

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO**

**CARRERA:
INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de:
INGENIERO ELECTRÓNICO**

**TEMA:
ANÁLISIS COMPARATIVO DE CALIDAD DE SERVICIO EN LA RED
INALÁMBRICA DE LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
CAMPUS SUR**

**AUTORES:
JUAN STALIN CHILQUINGA PILATUÑA
MARCO DAVID RAMOS CHICAIZA**

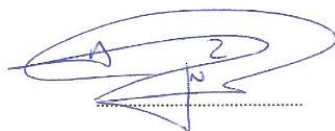
**TUTOR:
MANUEL RAFAEL JAYA DUCHE**

Quito, marzo 2021

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Nosotros Juan Stalin Chilibingua Pilatuña, Marco David Ramos Chicaiza, con documento de identificación N° 1718717729 y N° 1721301255, manifestamos nuestra voluntad y cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy/somos autor/es del trabajo de grado/titulación intitulado: ANÁLISIS COMPARATIVO DE CALIDAD DE SERVICIO EN LA RED INALÁMBRICA DE LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA CAMPUS SUR, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de: INGENIERO ELECTRÓNICO, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en nuestra condición de autores nos reservamos los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribimos este documento en el momento que hacemos entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.



.....
Juan Stalin Chilibingua Pilatuña
1718717729



.....
Marco David Ramos Chicaiza
1721301255

Quito, marzo 2021

DECLARATORIA DE COAUTORÍA DEL DOCENTE TUTOR

Yo declaro que bajo mi dirección y asesoría fue desarrollado el trabajo de titulación ANÁLISIS COMPARATIVO DE CALIDAD DE SERVICIO EN LA RED INALÁMBRICA DE LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA CAMPUS SUR realizado por Juan Stalin Chilibingua Pilatuña y Marco David Ramos Chicaiza obteniendo un producto que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana para ser considerados como trabajo final de titulación.

Quito, marzo 2021



Manuel Rafael Jaya Duche

C.I: 1710631035

ANÁLISIS COMPARATIVO DE CALIDAD DE SERVICIO EN LA RED INALÁMBRICA DE LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA CAMPUS SUR

Juan Chiliquinga-Pilatuña, Marco Ramos-Chicaiza, Rafael Jaya

jchiliquinga @est.ups.edu.ec, mramos@est.ups.edu.ec, mjaya@ups.edu.ec

Resumen-El presente documento tiene como objetivo analizar dos estándares IEEE implementados en la universidad Politécnica Salesiana Sede Quito, Campus Sur, así como su incidencia en la calidad de servicio (QoS) hacia el usuario final, el estudio se enfoca en un análisis comparativo entre el estándar IEEE 802.11n actualmente implementado en el Campus, y el estándar IEEE 802.11ac que ofrece un mayor ancho de banda y alcance desde el punto de vista teórico, para ello se desarrolló un ambiente simulado con condiciones reales presentado en OMNET++ 5.6. En base al estudio se concluye que, el estándar IEEE 802.11ac es la opción adecuada para ser utilizada en la institución, la cual presenta las siguientes ventajas, tiene menores pérdidas de paquetes, con un 95% de paquetes entregados correctamente, un 19.28% más en entrega de paquetes en transmisión efectiva y una latencia de 2 ms menor con respecto al estándar IEEE802.11n, al mismo tiempo la fluctuación de retardo sufre un aumento en un 61%.

Abstract-This document aims to analyze two IEEE standards implemented at the Salesian Polytechnic University, as well as its impact on the quality of service (QoS) to the end user, the study focuses on a comparative analysis between the IEEE 802.11n standard currently implemented in the vicinity of the institution, and the IEEE 802.11ac standard that offers a higher bandwidth and range from the theoretical point of view, a simulated environment was developed with real conditions presented in OMNET++ 5.6. Based on the study, it is concluded that the IEEE 802.11ac standard is the appropriate option to be used in the institution, which has the following advantages, it has lower packet losses, with 95% of packets delivered correctly, 19.28% more packet delivery in effective transmission and a latency of 2 ms less than the IEEE802.11n standard, at the same time the delay fluctuation suffers an increase of 61%.

Palabras Clave: IEEE802.11n, IEEE802.11ac, QoS.

Keywords: IEEE802.11n, IEEE802.11ac, QoS.

I. INTRODUCCIÓN

La pérdida de paquetes producida en la red UPS_ESTUDIANTES de la Universidad Politécnica Salesiana, Campus Sur, es uno de los problemas más recurrentes presentes en el presente análisis [5], esto se debe a diferentes factores relacionados con la infraestructura interna y las características de las antenas, para el análisis de estas pérdidas se tomaron en cuenta el espacio físico y el cambio de ambiente.

El vertiginoso desarrollo tecnológico que existe en la actualidad se debe a que vivimos en la denominada “era de la información”, por lo tanto, así como existe una inmensa cantidad de datos, también, se debe garantizar la transmisión de forma real, fidedigna y segura con técnicas y métodos de codificación que aceleren los procesos de transmisión y recepción, por este motivo se han creado varias tecnologías, entre ellas el estándar IEEE 802.11ac, el cual es el sucesor del IEEE 802.11n [1].

Es así como se presenta el antiguo estándar implementado conocido como IEEE 802.11n que según [2] opera en las bandas de 2.4 y 5 GHz, este estándar incorpora un ancho de banda de los canales de 40MHz, la tecnología Multiple-input Multiple-output (MIMO), además de otras mejoras a nivel físico y Medium Access Control (MAC).

El estándar IEEE 802.11ac ofrece un mayor ancho de banda y alcance, permitiendo velocidades para múltiples estaciones Wireless Local Area Network (WLAN) que pueden situarse por encima de 1 Gbps (hasta 1.3 Gbps), y enlaces únicos de al menos 450 MHz, siendo compatible con el estándar IEEE 802.11a y 802.11n, la distancia máxima alcanza los 100 metros [3].

Tomando en cuenta los parámetros antes mencionados, se puede decir que, experimentalmente el estándar 802.11ac puede realizar tasas de transmisión altas de hasta 450 Mbps, tales como video llamada, televisión, voz IP, entre otras sin tener altos niveles de pérdidas de paquetes o tramas. Este comportamiento se puede observar al compararla en transmisiones realizadas por alambre de cobre y en fibra óptica.

Basados en el estudio de [7], respecto al estado del arte de la tecnología IEEE 802.11n utilizando diversos softwares de monitoreo se obtiene que en un escenario ideal el estándar IEEE802.11n no alcanza su tasa de transmisión máxima con los siguientes resultados de velocidad de transmisión en subida de 66.80Mbps, 48.38Mbps en bajada y, al mismo tiempo que presenta una latencia alta de 173 ms cercano a la media registrada para el País que es de 177ms [6].

Basados en la estructura de red de la institución la cual presenta un modelo Diffsev de calidad de servicio, las pruebas y análisis se realizan en base a escenarios como:

Un escenario con condiciones reales de trabajo que presenta el ancho de banda medido en bps [3], que integra la capacidad de envío de paquetes a través de los canales entregados por la Universidad Politécnica Salesiana (300Mbps), en los cuales se ha dispuesto una atenuación de 3db con relación a la entregada por el Proveedor de servicios de internet (ISP) [4], el ISP entrega 20 Mbps simétricos con partición 2:1, una transmisión inalámbrica de 2.4Ghz y con tecnología IEEE 802.11n. de esta manera se tiene una tasa de transferencia en subida de 21.76Mbps, 17.97Mbps en bajada y 164ms de latencia, priorizando las transmisiones en tiempo real y llamadas de voz, exclusivamente para uso

institucional. Para lo cual se creará el diseño y simulación de un ambiente, en el cual los estándares IEEE802.11n y 80211ac reflejen los parámetros calidad de servicio.

En el análisis entre estándares se toma en cuenta las variaciones que existen entre los servicios que entrega el servidor a través de un AP, estos servicios son: FTP, www, voz y video, con sus respectivos puertos (21,80,4000,5000).

II. MATERIALES

II.1. Materiales

Software

- OMNET++ 5.6
- software Packet Tracer V 7.0

Hardware

- Switches cisco catalyst 9600
- Controladora cisco catalyst 9800
- Punto de acceso cisco catalyst 913

III. MÉTODOS

III.1. Diseño de una red inalámbrica que soporte el estándar IEEE 802.11ac.

III.1.1. Situación actual de la red

La red actual se encuentra ubicada en los predios de la institución entre las calles Av. Rumichaca Ñan y Av. Moran Valverde, Quito. Campus Sur, bloque A, piso 1. La actual distribución de AP's, no aprovecha a su totalidad el potencial de la tecnología IEEE802.11ac. Las pruebas de velocidad de transmisión realizadas a la red actual se encuentran en el anexo 1.

III.1.2. Dimensionamiento de usuarios

El dimensionar la red es una parte fundamental ya que de esta manera se evita que la misma no tenga la capacidad de soportar la demanda actual, y a largo plazo evitará la saturación de red. Se debe tomar en cuenta que el número de usuarios es considerado un factor dinámico variable en el tiempo, esto se debe a la naturaleza a las actividades desarrolladas en la institución.

Debido a la situación actual el método habitual para recabar la información necesaria será modificado con valores determinados por el número de alumnos 40-45 por aula y sus dispositivos móviles 3 en promedio, tomando en cuenta una tasa de crecimiento de 12.5% en 4 años generada por la ecuación (1).

$$\text{Tasa de crecimiento} = \frac{\text{PFP} - \text{PIP}}{\text{PIP}} \times 10 \quad (1)$$

Donde:

PFP= población fin de periodo 45 alumnos

PIP=población inicio de periodo 40 alumnos

Tabla 1: Dispositivos conectados totales y proyección.

	Actual	Proyectado
Alumnos	40	45
Dispositivos	3	4
Aulas	11	11
Total	1320	1980

En base al análisis de crecimiento estudiantil se realiza el cálculo de la demanda de dispositivos que se conectaran a la red, como se observa en la tabla 1.

III.1.3. Dimensionamiento de capacidad requerida y uso simultaneo de red

Este análisis permitirá estimar el porcentaje de utilización de la red, los servicios que presentan mayor demanda de recursos de ancho de banda son: Web, correo, video llamada, video streaming, voz IP, redes sociales, mensajería instantánea.

Según [9], la capacidad de red total requerida por usuario de manera constante en horas pico, será aproximadamente de 2Mbps, pero se debe considerar el crecimiento de tráfico a nivel inalámbrico equivalente al 63%, de esta manera se establecerá el ancho de banda por cada usuario como la suma de: 2Mbps + 1.25Mbps + 0.25Mbps⁷² = 3.5Mbps, para asegurar el acceso correcto a las aplicaciones, esto se lo puede observar en la tabla 2.

Tabla 2: Capacidad total requerida por usuario en la hora de mayor demanda.

Aplicaciones	Capacidad requerida (Kbps)
Navegación web	256,075
Correo	111,11
Redes sociales	333,33
Video	706,2
Video streaming	373,34
Voz Sobre IP	187,2
Mensajería	1,36
Total (Kbps)	1968,615

III.1.4. Cálculo de la cantidad de puntos de acceso

Basados en los datos obtenidos en los puntos 1.2.2.1 y 1.2.2.2, se determina el número de puntos de acceso necesarios para el número total de usuarios y dispositivos de la red.

$$AP = \frac{V_{tx} \text{ de usuario} * \# \text{ de dispositivos} * \% \text{ utilización}}{\text{velocidad total estimada}} \quad (2)$$

Donde:

Velocidad de usuario: 3.5 Mbps valor estimado

usuarios por día: 1980 estimado

%utilización: 50% estimado

Velocidad total estimada: 289 Mbps velocidad promedio para el estándar IEEE802.11ac

En base a la ecuación (2) la cantidad necesaria de puntos de acceso será de 11. Esto sin considerar los usuarios que se encuentren dispersos por el área de cobertura ya que se trata de una ecuación general.

III.1.5. Modelo de propagación

Basados en el estudio de [10]. El modelo utilizado en la red inalámbrica será el modelo Linear Path attenuation definida por la ecuación (3), el mismo que comprende un transmisor y un receptor que se encuentran en un mismo piso, considera pérdidas a nivel físico y estructurales en el ambiente, para este caso será de 8 dB para el coeficiente de atenuación, ya que se tratan de paredes de bloque.

$$PL(d) = PL_{fs} + a * d \quad (3)$$

Donde:

PL_{fs}: pérdidas en espacio libre

a: coeficiente lineal de atenuación.

d: es la distancia entre el transmisor y receptor

Para encontrar las pérdidas de espacio libre se utilizará la ecuación (4).

$$P_{LFS}(d) = 32.45 + 20 \log(d(\text{Km})) + 20 \log(f(\text{Mhz})) \quad (4)$$

Donde:

Constante de Pérdida: 32.45

d: distancia entre receptor y transmisor (5m = 0.005 km).

f: frecuencia de operación (2.4 GHz=2400 MHz y 5 GHz=5000 MHz).

De la adecuación anterior se obtiene que para frecuencias de 2.4 GHz y 5GHz las pérdidas por espacio libre serán de 54.03dB y 60.4dB respectivamente. Estos datos son utilizados en la ecuación (5), para determinar las pérdidas totales de trayectoria.

$$P_L(d) = P_{LFS}(\text{dB}) + 10 \log(a) + 10 \log(d(\text{m})) \quad (5)$$

Donde:

P_{LFS}: Pérdidas por propagación en el espacio libre

a: 8 dB.

d: distancia entre receptor y transmisor (5 metros)

Al aplicar la formula se obtiene que las pérdidas en el modelo Linear Path attenuation para frecuencias de 2.4 GHz=70.05dB y 5GHz = 76.42dB.

El modelo concluye con el cálculo de potencia mínimo que necesitara del trasmisor para lograr que la red funcione de manera adecuada. Para el cálculo utilizamos la ecuación (6).

$$P_{TX}(\text{dBm}) = P_{RX}(\text{dBm}) - G_{RX}(\text{dBi}) - G_{TX}(\text{dBi}) + P_L(\text{dB}) \quad (6)$$

Donde:

P_{RX}(dBm) : Potencia recibida en el receptor -74 dBm sensibilidad del receptor recomendado para redes WiFi

G_{TX}(dBi): Ganancia de la antena en transmisión 3 dBi acuerdo a las especificaciones de los AP's

G_{RX}(dBi): Ganancia de la antena en recepción 3 dBi

P_L (dB): Pérdidas modelo Linear Path Attenuation (dB).

El proceso de comparación entre equipos se lo puede observar

La potencia de transmisión requerida para frecuencias de 2.4 en el anexo 2.

GHz y 5GHz serán de -9.95dBm y -3.58dBm.

III.1.6. Comparación de características necesarias de equipos para la red propuesta.

Escoger los equipos necesarios es un aparte fundamental en el diseño de red, que soporten el estándar 802.11ac, para efectos de esta. Basados en los puntos anteriores se tomará en cuenta tres marcas, de las cuales se escogerá la que mejor se adapte a los requerimientos antes mencionados.

III.1.7. Propuesta de red

El diseño de red propuesta debe cumplir con los parámetros de una distribución de AP's de manera optimizada utilizando 11 AP's, como se observa en la figura 1, a la par se presenta una distribución de AP's de manera optimizada utilizando 11 AP's, como se observa en el anexo 2.

Para el diseño de la red se optó por un tipo de antena omnidireccional que presenta comunicación multipuntancia de hasta 14dBi y un ángulo de 360° de cobertura, este tipo de antena es ideal para interiores. La marca escogida para el diseño es CISCO, y su serie Catalyst 9000, a continuación, se presentan las características por las cuales se trabajará en el diseño de red con estos equipos. Como se observa en la tabla 3 con respecto a Switches, en la tabla 4 controladora y tabla 5 punto de acceso

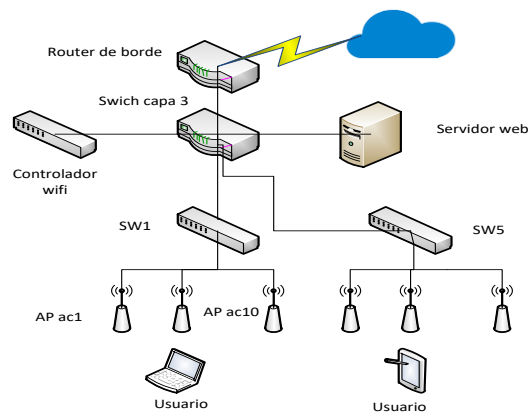


Figura 1. Topología de red propuesta

Tabla 3: características de Switches cisco catalyst 9600.

Cisco Catalyst 9600	
Commutación	25.6 Tbps
Ancho de banda	6.4 Tbps
Puertos	Hasta 48 puertos
Seguridad	ACL y calidad de servicio (QoS).
Tecnología	Tablas de enrutamiento flexible (IPv4, IPv6 y multidifusión).

III.1.8. Redes y Vlans

La propuesta de red se encuentra segmentada en subredes tomando como base la red clase B 172.16.0.0/16, este tipo de redes de tamaño mediano son ideales para campus universitarios como se muestra en la tabla 6.

Tabla 4: características de controladora cisco catalyst 9800

Cisco Catalyst 9800	
Puntos de Acceso	250 puntos de acceso
Usuarios	5000 clientes
Puertos	Puertos PoE
Rendimiento	5 Gbps de rendimiento
Entandares	802,11ac,802,11ax
Inalámbricos	DHCP, VLAN,IPS,Wi-Fi
Tecnología	6.QoS.

Tabla 6: Direccionamiento IP, redes disponibles, Subneteo.

Red	Subred	Rango de host
Servidores	172.32.0.0	172.32.0.1 - 172.63.255.254
Controlador	172.96.31.254	
Acceso	172.96.0.0	172.96.0.1 - 172.96.31.254

Tabla 5: características de punto de acceso cisco catalyst 9130.

Cisco Catalyst 9130	
Tecnología	Wi-Fi 6, listo para IoT (Zigbee, Thread), USB.
Rendimiento	Alto rendimiento RF
Rfciencia	Eficiencia en 802,11ac,802,11ax
Ethernet	Ethernet multigigabit (1 Gbps, 2,5 y 5 Gbps)
Conexión	Admite hasta 500 dispositivos Wi-Fi
Frecuencia	2.4-GHz, 5-GHz
Ganancia	6dbi

Para alcanzar una administración segmentada y controlada se crearon 3 Vlan's, como se muestra en la tabla 7.

Tabla 7: Vlan`s propuestas.

VLAN	Red	Sub red
10	Estudiantes	172.96.0.0
20	Profesores	172.96.0.16
30	Visitantes	172.96.0.32

La seguridad para la red inalámbrica estará conformada por seguridades propias de las tecnologías Wlan (WPA2, PSK), y políticas definidas por equipos a nivel de acceso (ACL).

III.1.9. Simulación de la red propuesta

Es imprescindible comprobar la integración y el funcionamiento de todos los elementos que conforman el diseño de red propuesto, presentados en los puntos 1.2.2.5 (propuesta de red), 1.2.2.6 (características básicas de equipos), 1.2.2.7, para lo cual se realizará la simulación utilizando el software Packet Tracer V 7.0, el cual permite realizar simulaciones con un alto nivel de eficiencia, y permite interactuar con equipos reales. Como se observa en la figura 2. La simulación se puede observar de manera íntegra en el anexo 2.

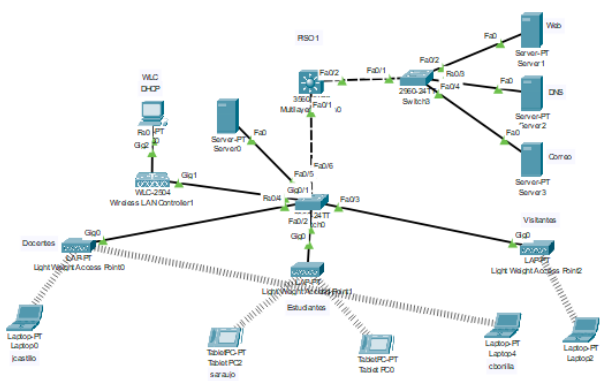


Figura 2. Simulación de Topología de red propuesta.

Terminada la configuración de los dispositivos en el software, se proceda a realizar las pruebas que comprueben su funcionalidad, las pruebas de conectividad entre Vlan's, MAIL (172.32.0.6/19) con el dominio @ups.com, DNS (172.32.0.5/19) con dirección www.ups.com, y WEB (172.32.0.3/19), las pruebas de conectividad se observan de mejor manera en el anexo 2.

El control de flujo de tráfico en la red será administrado por medio de lista de controles de acceso (ACL's), permitiendo o denegando el tráfico.

La controladora de wifi será la que administre las VLAN's, políticas de seguridad, soporte de QoS (best effort en Wlans), claves de acceso a la red, restricciones de red, entre otras. Este proceso se encuentra en el anexo 2.

III.2. Simulación de la red inalámbrica en los entandares IEEE 802.11n y 802.11ac para la comparación de los parámetros de ancho de banda, latencia, jitter, throughput y perdida de paquetes.

La herramienta escogida para alcanzar el objetivo de simular los estándares en la red inalámbrica es OMNET++ 5.6, que permite el uso de módulos y librerías que soportan los estándares antes mencionados, el mismo que presenta una interfaz gráfica en el cual se pueden desplegar los valores tanto en vector como en valores escalares.

Para comenzar se crea un archivo de inicialización llamado .ini que es el encargado de albergar las configuraciones de los diferentes componentes de la red tales como: configuraciones de obstáculos físicos y entorno, configuraciones de pérdidas, modelo de propagación, movilidad, AP's, QoS, Diffsev, policing, configuración de puertos y configuración de tráfico UDP

El segundo archivo creado es el .xlm que contiene los parámetros ambientales y de carácter físico que especifican la posición, orientación, estructura, material, color y opacidad. Qué para el propósito de estudio se utilizó concreto y paredes con un grosor de 10cm.

Para completar los paquetes de simulación se crea un archivo .ned el cual alberga los elementos de distribución de red y topología a modo de gráficos, así como las diferentes conexiones y elementos de la red, como se observa en la figura 8. El proceso completo de creación de módulos, configuración de equipos y simulación de puede observar en el anexo 3.

Una vez creado el ambiente de simulación se ha escogido una serie de pruebas a modo de 3 casos para la obtención de parámetros de calidad de servicio, los mismos que serán estudiados en la sección 4 de resultados y discusión. Todas las simulaciones y sus respectivas graficas se encuentran de manera íntegra en el anexo 3.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

IV.1. Caso 1: Análisis de calidad de servicio de la red con parámetros reales, en los estándares IEEE 802.11ac y 802.11n.

En el primer caso de estudio y análisis observamos el comportamiento de las tecnologías, así como los parámetros de calidad de servicio y sus diferencias.

En la figura 3, se observan 45 host a manera de clientes, tomando en cuenta un AP de los 11 propuestos en el diseño, estos clientes, se encuentran dispersos a lo largo de un escenario real formado por paredes que atenúan la señal. Las muestras serán tomadas en un tiempo máximo de 6 segundos, y el tiempo de partida en 0 segundos con el fin de no saturar la memoria del procesador de la PC donde trabaja el simulador.

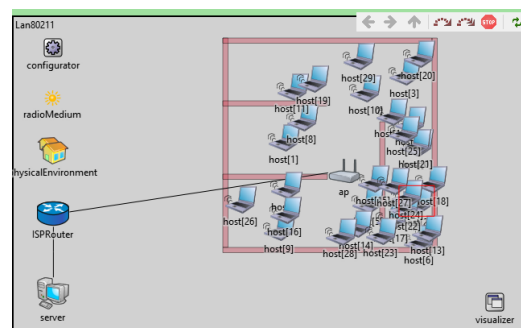


Figura 3. Simulación de los estándares IEEE802.11n y 802.11ac en un ambiente con condiciones reales.

Cada host está restringido por un máximo 400 paquetes, con esta restricción se evita la saturación en la red y el exceso de paquetes que no podrá superar el 70%, y de ser el caso si presenta una colisión de 50KB. Así se logra un tráfico controlado por medio de un ppp.queue que encola los paquetes y los descarta de ser el caso.

Tabla 11: Porcentaje de paquetes totales recibidos y perdidos en la red.

Estándar	Perdida de paquetes				total paquetes recibidos (%)
	FTP	www	video	voz	
802.11n	2731	2737	2748	2745	65
802.11ac	3272	3257	3246	3284	95

El primer parámetro de calidad de servicio analizado es la pérdida de paquetes, los datos de envío y pérdidas son registrados en el servidor, mientras tanto en la tabla 11, se observa una pérdida del 25% de paquetes en el estándar IEEE 802.11n, mientras que en el estándar IEEE802.11ac únicamente registra una pérdida de paquetes del 5%.

La tasa de transferencia efectiva o throughput aumenta considerablemente en el estándar IEEE802.11ac, a razón de 85291.90 bps promedio, con lo cual se demuestra la mejora con respecto al estándar IEEE802.11n en cada uno de los servicios de la red.

En el estudio del estándar IEEE802.11n, se observa una transferencia de trabajo que tiende a ser uniforme y constante por debajo de los 448019.71bps que su similar el estándar IEEE802.11ac, únicamente elevado al primer segundo de transmisión. Por otra parte, el flujo de transferencia no es fijo y aumenta dependiendo las necesidades o el uso de la red por parte de los hosts, llegando incluso a picos superiores a los 10000.00bps.

Tabla 12: Tasas de transferencia efectiva total de la red.

Estándar	throughput (bps)			
	FTP	www	video	Voz
802.11n	361653.22	365487.10	375524.11	374935.06
802.11ac	448019.71	459688.21	445569.43	465489.75

La tasa total de transferencia efectiva se la puede apreciar de mejor manera en la tabla 12, que presenta todos los valores parametrizados en cada uno de los servicios prestados por servidor, siendo los de mejor rendimiento el puerto de voz con 465489.75bps, y puerto de video con 445569.43, demostrando que el estándar IEEE802.11ac prioriza este tipo de tráfico.

Si bien el estándar IEEE802.11ac ha demostrado ser robusto, una de sus falencias radica en la fluctuación en el retardo de paquetes. El estándar IEEE802.11n presenta una mejor respuesta a dichos retardos, que en su mayor parte se mantiene en un nivel por debajo de los 0.01ms. En cuanto a la fluctuación en el retardo generada por el estándar IEEE802.11ac, los niveles de fluctuación si bien no son elevados a lo largo de las pruebas, presentan un considerable aumento en cada slot de tiempo, donde cada punto representa un retraso, llegando a alcanzar su pico máximo alrededor de los 0.1ms.

Tabla 13: Fluctuación del retardo total de la red

Estándar	jitter (ms)				
	FTP	www	video	voz	promedio
802.11n	0,069	0,0461	0,019	0,018	0,038025
802.11ac	0,177	0,151	0,052	0,052	0,108

Los valores parametrizados de jitter en cada servicio, están presentes en la tabla 13, donde comprobamos que los valores de fluctuación en el estándar IEEE802.11ac son mayores en un 0.108ms promedio a su predecesor. Lo que nos indica que a mayor transmisión de paquetes mayor será el retardo en la fluctuación.

Para realizar el cálculo de latencia se crea un modelo capas de sumar todos los retardos a lo largo del trayecto de los paquetes hacia su destino final.

Tabla 14: latencia total en cada escenario de la red.

Estándar	latencia (ms)
802.11n	173
802.11ac	171

Una vez terminado el análisis de todos los retardos, el tamaño de paquetes y sus pérdidas, se observa que la latencia en el estándar IEEE802.11ac presenta una reducción de 2ms, con respecto a 802.11n. Esto significa que, al trabajar con una tasa de datos alta, la latencia tiende a mantenerse estable, en este caso mejora, pero no de manera significativa. Como se observa en la tabla 14.

IV.2. Caso 2: Análisis de calidad de servicio en la red carente de modelo Diffsev y QoS.

En el análisis de calidad de servicio sin contar con las restricciones de QoS o algún modelo específico, se evidencia que en el flujo de datos, paquetes, retardos y latencia aumentan de manera considerable, ya que sin encolamiento y etiquetado de tramas la red no puede jerarquizar el traslado de información de forma efectiva. En este caso se demostró que para un manejo adecuado de la red se necesita obligatoriamente un dropeo que restrinja el paso de tramas que generen un excesivo uso del canal.

Tabla 15: Análisis comparativo de calidad de servicio en un ambiente sin restricciones de QoS, y sin modelo Diffsev.

Estándar	Perdidas de paquetes				total, paquetes recibidos (%)
	FTP	www	video	voz	
802.11n	2950	2970	2991	2992	72
802.11ac	3441	3490	3460	3499	97
	throughput (bps)				promedio
802.11n	377185,22	375497,1	385544,11	384965,06	380797,873

V. CONCLUSIONES

En el primer caso de estudio se evidencia que el control por medio de un modelo de calidad de servicio en la red es fundamental para evitar saturación del canal y de esta forma optimizar recursos, por otra parte, se observa que el estándar IEEE802.11ac es la opción recomendada para reemplazar al estándar IEEE802.11n, esto en base a los resultados de, entrega de paquetes con un 5% de pérdidas con relación a su similar de 25%, el throughput presenta un 19% de efectividad de transmisión de paquetes y latencia menor a 1.15% en transmisión.

En el caso dos se liberaron todos los controles de red y esto provocó un consumo de paquetes en la red, esto genera que la entrega de paquetes es mucho menor con un 5% de pérdidas, el throughput entrega un 20% más de paquetes enviados y latencia es menor en un 2.27%, lo que a largo plazo generará una saturación en los servicios por el número de hosts. Por lo tanto, esta condición no es recomendada en ambientes que contengan un número de usuarios extensos.

Limitar el flujo de datos en una red es esencial, en el caso tres se modificó el intervalo de transmisión de paquetes, con el fin de descartar paquetes o tramas que superen el nivel otorgado por el administrador de red. Al aplicar estos cambios se observa que el flujo de paquetes es mucho menor a través del canal, no obstante, a pesar de los cambios realizados el estándar 802.11ac es más eficiente en pérdidas de paquetes con 29% de pérdidas, en cuanto a throughput se genera un 45% más de paquetes entregados, el jitter en ambos estándares se mantiene estable en 0.129ms lo que confirma un estado de equilibrio entre los estándares. En este caso se comprobó que es necesario administrar la longitud y tiempo de paquetes y así evitar saturación de canales y retardos a nivel de usuario.

Los ambientes físicos en los que está colocados los elementos de red es una parte fundamental del análisis, ya que, si no se presentan obstáculos como se describe en el caso cuatro de estudio, la penetración de señal, y por ende el flujo de datos se verá comprometido. El análisis refleja que, al no tener resistencia física, en el estándar 802.11ac se producen los siguientes resultados, en la señal inalámbrica los valores de transmisión son de 4% menos en pérdidas, el throughput presenta un 1% más en transmisión de paquetes, el jitter recibe una mejora de 3% en tiempo de respuesta y la latencia es menor a 1.17%. Es claro que este tipo de ambientes es difícil de conseguir, pero los resultados pueden ser mejorados utilizando una distribución de APs, que permitan la conectividad a lo largo del espacio físico en el cual esta fusionando la red.

Una vez realizadas la prueba antes mencionada se puede concluir que el uso de la tecnología IEEE802.11ac con respecto a la tecnología IEEE802.11n es la mejor opción para ser implementada, ya que presenta mayor robustez con una tasa de transmisión de paquetes con un 95% de efectividad, una tasa de transferencia efectiva constante de 448019.71bps, un jitter de 0.1ms como máximo y una latencia de 171ms, al mismo tiempo presenta una tasa de adaptabilidad alta a nuevas y antiguas tecnologías.

	jitter (ms)				promedio
802.11ac	458039,86	469698,48	455589,65	475499,99	464706,995
802.11n	0,07	0,052	0,022	0,02	0,041
802.11ac	0,19	0,156	0,056	0,057	0,11475
Latencia(ms)					
802.11n	176				
802.11ac	172				

A pesar de los cambios en la configuración de red el estándar IEEE802.11ac la misma presenta una mejor respuesta en cuanto a traslado de paquetes con un 97% entregados, una tasa de transferencia de 83909,122bps mayor y una latencia de 2ms menos. Pero al igual que el caso anterior de condiciones reales el estándar presenta un jitter mayor de 0.07375ms, como se observa en la figura 15.

IV.3. Caso 3: Análisis de calidad de Servicio con cambio de ambiente físico.

En este caso se analiza la posibilidad de tener una red en estado ideal, ya que al no tomar en cuenta los obstáculos que están a nuestro alrededor en teoría la transmisión de datos no debería presentar pérdidas de paquetes o un alto valor de jitter.

Tabla 17: Análisis comparativo de calidad de servicio en un ambiente sin obstáculos.

Estándar	Pérdidas de paquetes				total paquetes recibidos (%)
	FTP	www	video	voz	
802.11n	2944	2965	2987	2985	68
802.11ac	2969	2977	3154	3713	96
throughput (bps)					promedio
802.11n	392533.33	393559.76	401646.62	405457.30	398299,25
802.11ac	395966.66	403930.86	406321.70	416712.79	405733,00
jitter (ms)					promedio
802.11n	0.083	0.056	0.014	0.014	0,04175
802.11ac	0.048	0.031	0.015	0.017	0,02775
latencia (ms)					
802.11n	170				
802.11ac	168				

Pero tal como se observa en la tabla 17, el flujo de paquetes en el estándar IEEE802.11n aumenta a 70% de paquetes entregados, pero sigue siendo menor que en el estándar IEEE802.11ac que entrega un 71%. Este resultado se replica tanto en throughput con 7433,75bps menos en transmisión, una latencia mayor de 2ms, y un jitter de 0.014ms más que en el estándar IEEE802.11ac.

AGRADECIMIENTO

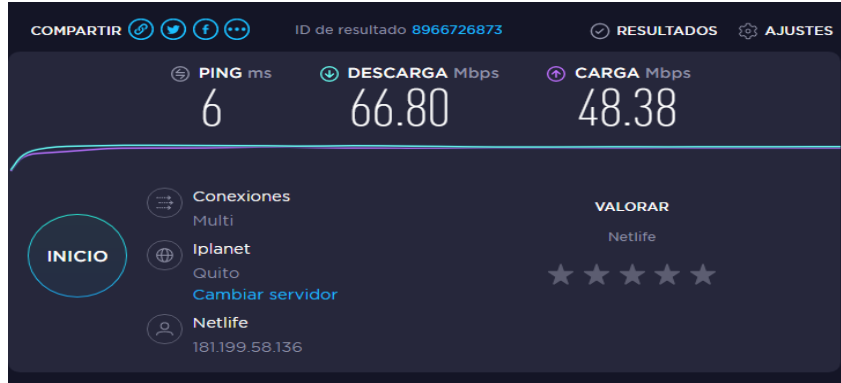
El presente trabajo, primeramente, me gustaría agradecerle a Dios por bendecirme para llegar hasta donde he llegado, y por darme una familia que he de admirar y querer el resto de mi vida como lo he hecho hasta ahora, y que gracias a ellos he logrado conseguir mis metas en la vida, a la Universidad Politécnica Salesiana por darme la oportunidad de estudiar y ser un profesional, y mediante esto ser un ente útil a nuestra sociedad, a mi tutor, Msc. Rafael Jaya por su esfuerzo y dedicación, quien, con sus conocimientos, su experiencia, su paciencia y su motivación ha logrado en mí que pueda terminar este proyecto de titulación con éxito, también a mis profesores que durante toda mi carrera aportaron con un granito de arena a mi formación tanto personal como profesional, son muchas las personas que han formado parte de mi vida estudiantil a las que me encantaría agradecerles su amistad, consejos, apoyo, ánimo y compañía en los momentos más difíciles de mi vida, sin importar en donde estén quiero darles las gracias por formar parte de mí, por todo lo que me han brindado y por todas sus bendiciones

VI. REFERENCIAS

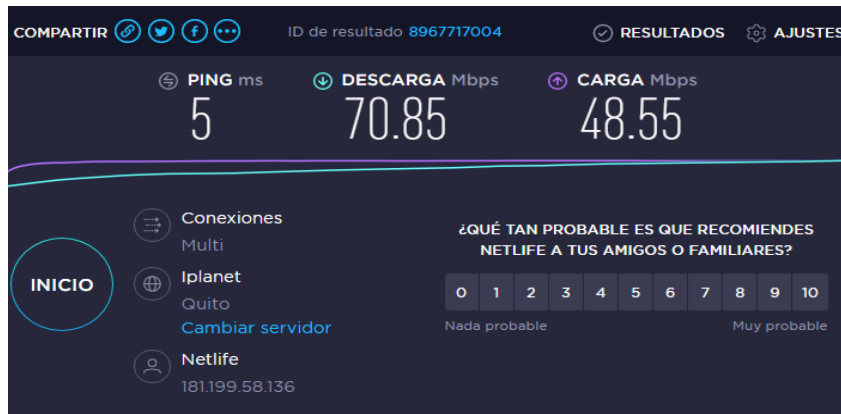
- [1] E. d. M. Ponce, «REDES INALAMBRICAS 802.11,» *IEEE*, 2015.
- [2] C. N. Chávez, «Evaluación de la tecnología IEEE 802.11n con la,» *Universidad politecnica te Catalunya*, p. 98, 14 octubre 2009 .
- [3] J. M. H. Moya, *Comunicaciones por Radio. Tecnologías, redes y servicios de radiocomunicaciones.*, España: RA-MA, 2016.
- [4] A. R. C. Lechtale, *Teleinformatica Para Ingenieros en Sistemas de Informacion*, Barcelona, España: Reverté S.A., 2016.
- [5] C. OSORIO, *Emulación de la pérdida de paquetes mediante una aplicación VoIP y caracterización de parámetros de QoS*, MEXICO: UNIVERSIDAD DE QUINTANA ROO, 2015.
- [6] nperf, «Barómetro de las conexiones a internet fijas en Ecuador,» vol. 87, n° 69006 , p. 8, 2019 .
- [7] J. Saltos, *EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO DE LA RED INALÁMBRICA INTERNA DEL, QUITO: PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR*, 2018.
- [8] CISCO, «CISCO,» CISCO, 3 MARZO 2020. [En línea]. Available: <https://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/wireless/aironet-2800-series-access-points/datasheet-c78-736497.html>. [Último acceso: 10 ENERO 2020].
- [9] F. J. L. GUAMANÍ, *DISEÑO DE UNA RED INALAMBRICA BAJO EL ESTANDAR IEEE802.11n/ac*, Quito: ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL, 2019.
- [10] G. V, *Wireless Communications and Networking"*, nueva york: Morgan Kaupman, 2007.
- [11] M. Valverde, *Impacto de la tecnica de acceso en el desempeño de las redes vehiculares vanet*, Popayan: UNIVERSIDAD DEL CAUCA, 2014.
- [12] D. Pilozo, *Estudio del ancho de banda para trafico de redes WAN de los ISP, con estudiantes de la Universidad Politecnica Salesiana sede Guayaquil, Guayaquil: Universidad Politecnica Salesiana* , 2016.
- [13] I. B. Montero, *Instalación y mantenimiento de redes para transmisión de datos*, España:Paraninfo, 2015.
- [14] N. D. Minh, *Contribución al estudio y control del jitter*, Santa Clara : Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas , 2008.
- [15] A. R. C. LECHTALER, *Comunicaciones: una introduccion a las redes digitales de datos y señales isocronas*, Argentina: ALFAOMEHA, 2016.
- [16] I. P. Fernando Andreu, *Fundamentos y Aplicaciones de Seguridad en Redes WLAN*, Barcelona-Epaña : marcombo, 2015.
- [17] Z. Farid, «Recent Advances on Wireless Indoor Localization Techniques and System.,» Hindawi Publishing Corporation, vol. 2013, n° 12, p. 8, 2016.
- [18] G. Díaz, «<http://webdelprofesor.ula.ve/>,» 12 julio 2018. [En línea]. Available: http://webdelprofesor.ula.ve/ingenieria/gilberto/redes/03_conceptosBasicos1.pdf. [Último acceso: 28 enero 2020].
- [19] F. G. Cuzme Rodríguez, «Sistema de videovigilancia IP sobre una red inalámbrica basado en el estándar IEEE 802.11AC para las dependencias del Gobierno Autónomo Descentralizado de San Miguel de Urcoquí,» *IEEE*, 2017.

ANEXOS

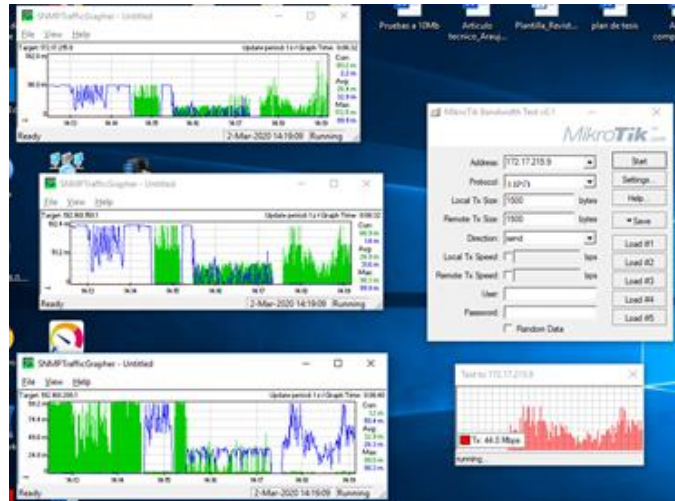
Anexo 1 Pruebas de velocidad estándar 802.11n



Pruebas de velocidad estándar 802.11ac



Configuración de herramienta de inyección de tráfico



Pruebas de parámetros de calidad de servicio a modo cliente y servidor con la herramienta jperf y jperf-2.0, en el estándar IEEE802.11n.

Envío



Iperf command: bin/iperf.exe -c 192.168.200.100 -u -P 1 -i 1 -p 5001 -B 192.168.200.99 -fk -b 100.0M -t 50 -d -L 5001 -T 1 -S 0x04

Choose Iperf Mode: Client

Server address: 192.168.200.100 Port: 5,001

Parallel Streams: 1

Listen Port: 5,001

Num Connections: 0

Application layer options

Enable Compatibility Mode

Transmit: 50

Bytes Seconds

Output Format: KBits

Report Interval: 1 seconds

Testing Mode: Dual Trade

test port: 5,001

Representative File:

Print MSS

Transport layer options

Choose the protocol to use

TCP

Buffer Length: 2 MBytes

TCP Window Size: 56 KBytes

Max Segment Size: 1 KBytes

TCP No Delay

UDP

UDP Bandwidth: 100 MBytes/sec

UDP Buffer Size: 41 KBytes

UDP Packet Size: 1,500 Bytes

IP layer options

TTL: 1

Type of Service: Throughput

Bind to Host: 192.168.200.99

Bandwidth

Mon, 2 Mar 2020 14:18:54

#228: [51870.00Kbits/s] #228: 76017.00Kbits/s Jitter: 0.10ms

Output

```

[228] 0.0-50.0 sec 313301 KBytes 51312 Kbits/sec 0.214 ms 2319/220564 (1.1%)
[228] Sent 220564 datagrams
Done.

```

Clear Output on each Iperf Run

Recepción

Iperf command: bin/iperf.exe -s -u -P 0 -i 1 -p 5001 -fk

Choose Iperf Mode: Client Server

Server address: Port: 5,001

Parallel Streams: 1

Listen Port: 5,001

Num Connections: 0

Application layer options

Enable Compatibility Mode

Transmit: 10

Bytes Seconds

Output Format: KBits

Report Interval: 1 seconds

Testing Mode: Dual Trade

test port: 5,001

Representative File:

Print MSS

Transport layer options

Choose the protocol to use

TCP

Buffer Length: 2 MBytes

TCP Window Size: 56 KBytes

Max Segment Size: 1 KBytes

TCP No Delay

UDP

UDP Bandwidth: 1 MBytes/sec

UDP Buffer Size: 41 KBytes

UDP Packet Size: 1,500 Bytes

Bandwidth & Jitter

Mon, 2 Mar 2020 14:27:49

#288: [61822.00Kbits/s] #368: [75812.00Kbits/s] #368: [74830.00Kbits/s] Jitter: 0.49ms

Output

```

[368] 0.0-50.0 sec 456759 KBytes 74830 Kbits/sec
[ ID ] Interval Transfer Bandwidth Jitter Lost/Total Datagrams
[288] 49.0-50.0 sec 7547 KBytes 61822 Kbits/sec 0.488 ms 5/ 5262 (0.095%)
[368] Server Report:
[368] 0.0-50.0 sec 446356 KBytes 73097 Kbits/sec 2.010 ms 7247/318178 (2.3%)
[368] Sent 318178 datagrams
[288] 0.0-50.1 sec 460186 KBytes 75320 Kbits/sec 0.819 ms 3202/323767 (0.99%)

```

Clear Output on each Iperf Run

Iperf command: `bin/iperf.exe -c 192.168.200.100 -u -P 1 -i 1 -p 5001 -B 192.168.200.99 -fk -b 100.0M -t 50 -d -l 5001 -T 1 -S 0x04`

Choose Iperf Mode: Client Server

Server address: 192.168.200.100 Port: 5,001

Parallel Streams: 1 Listen Port: 5,001 Client Limit: Num Connections: 0

Application layer options

Enable Compatibility Mode

Transmit: 50

Output Format: Bytes Seconds

Report Interval: 1 seconds

Testing Mode: Dual Trade

test port: 5,001

Representative File:

Print MSS

Transport layer options

Choose the protocol to use:

TCP

Buffer Length: 2 MBytes

TCP Window Size: 56 KBytes

Max Segment Size: 1 KBytes

TCP No Delay

UDP

UDP Bandwidth: 100 MBytes/sec

UDP Buffer Size: 41 KBytes

UDP Packet Size: 1,500 Bytes

IP layer options

TTL: 1

Type of Service: Throughput

Send to Host: 192.168.200.99

Bandwidth

Time (sec)

#228: [76072.000bits/s] Jitter: 1.06ms

Output

```

[220] 0.0-50.0 sec 446356 KBytes 73097 Kbits/sec 2.010 ms 7247/318178 (2.3%)
[228] 0.0-50.1 sec 464783 KBytes 76072 Kbits/sec
[228] Server Report:
[228] 0.0-50.1 sec 460186 KBytes 75320 Kbits/sec 0.818 ms 3202/323767 (0.99%)
[228] Sent 323767 datagrams
Done.

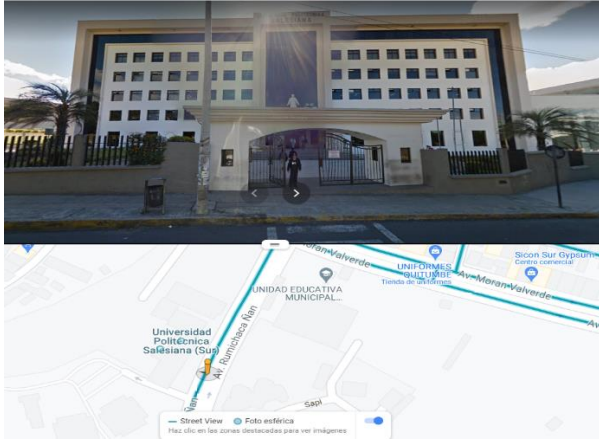
```

Clear Output on each Iperf Run

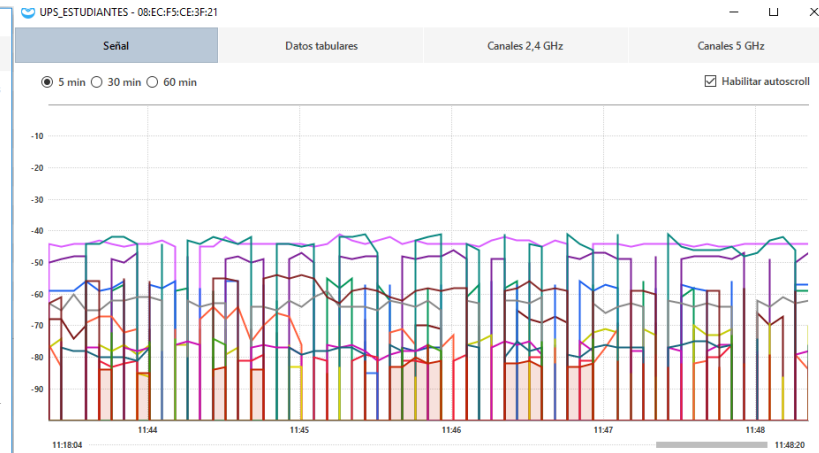
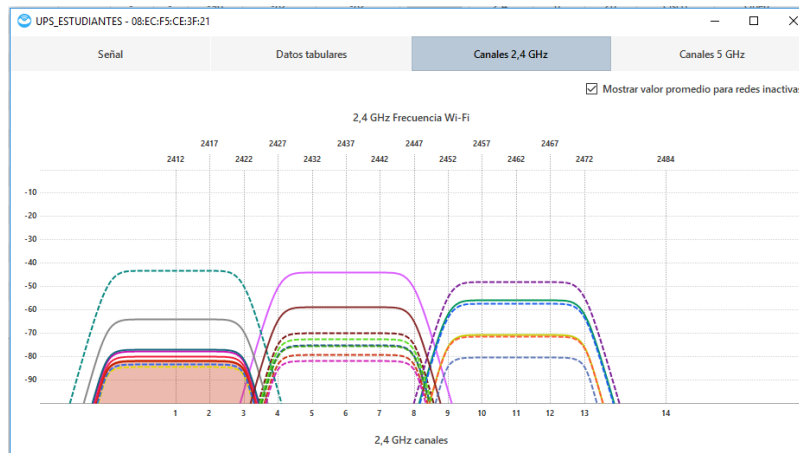
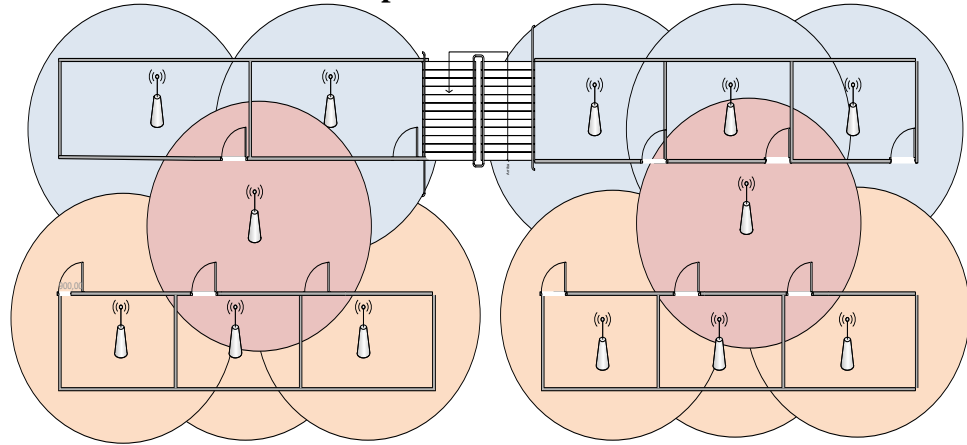
Anexo 2.

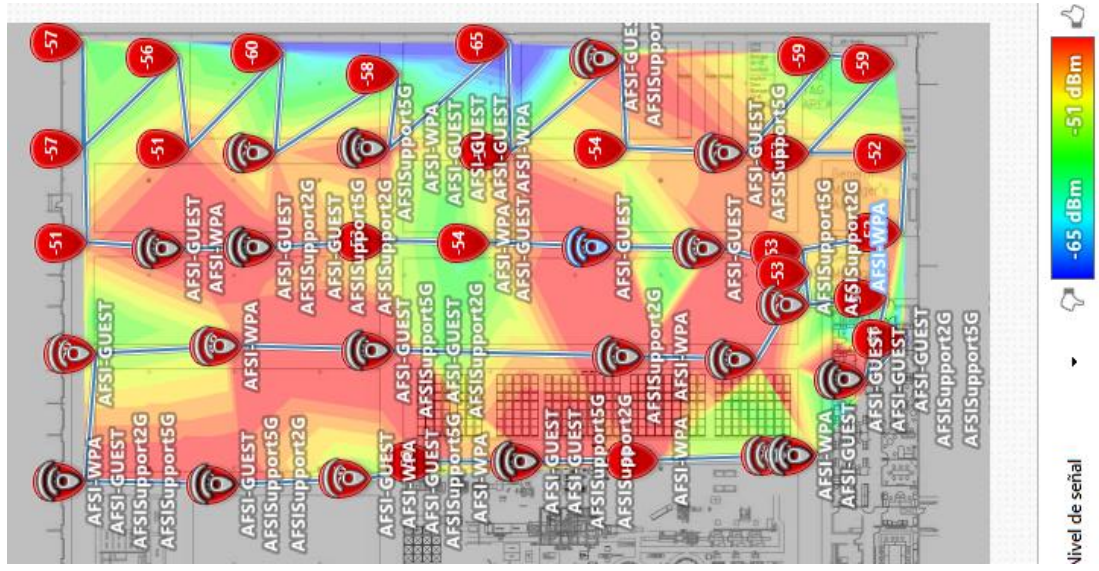
Situación actual de la red

Red actual

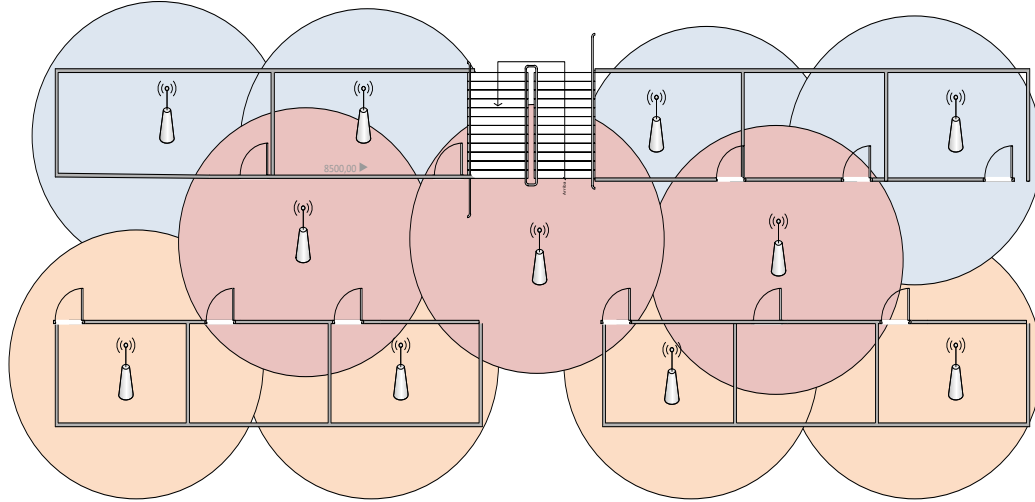


distribución no optimizada actual





Red optimizada propuesta



Características de la Antena

	DIRECCIONAL	SECTORIAL	OMNIDIRECCIONAL
COMUNICACIÓN	Punto Punto	Multipunto	Multipunto
ESCALABLE	No	Si	Si
GANANCIA	Hasta 25dBi	Hasta 20dBi	Hasta 14dBi
DIRECCION	Angulo Reducido	120	360
ALCANCE	Largo	Medio	Corto

Comparación de marcas de puntos de acceso

	Ubiquiti Airmax	Cisco Aironet	Mikrotik SXT
SISTEMA OPERATIVO	Preinstalado en antena	CISCO IOS	Sstema operativo Winbox
DMVPN	No Permite	Si Permite	No Permite
BANDAS DE FRECUENCIA	2,4 GHz - 5 GHz	2,4 GHz - 5 GHz	2,4 GHz - 5 GHz
IPSEC	Si Permite	Si Permite	Si Permite
ESTANDARES INALAMBRICOS	802.11 a/b/g/n/ac	802.11 a/b/g/n/ac	802.11 a/b/g/n/ac
PROTOCOLO RIP	Si Permite	Si Permite	Si Permite
MARCACION DE PAQUETES	Si Permite	Si Permite	Si Permite
ALIMENTACION POE	Si	Si	si
SOPORTE TECNICO	Sin Informacion	Actualizado hasta 2023	Actualizado hasta 2021

	Cisco Catalyst 9130	UniFi APOutdoor 5G (UAP-Outdoor5)	RB922UAGS-5HPacD/rb750Mikrotik
TECNOLOGIA	Wi-Fi 6, listo para IoT (Zigbee, Thread),USB.	Advanced QoS,	Sistemas WiFi 5
RENDIMIENTO	Alto rendimiento RF	Libre en RF	aislamiento RF
EFICIENCIA	Eficiencia en 802,11ac,802,11ax	Eficiencia 802.11g,802.11n,802.11ac	Eficiencia 802.11n,802.11ac
LICENCIA CISCO	Listo para Cisco DNA	Licencia propia CE, FCC, IC	RouterOS L4
ETHERNET	Ethernet multigigabit (1 Gbps, 2,5 y 5 Gbps)	ethernet 10Mbps, 100Mbps	ethernet 5 x 10/100/1000 Mbps
CONEXIÓN	Admite hasta 500 dispositivos Wi-Fi	admite hasta 100 dispositivos	admite de 500-750
FRECUENCIA	2.4 GHz, 5 GHz	5 GHz	2.4 GHz, 5 GHz
GANANCIA	6dbi	6dbi	Antena integrada de 21 dBi

SOPORTE	19/03/2024	En ejecucion	actualización que ahora es el RB/750GL
----------------	------------	--------------	--

	Cisco Catalyst 9130	Cisco air-ap2802i-a-k9	Cisco Aironet 4800
TECNOLOGIA	Wi-Fi 6, listo para IoT (Zigbee, Thread),USB.	WAVE 2,Wifi	Wave2,WiFi,RF
RENDIMIENTO	Alto rendimiento RF	1 Gbps en la conexión	2,6 Gbps
EFICIENCIA	Eficiencia en 802,11ac,802,11ax	802.11n,802.11ac	802.11n,802.11ac
LICENCIA CISCO	Listo para Cisco DNA	Cisco IOS	Cisco ClientLink 4.0
ETHERNET	Ethernet multigigabit (1 Gbps, 2,5 y 5 Gbps)	Ethernet 2.6Gbps a 5 Gbps	Ethernet multigigabit (1 Gbps, 2,5 y 5 Gbps)
CONEXIÓN	Admite hasta 500 dispositivos Wi-Fi	100 dispositivos Wi-Fi	100 dispositivos Wi-Fi
FRECUENCIA	2.4-GHz , 5-GHz	2.4-GHz , 5-GHz	2.4-GHz , 5-GHz
GANANCIA	6dbi	5dbi	5dbi
SOPORTE	19/03/2024	09/02/2021	16/04/2023

Comparación de Controladora en marcas

	Controladora Cisco Catalyst 9800	PowerBox Mikrotik	UniFi Pro PoE
Puntos de Acceso	250 puntos de acceso	1 punto de acceso	200 puntos de acceso
Usuarios	5000 clientes	500 clientes	hasta 1000 clientes
Puertos	Puertos PoE	Puertos PoE	Puertos PoE
Rendimiento	5 Gbps de rendimiento	Excelente rendimiento	Alto rendimiento y fiabilidad
Estándares Inalámbricos	802,11ac,802,11ax	802.11n,802.11ac	802.3bt
Tecnología	DHCP, VLAN,IPS,Wi-Fi 6,QoS.	DHCP,IPS,Wi-fi 5, QoS	DHCP,LAN,Wi-Fi ,QoS.
Soporte técnico	13-nov-23	actualizada actualmente	Plataforma actualizada

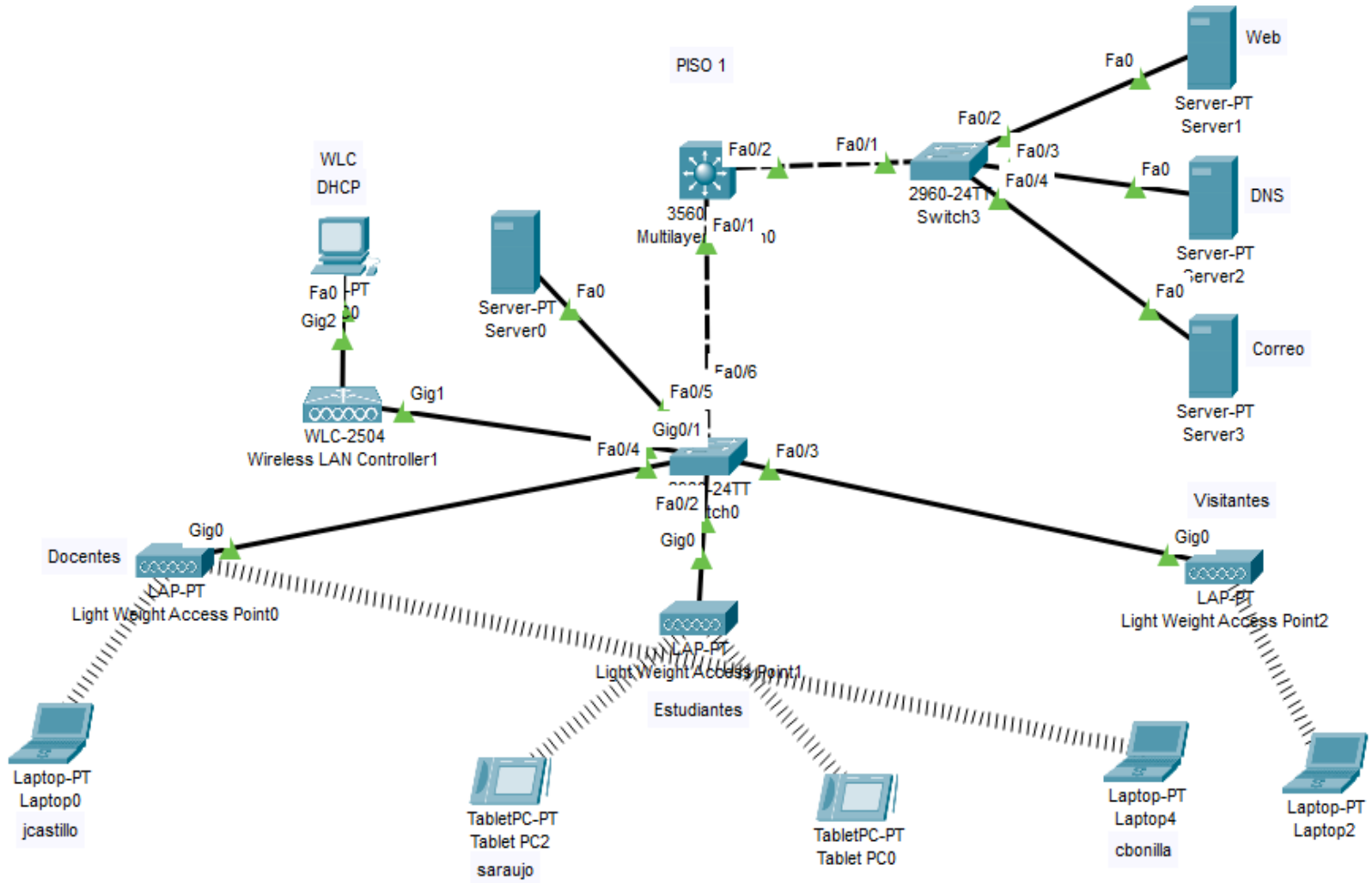
	Controladora Cisco Catalyst 9800	Controladora Cisco 2504	Controladora Cisco 5508
Puntos de Acceso	250 puntos de acceso	75 puntos de acceso	500 puntos de acceso
Usuarios	5000 clientes	1000 clientes	7000 clientes

Puertos	Puertos PoE	Puertos PoE	Puertos PoE
Rendimiento	5 Gbps de rendimiento	1 Gbps de rendimiento	1Gbps de rendimiento
Estándares Inalámbricos	802,11ac,802,11ax	múltiples estándares inalámbricos	802,11ac,802,11n
Tecnología	DHCP, VLAN,IPS,Wi-Fi 6,QoS.	DHCP, VLAN,IPS,Wi-Fi,QoS.	DHCP, VLAN,IPS,Wi-Fi,QoS.
Soporte técnico	13-nov-23	23-APR-2023	2023 no se encuentra en venta

Switches Cisco Catalyst 9600

	Cisco Catalyst 9600	Cisco Catalyst 3560 v2	Cisco Catalyst 3650
Conmutación	25.6 Tbps	10 Tbps	10 tbps
Ancho de banda	6.4 Tbps	92 Gbps	100 Gbps
Puertos	Hasta 48 puertos	48 puertos RJ45	24 y 48 puertos RJ45
Seguridad	ACL y calidad de servicio (QoS).	QoS soporte	Modular QoS,
Tecnología	Tablas de enrutamiento flexible (IPv4, IPv6 y multidifusión).	IPv4, IPv6	IPv4 and IPv6 routing, multicast routing.
Soporte	19/04/2024	31/05/2021	no existe soporte actualmente

Simulación de red planteado

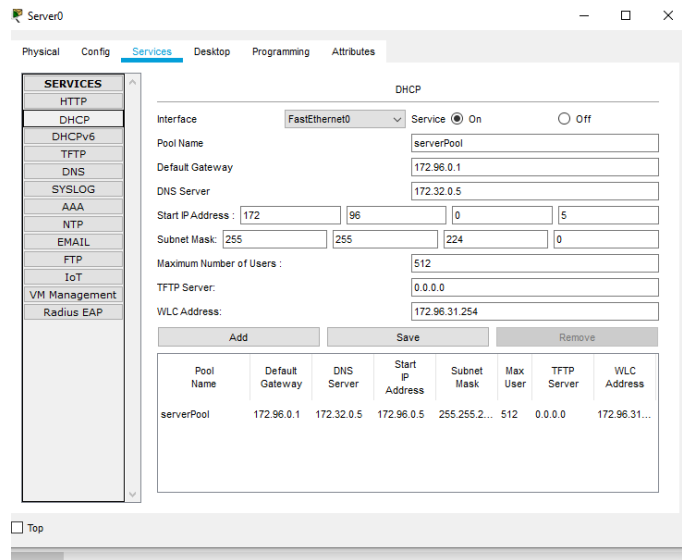


Configuración de equipos

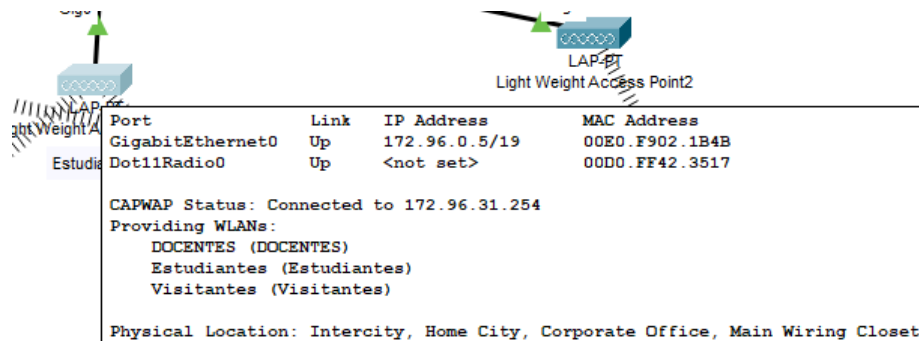
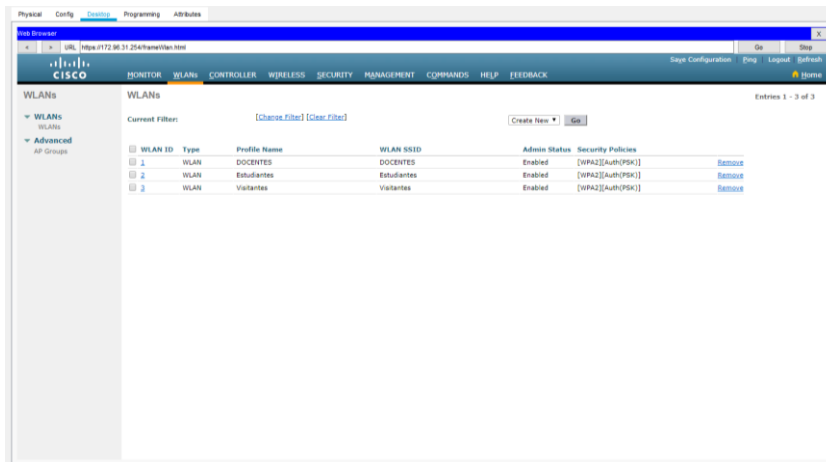
SW3560

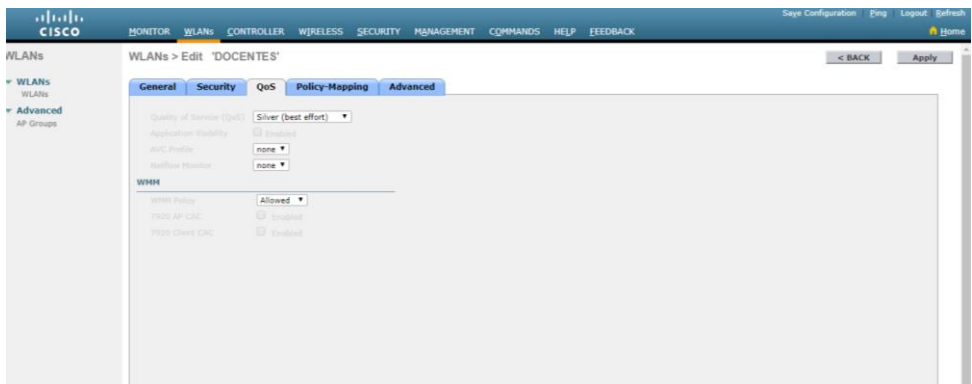
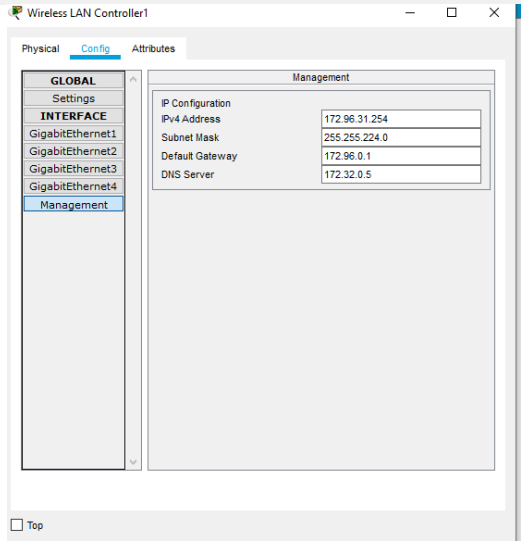
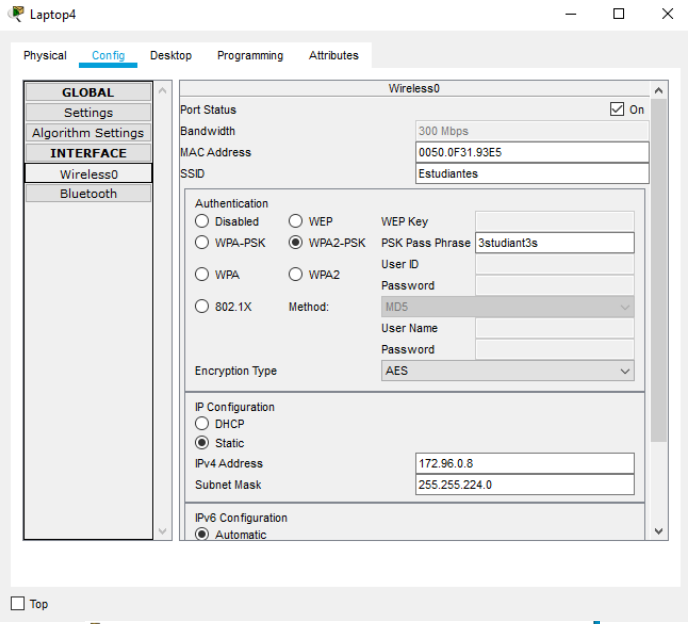
```
interface FastEthernet0/1
no switchport
ip address 172.96.0.1 255.255.224.0
ip access-group 101 in
duplex auto
speed auto
interface FastEthernet0/2
no switchport
ip address 172.32.0.1 255.255.224.0
duplex auto
speed auto
interface Vlan1
no ip address
shutdown
router rip
network 172.32.0.0
network 172.96.0.0
ip classless
ip flow-export version 9
access-list 101 deny tcp any any eq 443
access-list 101 deny tcp any any eq 5222
access-list 101 deny tcp any any eq 5223
access-list 101 deny tcp any any eq 5228
access-list 101 deny udp any any eq domain
access-list 101 deny tcp any any eq 3478
access-list 101 permit ip any any
line con 0
line aux 0
line vty 0 4
login
end
```

Servidores DHCP



Creación de Wlan's en la controladora y configuración





Pruebas de ping entre Vlan's

The image shows two windows from a network simulator, labeled 'Laptop0' and 'Laptop4'. Both windows display a 'Command Prompt' with the results of a ping test.

Laptop0 Command Prompt:

```
Reply from 172.96.0.1: bytes=32 time=46ms TTL=255
Reply from 172.96.0.1: bytes=32 time=63ms TTL=255
Reply from 172.96.0.1: bytes=32 time=25ms TTL=255

Ping statistics for 172.96.0.1:
    Packets: Sent = 4, Received = 10, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 18ms, Maximum = 289ms, Average = 110ms

C:\>ping 172.96.0.8

Pinging 172.96.0.8 with 32 bytes of data:

Reply from 172.96.0.8: bytes=32 time=307ms TTL=128
Reply from 172.96.0.8: bytes=32 time=309ms TTL=128
Reply from 172.96.0.8: bytes=32 time=358ms TTL=128
Reply from 172.96.0.8: bytes=32 time=66ms TTL=128
Reply from 172.96.0.8: bytes=32 time=94ms TTL=128
Reply from 172.96.0.8: bytes=32 time=95ms TTL=128
Reply from 172.96.0.8: bytes=32 time=147ms TTL=128
Reply from 172.96.0.8: bytes=32 time=173ms TTL=128
Reply from 172.96.0.8: bytes=32 time=193ms TTL=128
Reply from 172.96.0.8: bytes=32 time=53ms TTL=128

Ping statistics for 172.96.0.8:
    Packets: Sent = 4, Received = 10, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 53ms, Maximum = 358ms, Average = 178ms

C:\>
```

Laptop4 Command Prompt:

```
(Disconnecting from ftp server)

ping
Invalid Command.

C:\>ping 172.96.0.16

Pinging 172.96.0.16 with 32 bytes of data:

Reply from 172.96.0.16: bytes=32 time=91ms TTL=128
Reply from 172.96.0.16: bytes=32 time=111ms TTL=128
Reply from 172.96.0.16: bytes=32 time=116ms TTL=128
Reply from 172.96.0.16: bytes=32 time=69ms TTL=128
Reply from 172.96.0.16: bytes=32 time=78ms TTL=128
Reply from 172.96.0.16: bytes=32 time=94ms TTL=128
Reply from 172.96.0.16: bytes=32 time=252ms TTL=128
Reply from 172.96.0.16: bytes=32 time=255ms TTL=128
Reply from 172.96.0.16: bytes=32 time=279ms TTL=128
Reply from 172.96.0.16: bytes=32 time=53ms TTL=128

Ping statistics for 172.96.0.16:
    Packets: Sent = 4, Received = 10, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 53ms, Maximum = 279ms, Average = 139ms

C:\>
```

Prueba conectividad entre servidor WEB y DNS

The image shows two windows from a network simulator. The left window, 'Laptop4', shows a web browser displaying the website 'UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA' with the URL 'www.ups.com'. The right window, 'Server2', shows the 'Services' configuration window for 'DNS'.

Laptop4 Web Browser:

URL: Go Stop

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

BIENVENIDO

Server2 Services Configuration:

SERVICES

- HTTP
- DHCP
- DHCPv6
- TFTP
- DNS**
- SYSLOG
- AAA
- NTP
- EMAIL
- FTP
- IoT
- VM Management
- Radius EAP

DNS

DNS Service On Off

Resource Records

Name Type **A Record**

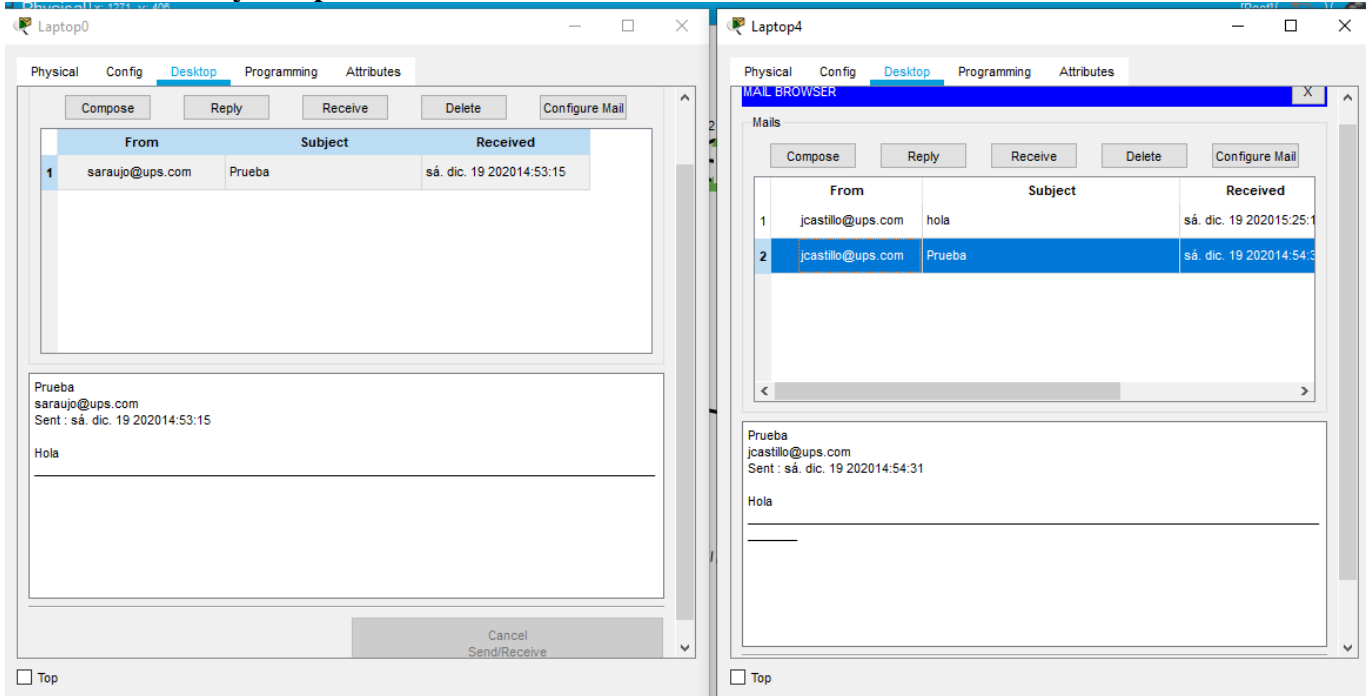
Address

Add Save Remove

No.	Name	Type	Detail
0	www.ups.com	A Record	172.32.0.3

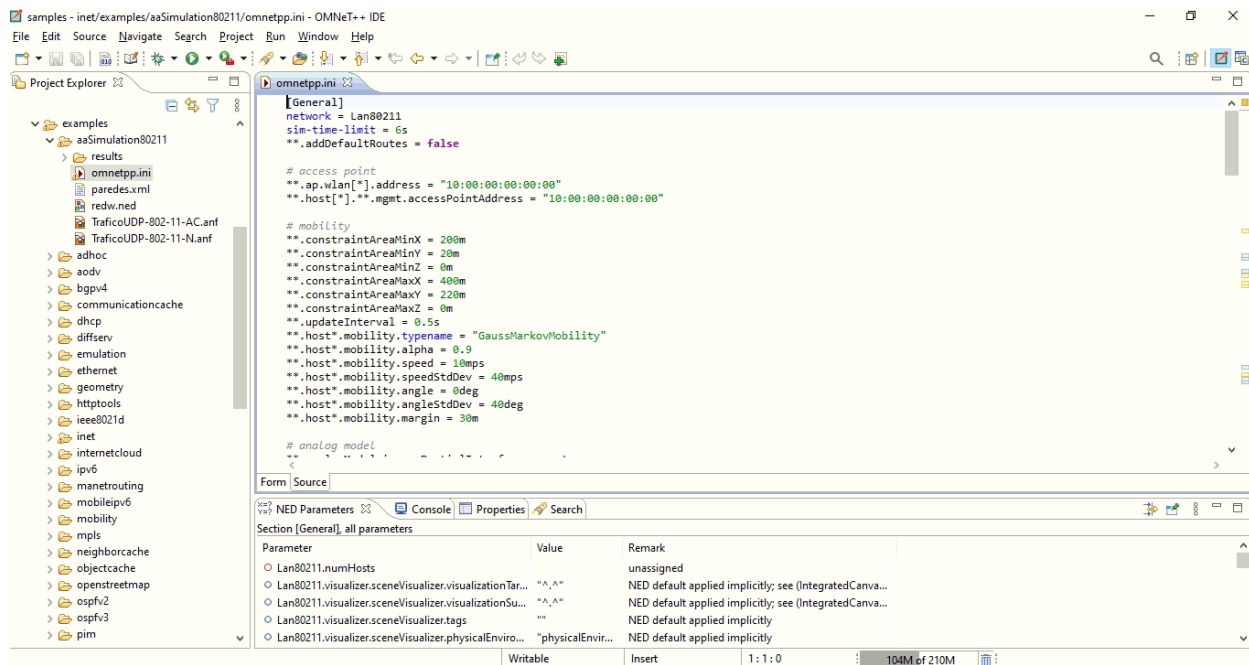
DNS Cache

Prueba de envío y recepción de correo



Anexo 3.

Configuración archivo .ini



```

[General]
network = Lan80211
sim-time-limit = 6s

**.addDefaultRoutes = false

#####
####CONFIGURACIONES DE OBSTÁCULOS FÍSICOS Y ENTORNO###
#####
*.physicalEnvironment.config = xmldoc("paredes.xml")
*.radioMedium.obstacleLossType = "DielectricObstacleLoss"
*.physicalEnvironment.groundType = "FlatGround"
*.physicalEnvironment.ground.elevation = 0m

#####
####CONFIGURACIONES DE PÉRDIDAS Y MODELO DE PROPAGACIÓN###
#####
# ground model settings
*.physicalEnvironment.ground.typename = "FlatGround"
*.radioMedium.pathLoss.typename = "RicianFading"

# access point
*.ap.wlan[].address = "10:00:00:00:00:00"
*.host[.].*.mgmt.accessPointAddress = "10:00:00:00:00:00"

# mobility
**.constraintAreaMinX = 200m
**.constraintAreaMinY = 20m
**.constraintAreaMinZ = 0m
**.constraintAreaMaxX = 400m
**.constraintAreaMaxY = 220m
**.constraintAreaMaxZ = 0m
**.updateInterval = 0.5s
*.host.mobility.typename = "GaussMarkovMobility"
*.host.mobility.alpha = 0.9
*.host.mobility.speed = 10mps
*.host.mobility.speedStdDev = 40mps
*.host.mobility.angle = 0deg
*.host.mobility.angleStdDev = 40deg
*.host.mobility.margin = 30m

# analog model
**.analogModel.ignorePartialInterference = true

##QOS
*.wlan[].mac.typename = "Ieee80211Mac"
**.mac.dcf.channelAccess.pendingQueue.packetCapacity = -1
*.wlan[].classifier.typename = "ExampleQosClassifier"
*.mac.hcf.edca.edcaf[].pendingQueue.packetCapacity = -1
**.mac.qosStation = true
**.mac.hcf.originatorMacDataService.msduAggregationPolicy.typename = "BasicMsduAggregationPolicy"
#aggregation
**.mac.hcf.originatorMacDataService.msduAggregationPolicy.typename = ""
#rtc cts
**.rtsThreshold = 100B
#block ack

```

```

**.isBlockAckSupported = true

##diffserv
# default router queue
*.ISPRouter.ppp[].ppp.queue.typename = "DropTailQueue"
*.ISPRouter.ppp[].ppp.queue.packetCapacity = 400
#policing
**.ISPRouter.ppp[0].egressTC.typename = "TrafficConditioner"
**.ISPRouter.ppp[0].ppp.queue.interfaceTableModule = "^.^.interfaceTable"
**.efMeter.cir = "70%"
**.efMeter.cbs = 50KiB
**.defaultMeter.cir = "30%"
**.defaultMeter.cbs = 2KiB
**.defaultMeter.ebs = 4KiB

```

```

[Config TraficoUDP-802-11-N]
#radio settings
# radio settings
**.radio.receiver.sensitivity = -85dBm
**.radio.receiver.snirThreshold = 4dB
# nic settings
*.wlan.opMode = "n(mixed-2.4Ghz)"
**.wlan.bitrate = 11Mbps
*.ap.wlan[].radio.transmitter.power = 160mW
*.host[].wlan[*].radio.transmitter.power = 20mW
*.wlan[].mac.dcf.channelAccess.cwMin = 7
*.wlan[].radio.transmitter.bitrate = 2Mbps
*.wlan[].radio.transmitter.headerLength = 96b
*.wlan[].radio.transmitter.centerFrequency = 2.4GHz
*.wlan[].radio.receiver.sensitivity = -85dBm
*.wlan[].radio.receiver.snirThreshold = 4dB

```

```

# cli
*.host[].numApps = 4
*.host[].app[*].typename = "UdpBasicApp"
*.host[].app[*].destAddresses = "server"
*.host[].app[0].destPort = 21
*.host[].app[1].destPort = 80
*.host[].app[2].destPort = 4000
*.host[].app[3].destPort = 5000
*.host[].app[0].packetName = "FTP"
*.host[].app[1].packetName = "WWW"
*.host[].app[2].packetName = "Video"
*.host[].app[3].packetName = "Voice"
*.host[].app[*].startTime = uniform(0s,0.1s)
*.host[].app[*].stopTime = 6.0s
*.host[].app[*].messageLength = 100B
*.host[].app[*].sendInterval = 50ms
# srv
**.server.numApps = 4
*.server.app[].typename = "UdpSink"
**.server.app[0].localPort = 21
**.server.app[1].localPort = 80
**.server.app[2].localPort = 4000
**.server.app[3].localPort = 5000

```

```

[Config TraficoUDP-802-11-AC]

```

```
#radio settings
# radio settings
**.bandName = "5 GHz (40 MHz)" #,"5 GHz (20 MHz)","5 GHz (40 MHz)","5 GHz (80 MHz)","5 GHz (160 MHz)"
**.opMode = "ac"
#**.opMode = "a"
*.ap.wlan[].radio.transmitter.power = 200mW
*.host[].wlan[*].radio.transmitter.power = 20mW
*.wlan[].radio.antenna.numAntennas = 8 #maximum number of streams for 802.11ac is 8
**.bitrate = 693.3Mbps
*.wlan[].radio.transmitter.headerBitLength = 96b
**.centerFrequency = 5GHz
*.wlan[].radio.receiver.sensitivity = -85dBm
*.wlan[].radio.receiver.snirThreshold = 4dB
```

```
# cli
*.host[].numApps = 4
*.host[].app[*].typename = "UdpBasicApp"
*.host[].app[*].destAddresses = "server"
*.host[].app[0].destPort = 21
*.host[].app[1].destPort = 80
*.host[].app[2].destPort = 4000
*.host[].app[3].destPort = 5000
*.host[].app[0].packetName = "FTP"
*.host[].app[1].packetName = "WWW"
*.host[].app[2].packetName = "Video"
*.host[].app[3].packetName = "Voice"
*.host[].app[*].startTime = uniform(0s,0.1s)
*.host[].app[*].stopTime = 6.0s
*.host[].app[*].messageLength = 100B
*.host[].app[*].sendInterval = 50ms
```

```
# srv
**.server.numApps = 4
*.server.app[].typename = "UdpSink"
**.server.app[0].localPort = 21
**.server.app[1].localPort = 80
**.server.app[2].localPort = 4000
**.server.app[3].localPort = 5000
```

```
[Config TraficoTCP-802-11-N]
```

```
#radio settings
# radio settings
**.radio.receiver.sensitivity = -85dBm
**.radio.receiver.snirThreshold = 4dB
# nic settings
*.wlan.opMode = "n(mixed-2.4Ghz)"
#*.wlan.bitrate = 11Mbps
*.ap.wlan[].radio.transmitter.power = 160mW
*.host[].wlan[*].radio.transmitter.power = 20mW
*.wlan[].mac.dcf.channelAccess.cwMin = 7
*.wlan[].radio.transmitter.bitrate = 2Mbps
*.wlan[].radio.transmitter.headerLength = 96b
*.wlan[].radio.transmitter.centerFrequency = 2.4GHz
*.wlan[].radio.receiver.sensitivity = -85dBm
*.wlan[].radio.receiver.snirThreshold = 4dB
```

```
# tcp apps
**.tcp.typename = "Tcp"
```

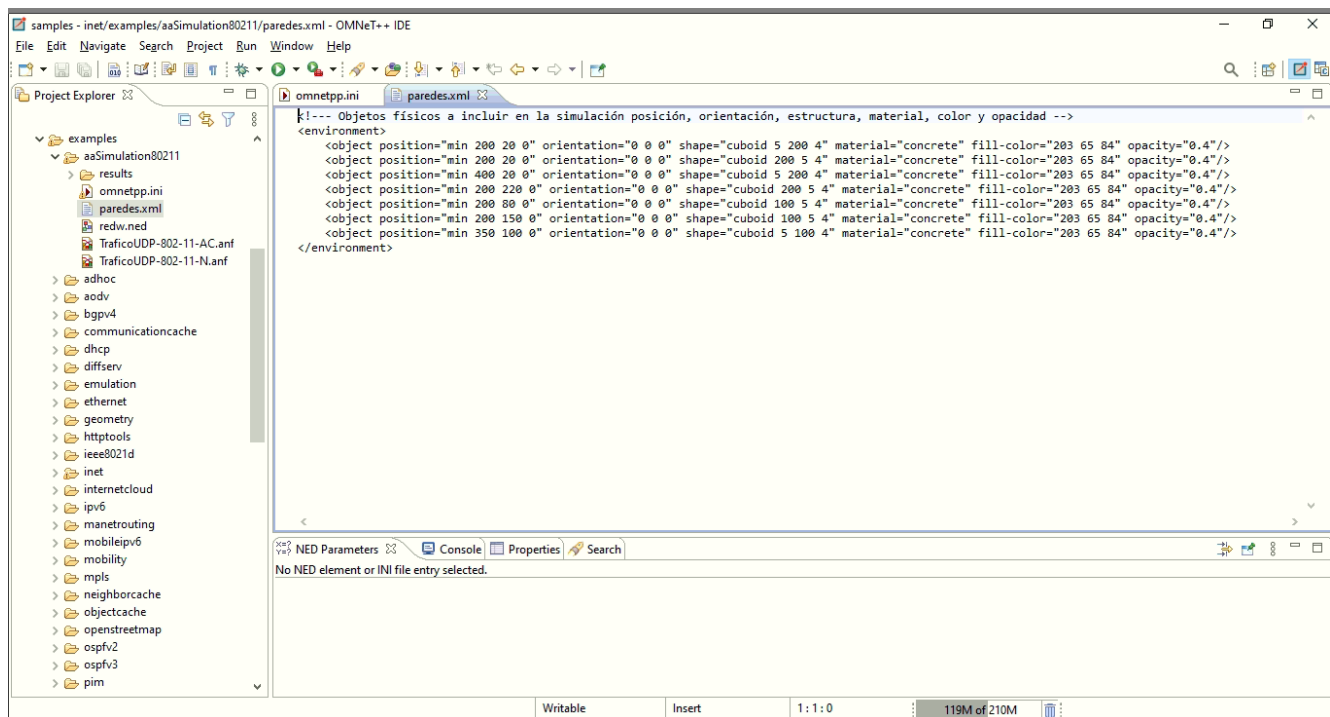
```

## tcp apps
.host[].numApps = 1 # number of applications on clients
.host[].app[0].typename = "TcpSessionApp" # client application type
.host[].app[0].connectAddress = "server" # destination address
.host[].app[0].connectPort = 1000 # destination port
.host[].app[0].sendBytes = 1MB # amount of data to send
*.host.app[0].tOpen = 0.2s
*.host.app[0].tSend = 0.4s
*.host.app[0].sendBytes = 1000000B
*.host.app[0].sendScript = ""
*.host.app[0].tClose = 6s

*.server.numApps = 1 # number of applications on server
*.server.app[0].typename = "TcpEchoApp" # server application type
*.server.app[0].localPort = 1000 # TCP server listen port
*.server.app[0].echoFactor = 2.0
*.server.app[0].echoDelay = 0s

```

Configuración archivo .xlm



```

<!-- Objetos físicos a incluir en la simulación posición, orientación, estructura, material, color y opacidad -->
<environment>
  <object position="min 200 20 0" orientation="0 0 0" shape="cuboid 5 200 4" material="concrete" fill-color="203 65 84"
  opacity="0.4"/>
  <object position="min 200 20 0" orientation="0 0 0" shape="cuboid 200 5 4" material="concrete" fill-color="203 65 84"
  opacity="0.4"/>
  <object position="min 400 20 0" orientation="0 0 0" shape="cuboid 5 200 4" material="concrete" fill-color="203 65 84"
  opacity="0.4"/>
  <object position="min 200 220 0" orientation="0 0 0" shape="cuboid 200 5 4" material="concrete" fill-color="203 65 84"
  opacity="0.4"/>
  <object position="min 200 80 0" orientation="0 0 0" shape="cuboid 100 5 4" material="concrete" fill-color="203 65 84"
  opacity="0.4"/>
  <object position="min 200 150 0" orientation="0 0 0" shape="cuboid 100 5 4" material="concrete" fill-color="203 65 84"
  opacity="0.4"/>
  <object position="min 350 100 0" orientation="0 0 0" shape="cuboid 5 100 4" material="concrete" fill-color="203 65 84"
  opacity="0.4"/>
</environment>

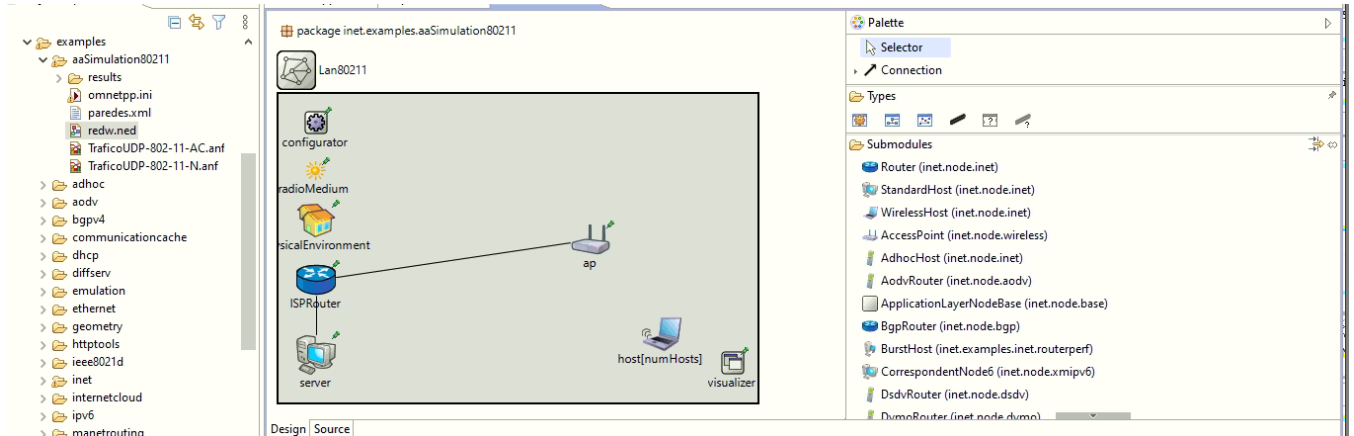
```

```

<object position="min 200 150 0" orientation="0 0 0" shape="cuboid 100 5 4" material="concrete" fill-color="203 65 84"
opacity="0.4"/>
<object position="min 350 100 0" orientation="0 0 0" shape="cuboid 5 100 4" material="concrete" fill-color="203 65 84"
opacity="0.4"/>
</environment>

```

Configuración archivo .ned



```
package inet.examples.UPSTESIS;
```

```

import inet.networklayer.configurator.ipv4.Ipv4NetworkConfigurator;
import inet.node.inet.WirelessHost;
import inet.node.wireless.AccessPoint;
import inet.physicallayer.ieee80211.packetlevel.Ieee80211ScalarRadioMedium;
import inet.visualizer.integrated.IntegratedCanvasVisualizer;
import inet.networklayer.configurator.ipv4.Ipv4NetworkConfigurator;
import inet.node.ethernet.Eth100M;
import inet.node.ethernet.EtherSwitch;
import inet.node.inet.Router;
import inet.node.inet.StandardHost;
import inet.node.inet.WirelessHost;
import inet.node.internetcloud.InternetCloud;
import inet.node.wireless.AccessPoint;
import inet.physicallayer.ieee80211.packetlevel.Ieee80211ScalarRadioMedium;
import inet.visualizer.integrated.IntegratedCanvasVisualizer;
import inet.common.misc.ThruputMeteringChannel;
//import inet.common.figures.DelegateSignalConfigurator;
import inet.node.inet.INetworkNode;
import inet.physicallayer.contract.packetlevel.IRadioMedium;
import inet.environment.common.PhysicalEnvironment;
//import inet.common.lifecycle.LifecycleController;
import inet.visualizer.contract.IIntegratedVisualizer;
import ned.DatarateChannel;

```

```

network Lan80211
{
  parameters:
    int numHosts;
    **_mgmt.numChannels = 2;
  submodules:

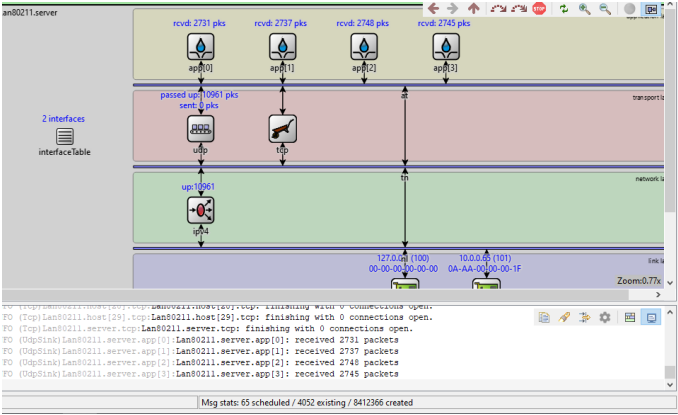
```

```

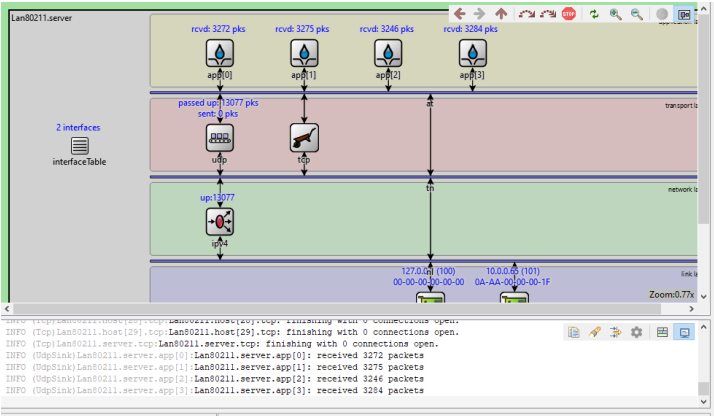
visualizer: <default("IntegratedCanvasVisualizer")> like IIntegratedVisualizer if hasVisualizer() {
  parameters:
    @display("p=460,272;is=s");
}
configurator: Ipv4NetworkConfigurator {
  parameters:
    @display("p=38,29;is=s");
    //config = xml("<config><interface hosts='*' address='145.236.x.x' netmask='255.255.0.0'/></config>");
}
radioMedium: Ieee80211ScalarRadioMedium {
  parameters:
    @display("p=37,78;is=s");
}
physicalEnvironment: PhysicalEnvironment {
  @display("p=38,128");
}
host[numHosts]: WirelessHost {
  @display("r=, #707070");
  wlan[*].mgmt.typename = "Ieee80211MgmtStaSimplified";
  wlan[*].agent.typename = "";
}
server: StandardHost {
  @display("p=38,264");
}
ap: AccessPoint {
  @display("p=316,147;r=, #707070");
  wlan[*].mgmt.typename = "Ieee80211MgmtApSimplified";
}
ISPRouter: Router {
  parameters:
    @display("p=38,188");
}
connections:
  //conexiones cableadas entre las interfaces de los módulos
  ap.ethg++ <--> Eth100M <--> ISPRouter.ethg++;
  ISPRouter.ethg++ <--> Eth100M <--> server.ethg++;
}

```


Graficas de transmisión de paquetes y porcentaje de pérdidas en el servidor. (a) estándar IEEE802.11n, (b) estándar IEEE802.11ac.

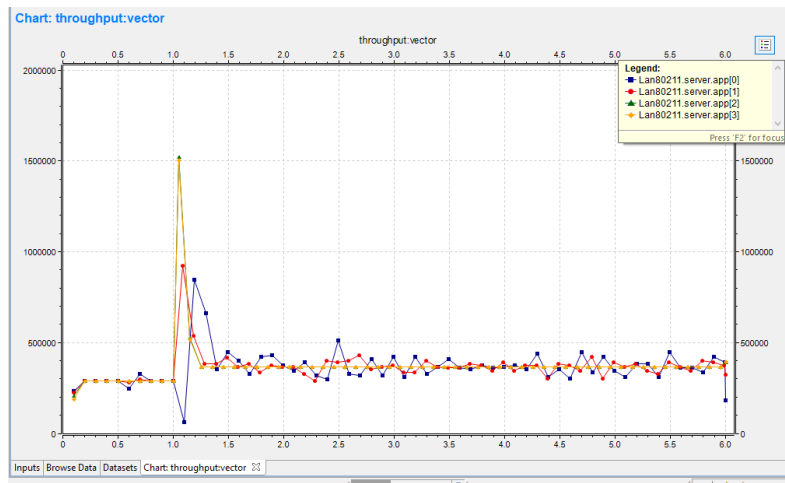


(a)



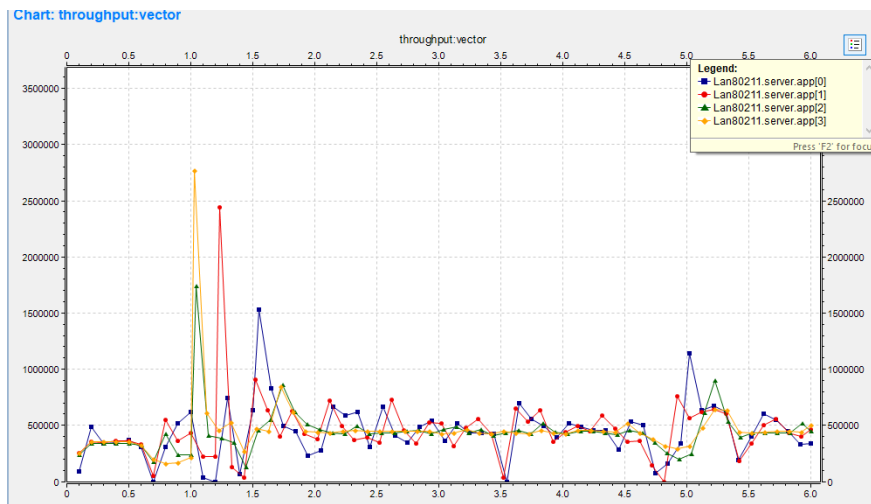
(b)

Graficas de transferencia efectiva de datos en el servidor. (a) estándar IEEE802.11n, (b) estándar IEEE802.11ac

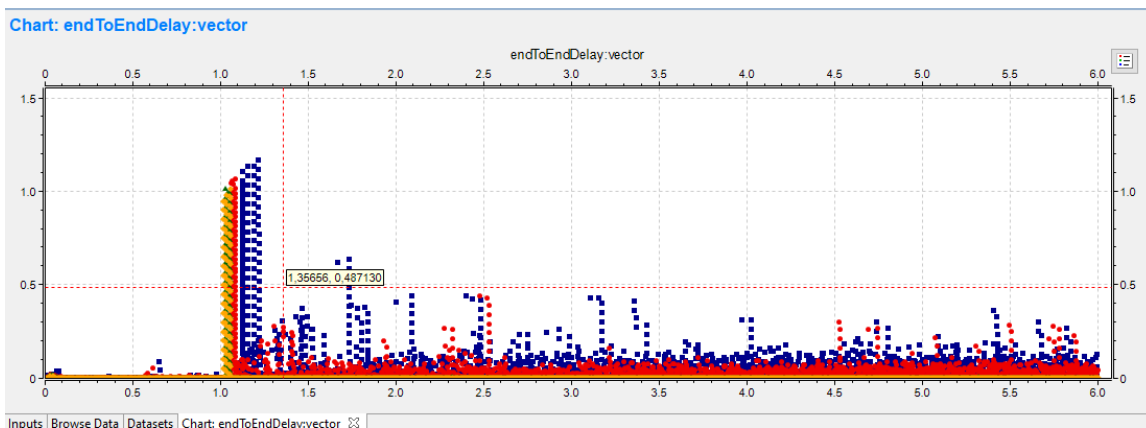


(a)

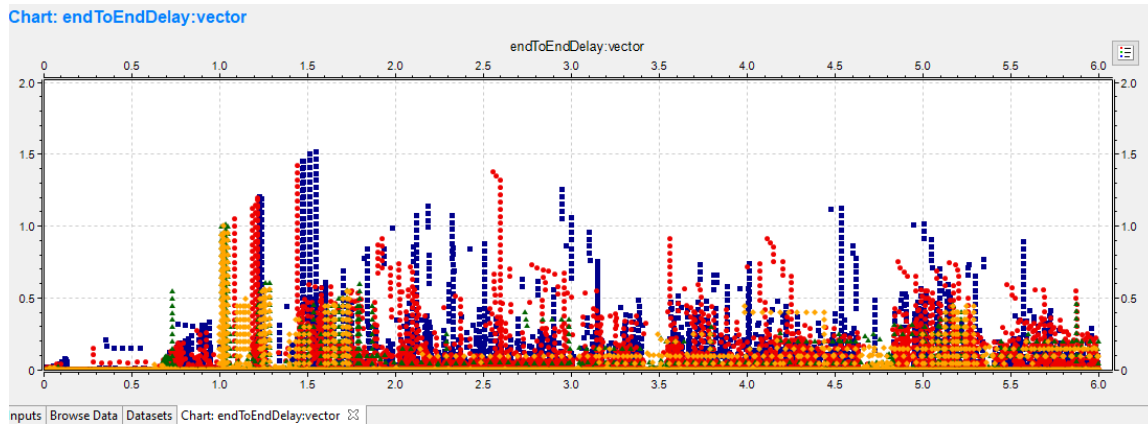
(b)



Graficas fluctuación del retardo de datos en el servidor. (a)estándar IEEE802.11n, (b)estándar IEEE802.11ac

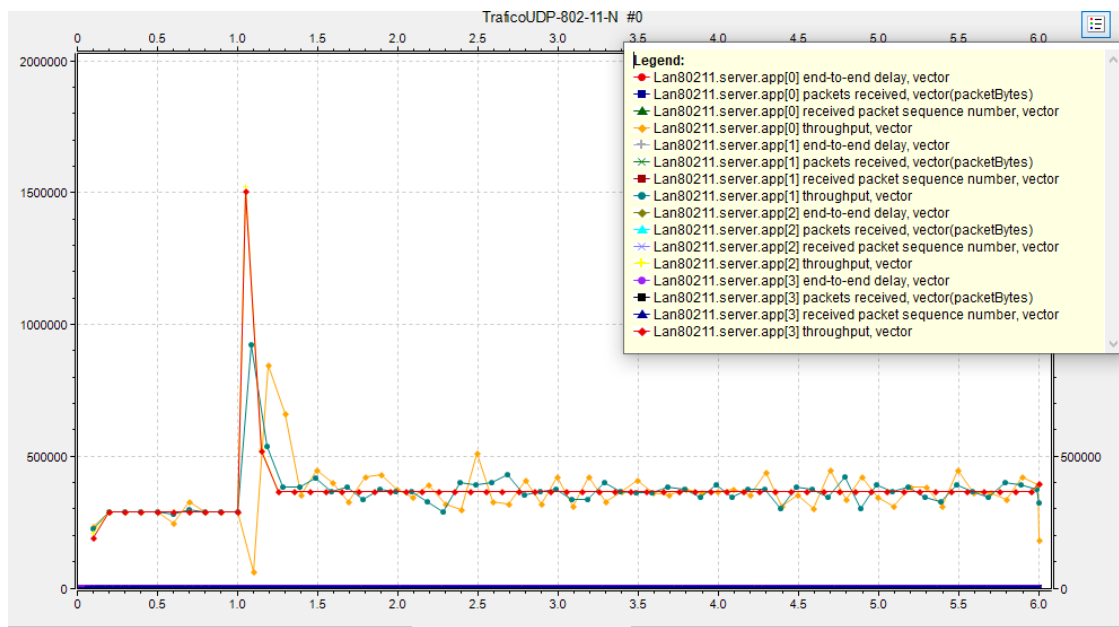


(a)

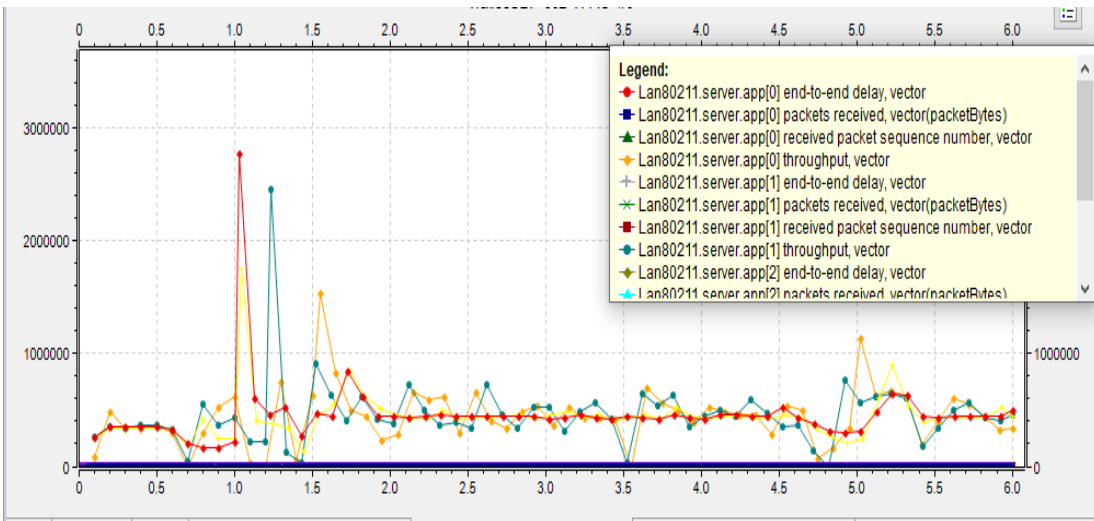


(b)

Graficas de latencia, acumulación de retrasos en la red. (a) estándar IEEE802.11n, (b) estándar IEEE802.11ac



(a)



(b)