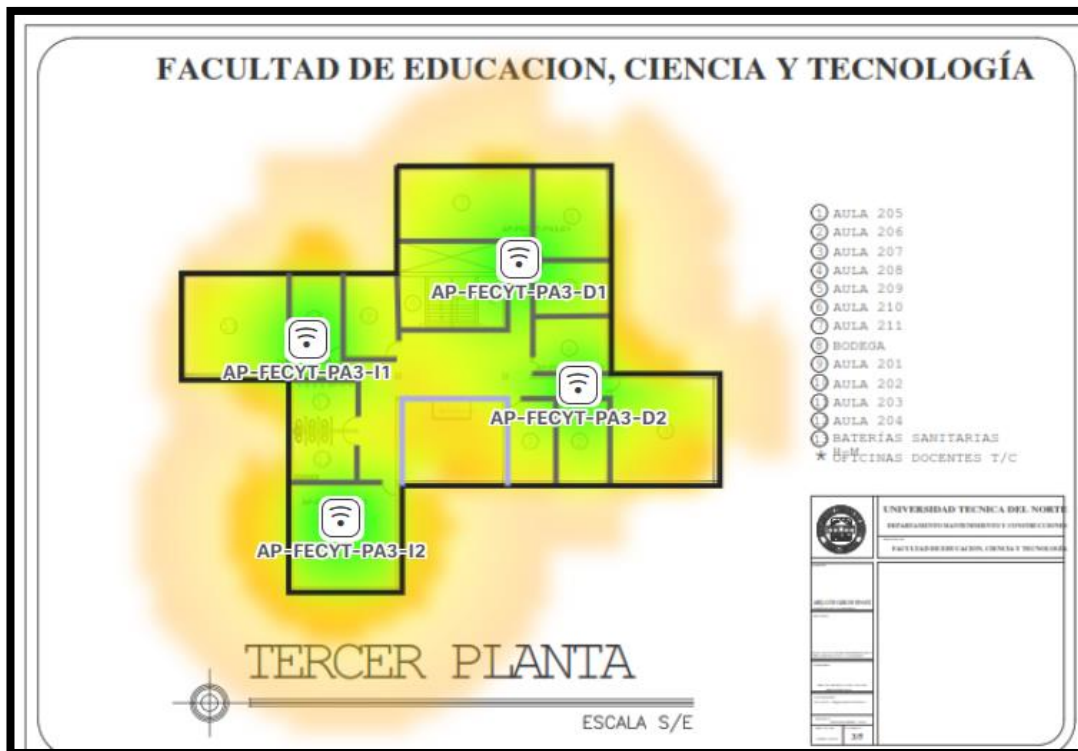
BIBLIOTECA TERCERA PLANTA



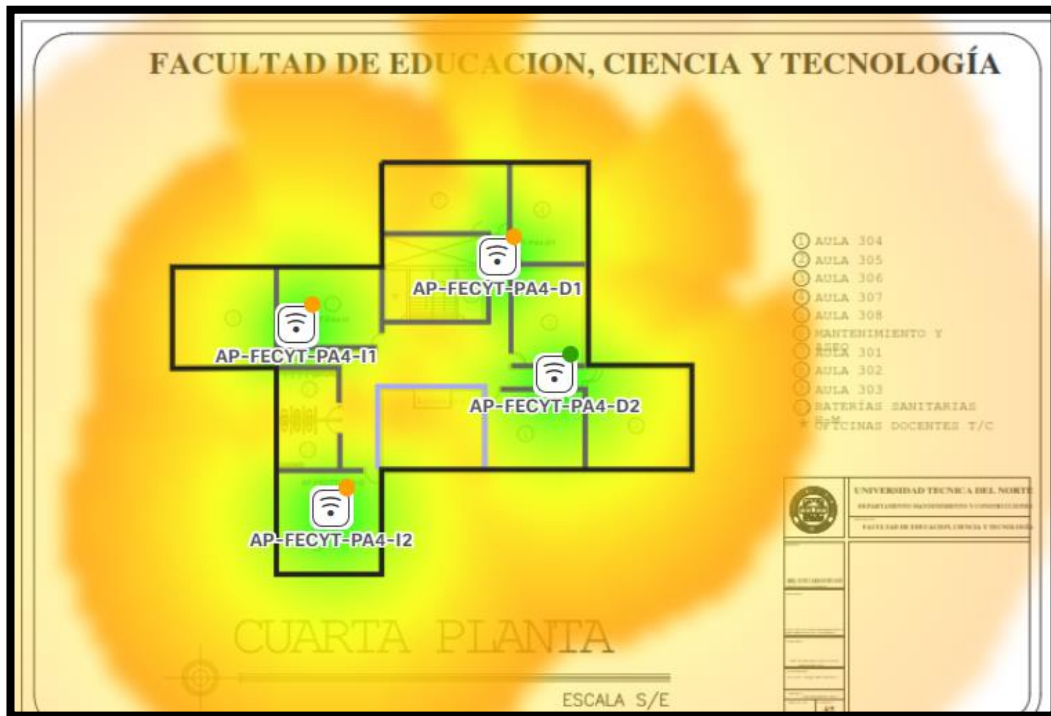
FECYT SEGUNDA PLANTA



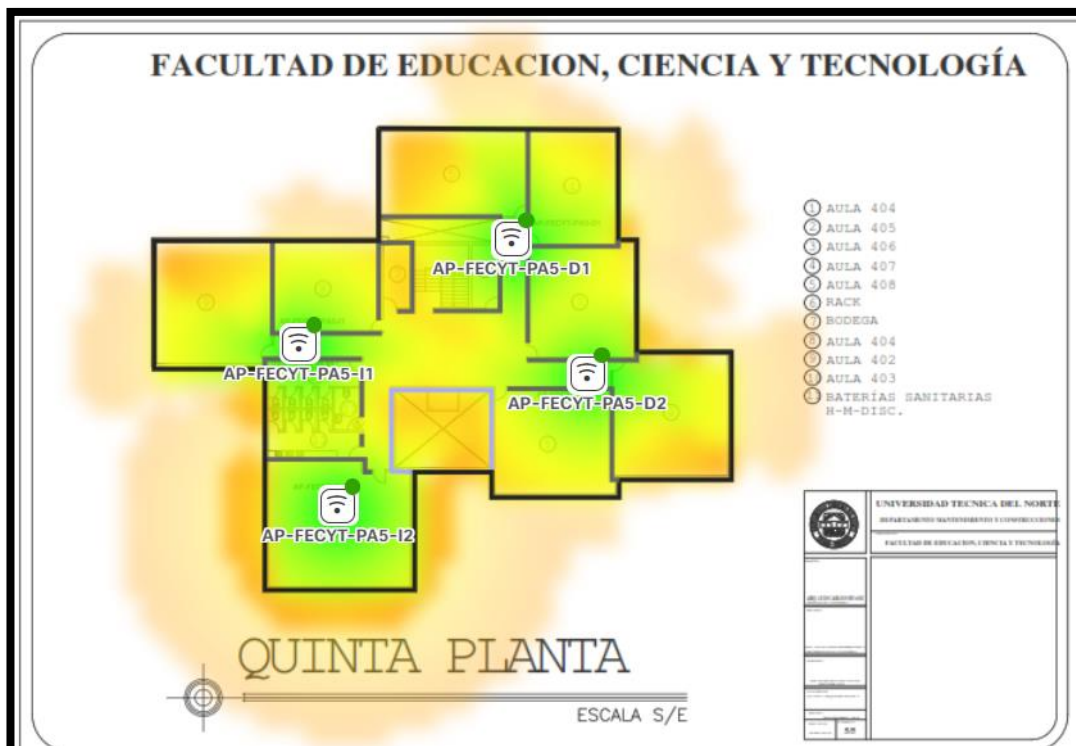
FECYT TERCERA PLANTA



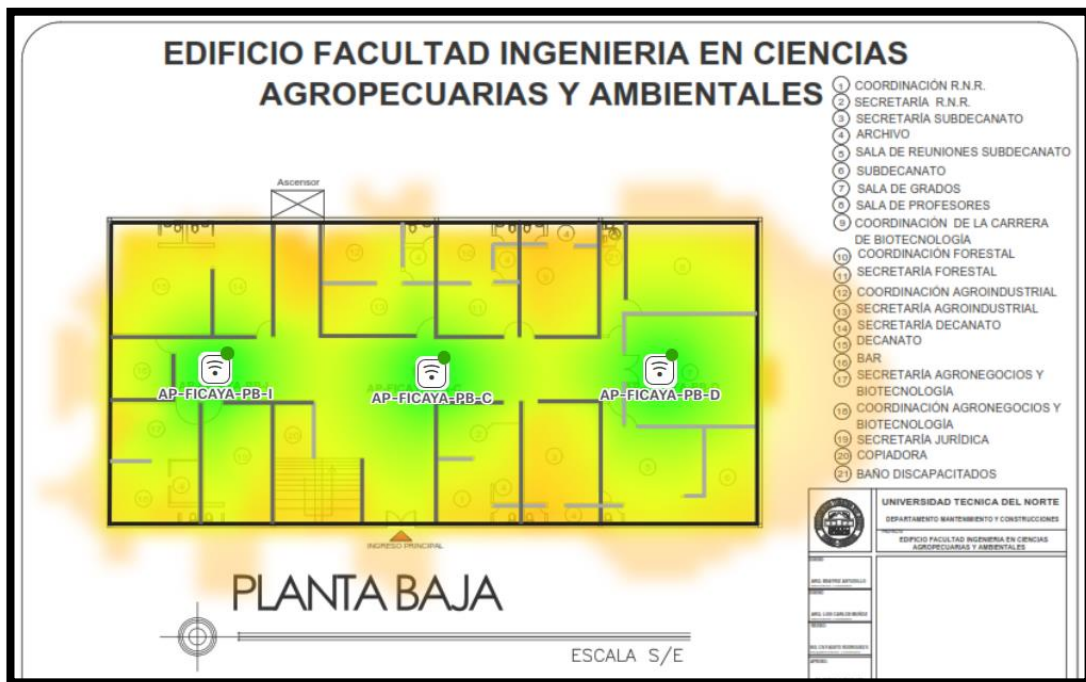
FECYT CUARTA PLANTA



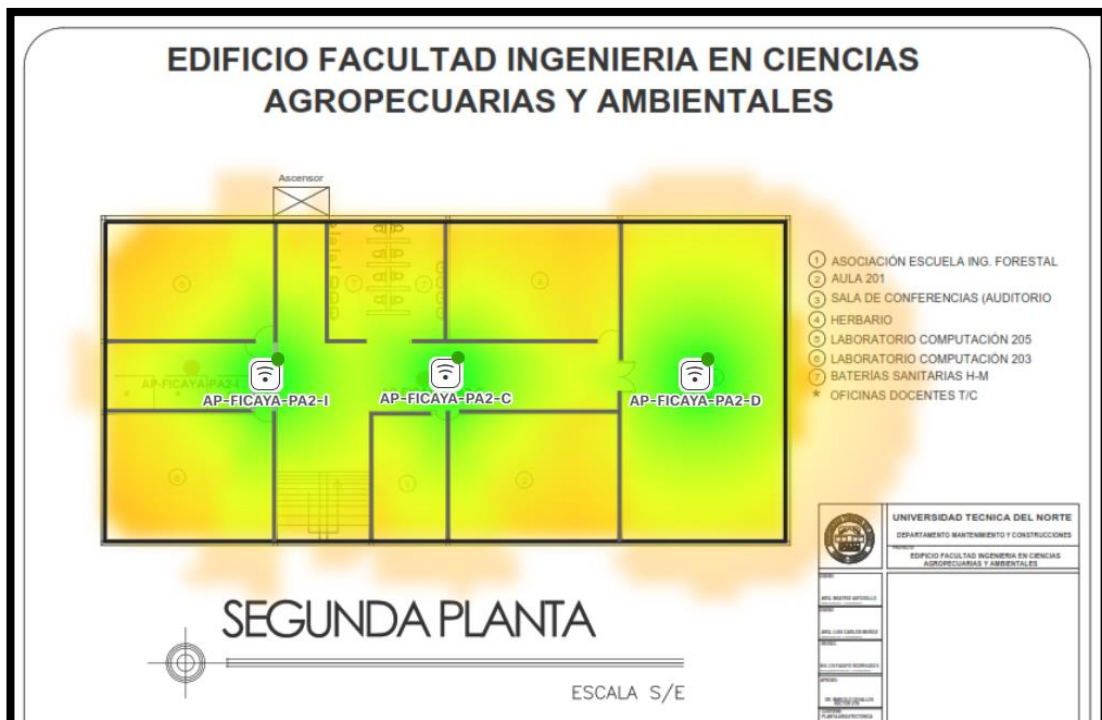
FECYT QUINTA PLANTA



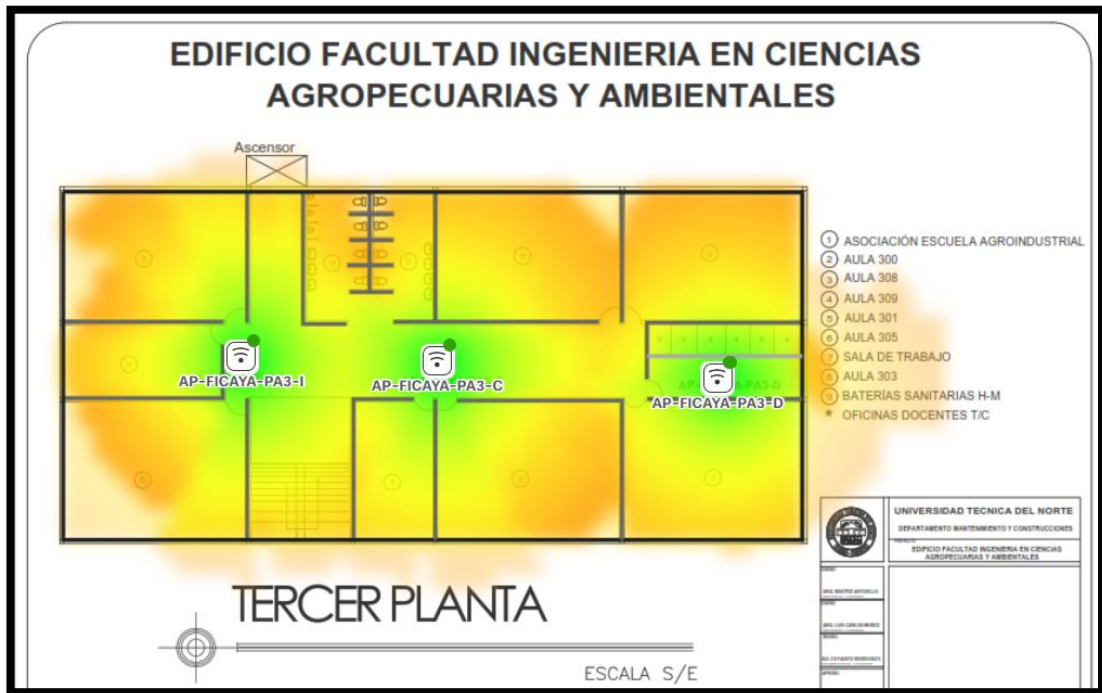
FICAYA PLANTA BAJA



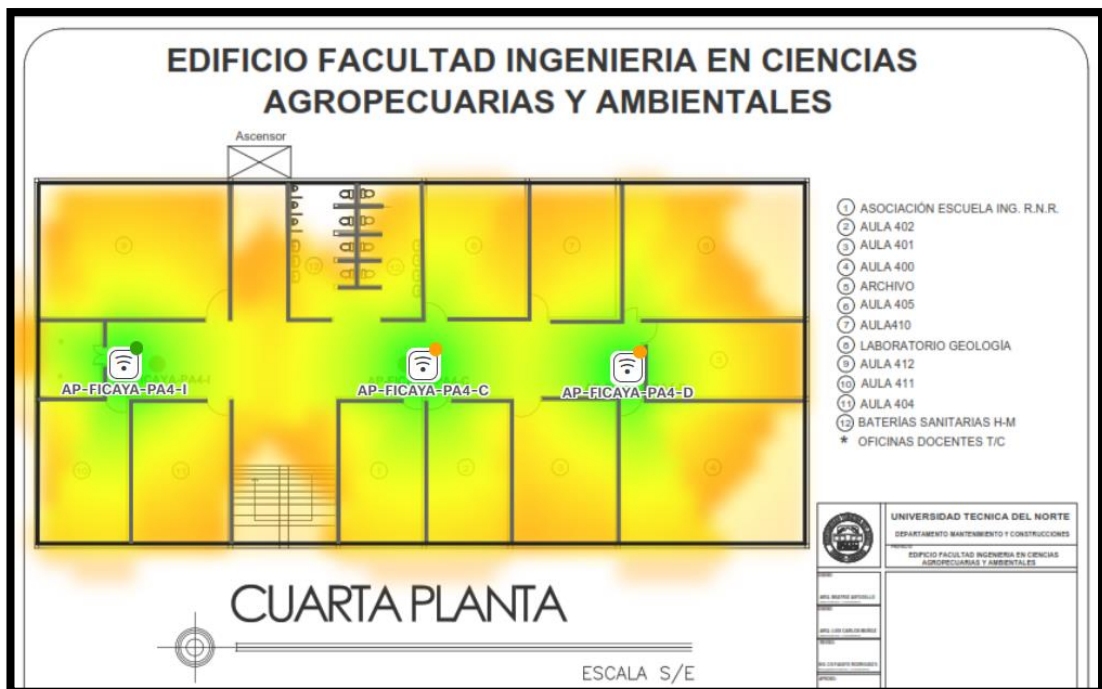
FICAYA SEGUNDA PLANTA



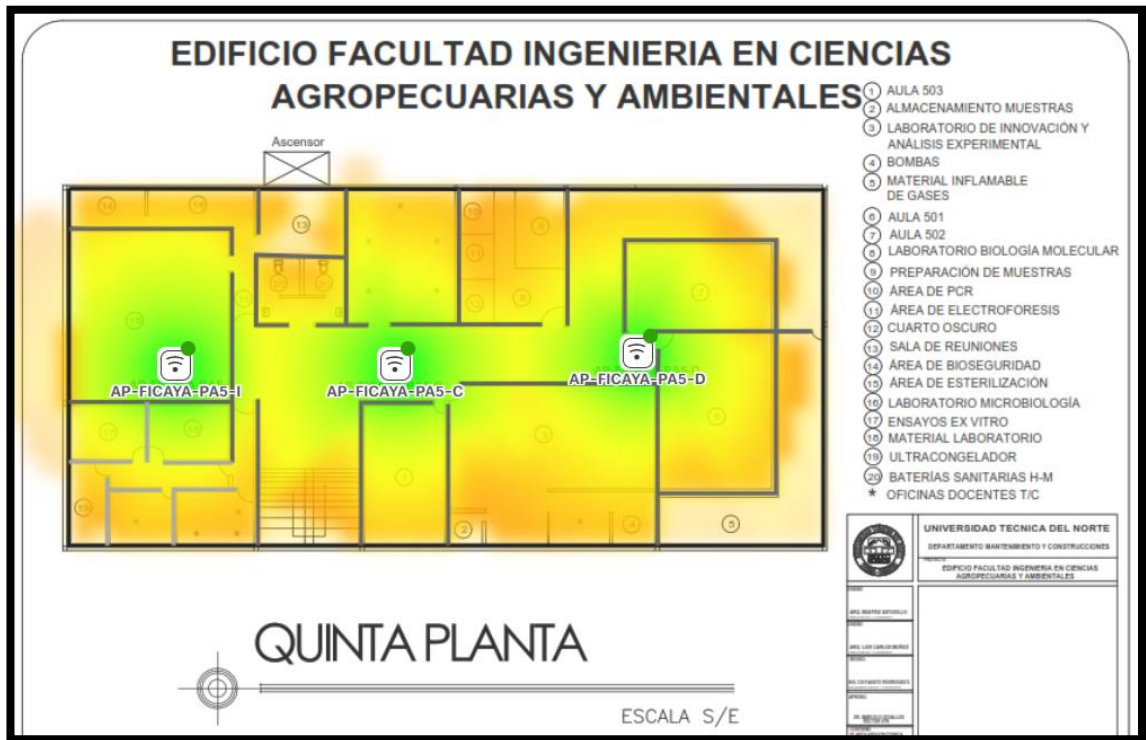
FICAYA TERCERA PLANTA



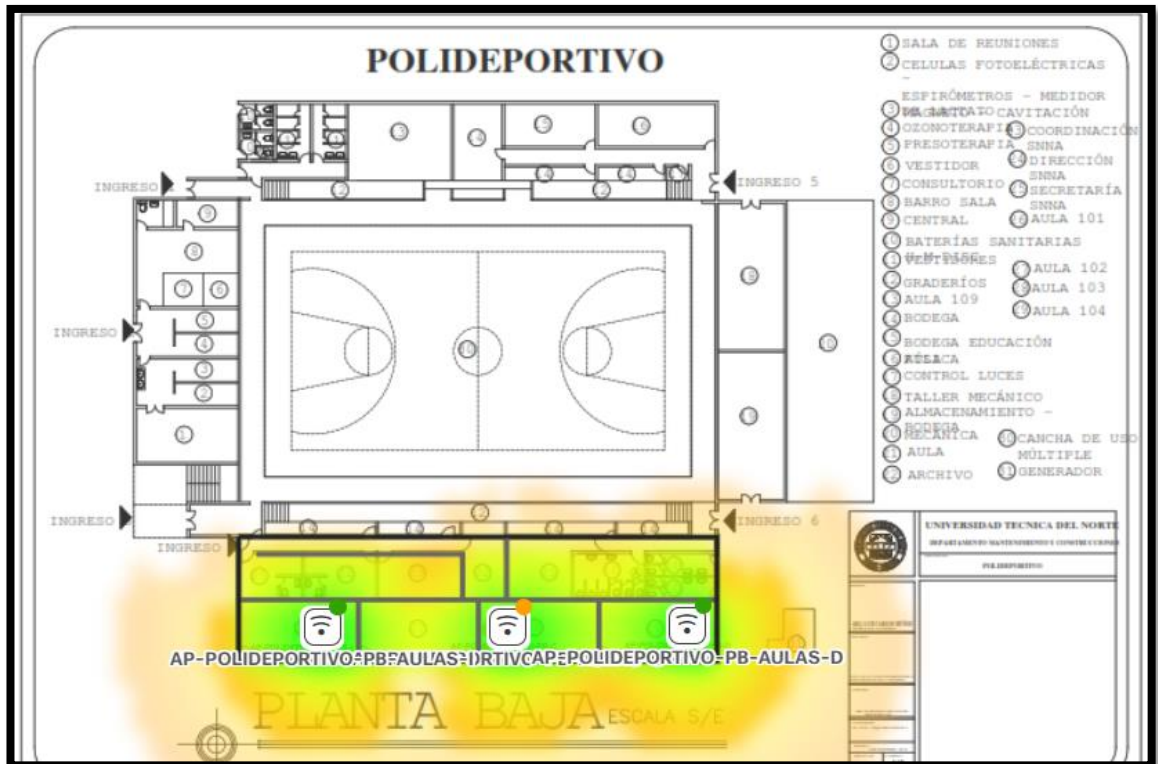
FICAYA CUARTA PLANTA



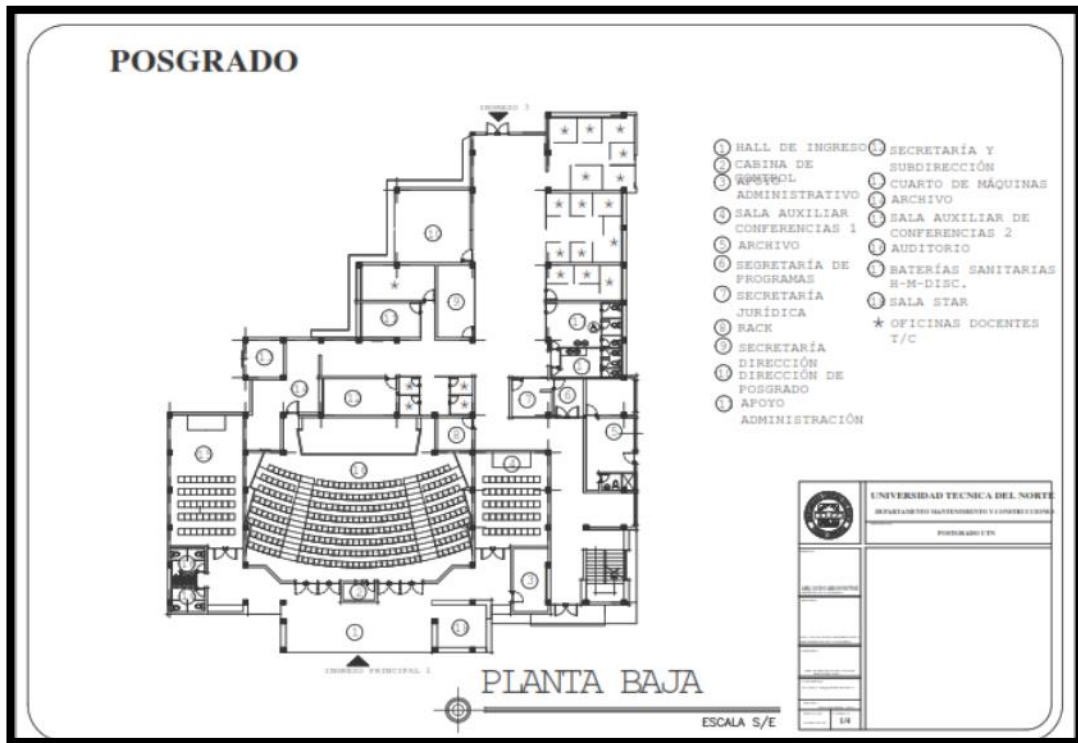
FICAYA QUINTA PLANTA



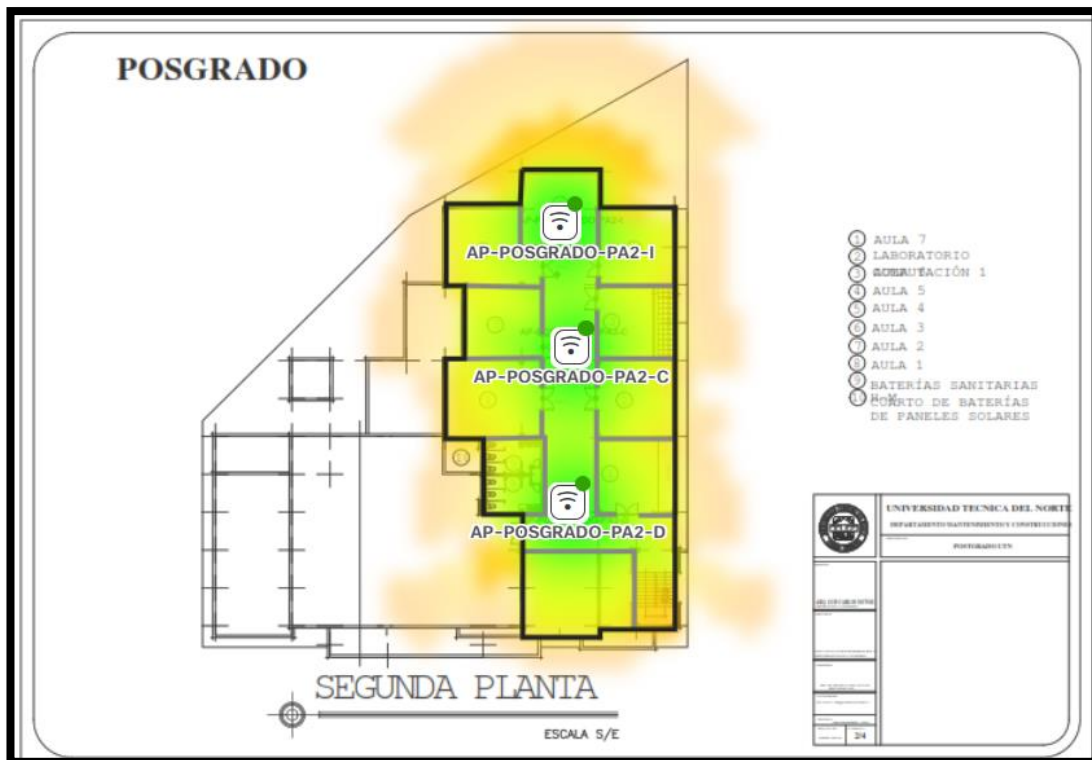
POLIDEPORTIVO



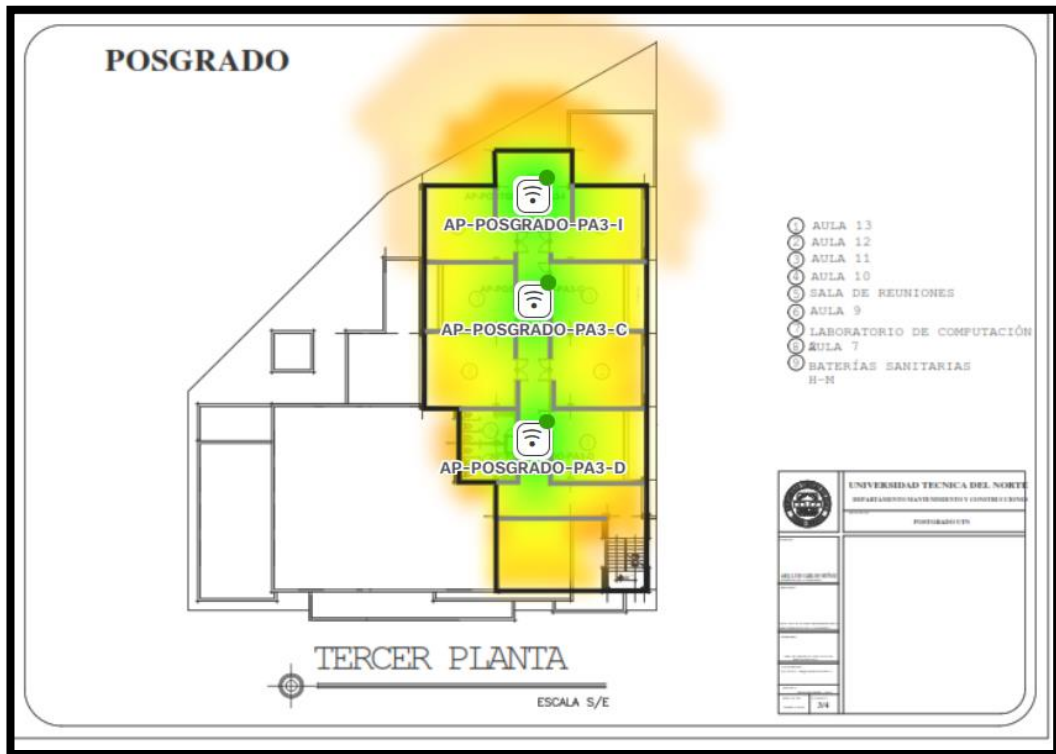
POSTGRADO PLANTA BAJA



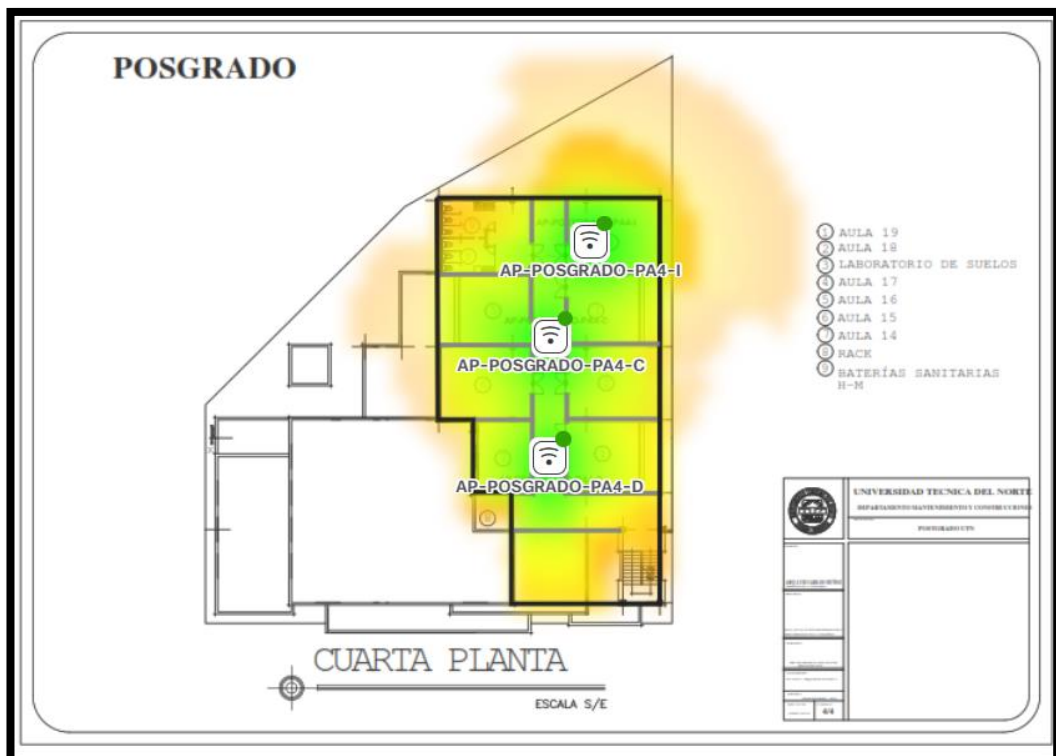
POSTGRADO SEGUNDA PLANTA



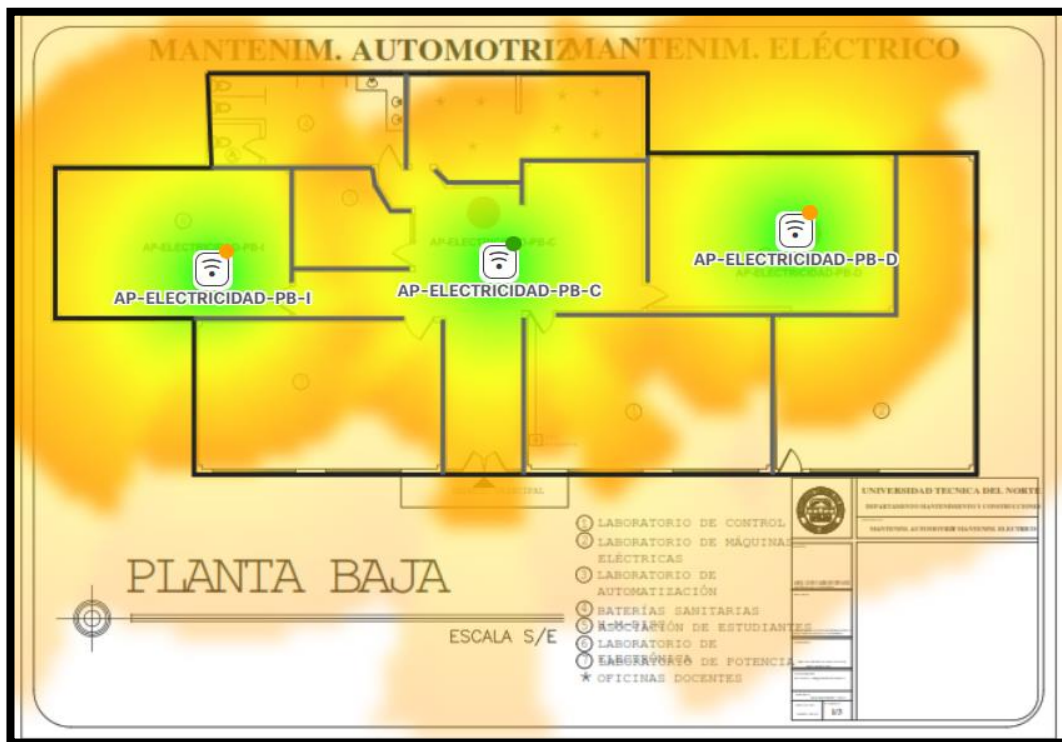
POSTGRADO TERCERA PLANTA



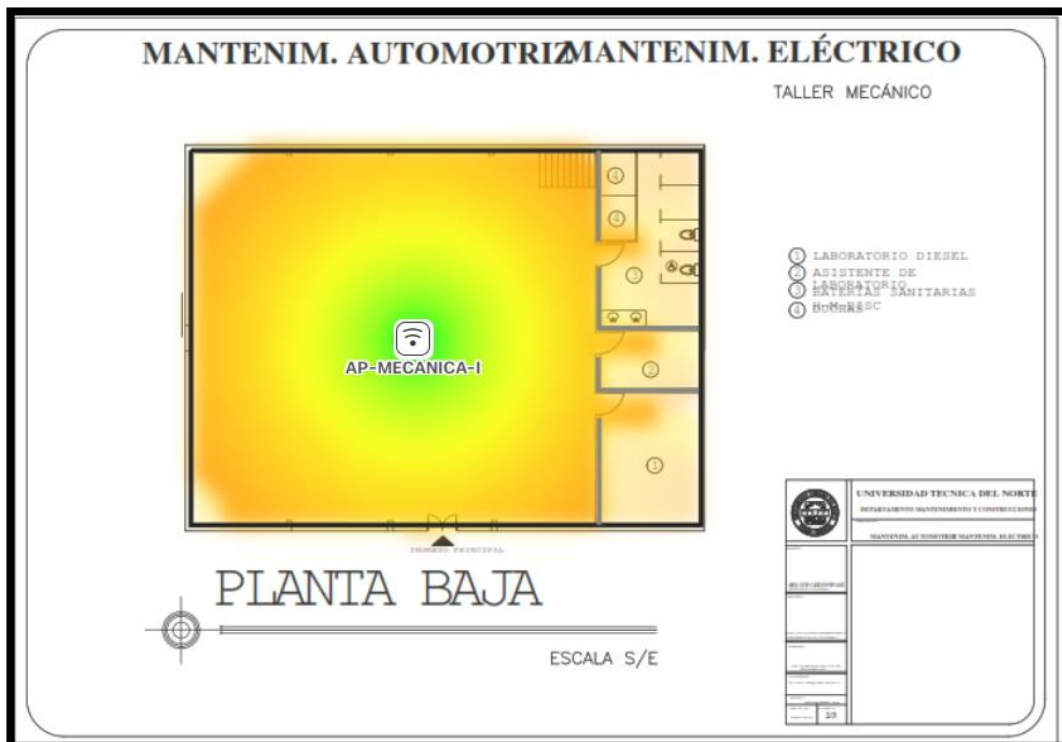
POSTGRADO CUARTA PLANTA



MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ



MANTENIMIENTO ELÉCTRICO PLANTA BAJA



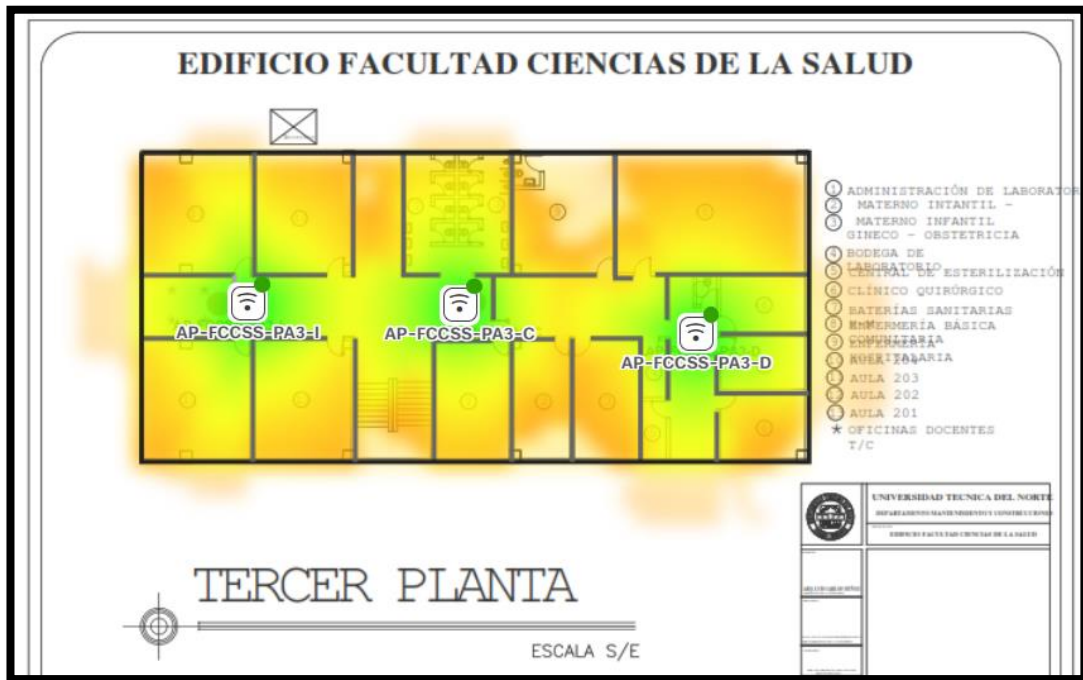
FCCSS PLANTA BAJA



FCCSS SEGUNDA PLANTA



FCCSS TERCERA PLANTA



FCCSS CUARTA PLANTA



FCCSS QUINTA PLANTA

