



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

SISTEMA DE POSGRADO

MAESTRÍA EN TELECOMUNICACIONES

TÍTULO DEL TRABAJO DE TITULACION:
SIMULACIÓN Y EVALUACIÓN DE REDES Wi-Fi MEDIANTE LA
PLATAFORMA OPNET

Previa la obtención del Grado Académico de Magíster en
Telecomunicaciones

ELABORADO POR:
Ing. Emilio José Briones Orejuela.

Guayaquil, a los 10 días del mes de Marzo del año 2015



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

SISTEMA DE POSGRADO

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por el Magíster **Emilio José Briones Orejuela** como requerimiento parcial para la obtención del Grado Académico de Magíster en Telecomunicaciones.

Guayaquil, a los 10 días del mes de Marzo del año 2015

DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACION

MSc. Edwin Palacios Meléndez

REVISORES:

MSc. María Luzmila Ruilova Aguirre.

MSc. Luis Córdova Rivadeneira

DIRECTOR DEL PROGRAMA

MSc. Manuel Romero Paz



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

SISTEMA DE POSGRADO

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

YO, EMILIO JOSÉ BRIONES OREJUELA

DECLARO QUE:

El Trabajo de Titulación “SIMULACIÓN Y EVALUACIÓN DE REDES Wi-Fi MEDIANTE LA PLATAFORMA OPNET”, previa a la obtención del grado Académico de Magíster, ha sido desarrollado en base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan al pie de las páginas correspondientes. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance científico del Trabajo de Titulación del Grado Académico en mención.

Guayaquil, a los 10 días del mes de Marzo del año 2015

EL AUTOR

Ing. Emilio José Briones Orejuela.



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

SISTEMA DE POSGRADO

AUTORIZACIÓN

YO, EMILIO JOSÉ BRIONES OREJUELA

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, la publicación, en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación de Maestría titulado: “SIMULACIÓN Y EVALUACIÓN DE REDES Wi-Fi MEDIANTE LA PLATAFORMA OPNET”, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, a los 10 días del mes de Marzo del año 2015

EL AUTOR

Ing. Emilio José Briones Orejuela.

Dedicatoria

Esta tesis se la dedico a mi familia quienes por ellos soy lo que soy.

Para mis padres por su apoyo, consejos, comprensión, amor, ayuda en los momentos difíciles, y por ayudarme con los recursos necesarios para estudiar. Me han dado todo lo que soy como persona, mis valores, mis principios, mi carácter, mi empeño, mi perseverancia, mi coraje para conseguir mis objetivos.

A mi hermano por estar siempre presente, acompañándome para poder realizarme.

A mi novia Karen quien ha sido y es una mi motivación, inspiración y felicidad.

*“La dicha de la vida consiste en tener siempre algo que hacer, alguien a quien amar y alguna cosa que esperar”. **Thomas Chalmer.***

Agradecimientos

En primera instancia agradezco a Dios quién supo guiarme por el buen camino, darme fuerzas para seguir adelante y no desmayar en los problemas que se presentaban, enseñándome a encarar las adversidades sin perder nunca la dignidad ni desfallecer en el intento.

Luego a mis formadores, personas de gran sabiduría quienes se han esforzado por ayudarme a llegar al punto en el que me encuentro.

Sencillo no ha sido el proceso, pero gracias a las ganas de transmitirme sus conocimientos y dedicación que los ha regido, he logrado importantes objetivos como culminar el desarrollo de mi tesis con éxito y obtener una titulación profesional.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS.....	IX
ÍNDICE DE TABLAS.....	XI
Resumen	XII
Abstract.....	XIII
Capítulo 1: Descripción preliminar del proyecto de grado.....	14
1.1. <i>Justificación</i>	14
1.2. <i>Antecedentes</i>	15
1.3. <i>Definición del problema</i>	15
1.4. <i>Objetivos</i>	16
1.5. <i>Hipótesis</i>	16
1.6. <i>Metodología de investigación</i>	16
Capítulo 2: Estado del Arte de Redes Inalámbricas.....	17
2.1. <i>Redes Inalámbricas Wi-Fi</i>	17
2.2. <i>Redes inalámbricas de área personal (WPAN)</i>	18
2.3. <i>Redes inalámbricas de área local (WLAN):</i>	19
2.4. <i>Redes inalámbricas de área metropolitana (WMAN)</i>	20
2.5. <i>Redes inalámbricas de área mundial (WWAN)</i>	21
2.6. <i>Topología de redes de datos</i>	21
2.6.1. <i>Redes de Topología Lineal o Bus</i>	22
2.6.2. <i>Redes con Topología Anillo</i>	23
2.6.3. <i>Redes con Topología Estrella</i>	24
Capítulo 3: Modelado, Evaluación y Resultados.....	25
3.1. <i>OPNET Implementación</i>	25
3.2. <i>Punto de acceso y estación de trabajo individuales</i>	27
3.3. <i>Punto de acceso único y múltiples estaciones de trabajo</i>	29

Conclusiones	42
Referencias Bibliográficas	43

ÍNDICE DE FIGURAS

Capítulo 2:

Figura 2. 1: Red inalámbrica de área personal, WPAN.	19
Figura 2. 2: Red inalámbrica de área personal, WLAN.	20
Figura 2. 3: Red inalámbrica de área metropolitana, WMAN.	20
Figura 2. 4: Red inalámbrica de área metropolitana, WMAN.	21
Figura 2. 5: Redes de Topología Bus.	23
Figura 2. 6: Redes con Topología Anillo.	23
Figura 2. 7: Redes con Topología Estrella.	24

Capítulo 3:

Figura 3. 1: Estructura de un punto de acceso y una estación de trabajo. ...	27
Figura 3. 2: Rendimiento para cada aplicación.	28
Figura 3. 3: Trayectoria de la estación de trabajo móvil.	28
Figura 3. 4: Potencia recibida de la estación de trabajo versus tiempo.	29
Figura 3. 5: Transferencia de archivos de alta intensidad contra baja intensidad.	30
Figura 3. 6: Tiempo de retardo del AP para 2, 10 y 50 estaciones de trabajo.	31
Figura 3. 7: Rendimiento del transmisor de radio para 2 estaciones de trabajo.	31
Figura 3. 8: Rendimiento del transmisor de radio para 10 estaciones de trabajo.	32
Figura 3. 9: Rendimiento del transmisor de radio para 50 estaciones de trabajo.	32
Figura 3. 10: 24 estaciones de trabajo con único AP y servidor FTP.	33
Figura 3. 11: 24 estaciones de trabajo unidas 1 por 1 versus unión simultánea.	34
Figura 3. 12: Estructura de la red con 1 AP y 20 estaciones de trabajo.	35
Figura 3. 13: Rendimiento sin RTS y RTS a 1024.	36

Figura 3. 14: Acceso a medios de retardo para no RTS y RTS 1024.	37
Figura 3. 15: Retardo general sin fragmentación y fragmentación 1024.....	37
Figura 3. 16: Retardo de acceso a medios sin fragmentación y fragmentación 1024.....	38
Figura 3. 17: Rendimiento sin fragmentación y fragmentación 1024.	38
Figura 3. 18: Rendimiento de RTS-Fragmentación 1024 y sin RTS ni fragmentación.	39
Figura 3. 19: Retardo de acceso al medio para el escenario.	39
Figura 3. 20: Configuración de la estación de trabajo con carga extrema y carga normal.	40
Figura 3. 21: Rendimiento de estación de trabajo con carga extrema VS carga normal.	41

ÍNDICE DE TABLAS

Capítulo 2:

Tabla 2. 1: Tecnologías inalámbricas.....18

Resumen

La tesis de grado propuesta tiene como finalidad el modelamiento de una red de comunicación inalámbrica Wi-Fi, considerando las normativas de la IEEE 802.11. La herramienta de modelamiento utilizada fue OPNET, está es muy utilizada en trabajos de tesis de posgrado y para mostrar resultados en revistas indexadas. La plataforma OPNET es una herramienta robusta, ya que permite modelar varios sistemas de comunicaciones con sus respectivas topologías.

También, el propósito fue lograr un modelamiento eficaz de una red Wi-Fi con diferentes escenarios, para así lograr optimizar el rendimiento o desempeño de la red Wi-Fi. OPNET dispone de una diversa librería de aplicaciones como FTP, páginas WEB, etc.

Abstract

The thesis proposal aims modeling a wireless communication network Wi-Fi, considering the IEEE 802.11 standards. The modeling tool was used OPNET, is is widely used in graduate thesis work and to show results in indexed journals. The OPNET platform is a robust tool because it allows to model various communication systems with their respective topologies.

Also, the aim was to achieve an effective modeling of a Wi-Fi network with different scenarios in order to achieve optimize performance or performance of the Wi-Fi network. OPNET has a diverse library of applications such as FTP, WEB pages, etc.

Capítulo 1: Descripción preliminar del proyecto de grado.

1.1. Introducción.

A mediados del siglo XX, las tecnologías de la información están predominando las comunicaciones de datos, es decir, todos los aspectos relacionados con la recolección, procesamiento y distribución de la información. En el presente siglo, hemos visto el crecimiento acelerado de la radio y televisión, la expansión de las redes telefónicas a nivel mundial, la expansión de las redes de ordenadores, así como las comunicaciones por satélites.

En la última década, los mencionados avances han permitido la convergencia para capturar, transportar, almacenar y procesar la información, siendo exponencial el crecimiento de la demanda para acceder a servicios de comunicaciones de datos, cuyas exigencias de procesamiento crecen con mayor rapidez. Así mismo, han disminuido drásticamente los costes de equipos informáticos, de comunicaciones, así como han mejorado las técnicas substanciales para transmitir y recibir información.

Según lo indicado por (Zorrilla Pantaleón, 2012) las redes de comunicaciones electrónicas, particularmente, el área de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TICs) constituyen uno de los sectores más atractivos en actividades de enseñanza, empresariales y colectividad. (Zorrilla Pantaleón, 2012) manifiesta que la capacidad de almacenamiento, gestión y difusión de la información que conocemos hoy gracias a Internet se debe a la evolución conjunta de la informática y las telecomunicaciones. La técnica que conjuga ambas áreas recibe el nombre de Telemática y se ocupa, principalmente, del tratamiento y transmisión de información a través de redes de ordenadores. (Zorrilla Pantaleón, 2012)

1.2. Antecedentes.

Según (Uyless D. , 2006) las redes Wi-Fi se ven fortalecidas por el uso de sistemas de comunicaciones de datos. Estos sistemas se encargan del transporte de datos e información entre los ordenadores. Las comunicaciones de datos proporcionan conexiones entre ordenadores de un país y del mundo situados a grandes distancias. Los recursos informáticos están unidos mediante sistemas de comunicación de datos, formando una red de recursos automatizados que soportan las múltiples funciones de una empresa u organización. (Uyless D. , 2006)

La Maestría en Telecomunicaciones se desarrolla sus clases en la Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo, y que dispone de una red, que brinda servicios y conexiones con calidad poco aceptables. El crecimiento de usuarios, especialmente de los estudiantes de las carreras ofertadas en pregrado o posgrado.

Por eso, es posible la modelación de redes Wi-Fi sobre plataformas de simulación disponibles en forma gratuita y con pago para licencia profesional, en este proyecto se utiliza el simulador OPNET para evaluar cómo sería el comportamiento o rendimiento de conexiones únicas y múltiples de estaciones de trabajo, así como de los puntos de acceso.

1.3. Definición del problema

En el repositorio de la Maestría en Telecomunicaciones de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, se ha encontrado tesis de grado que utilizan plataformas de simulación de comunicaciones de datos, tales como OPNET y otras tesis que son de intervención (no requieren simulaciones).

Debido al crecimiento de usuarios en la red de comunicaciones de datos en la FETD, surge la necesidad de evaluar mediante escenarios de

redes Wi-Fi mediante puntos de acceso y estaciones de trabajo móviles sobre OPNET.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General:

Realizar la simulación y evaluación de redes Wi-Fi mediante la plataforma OPNET.

1.4.2. Objetivos específicos:

- ✓ Describir el estado del arte de las redes de comunicaciones inalámbricas.
- ✓ Diseñar modelos de redes Wi-Fi mediante escenarios modificables en la transmisión de datos de carga normal y extendida.
- ✓ Evaluar el desempeño de los escenarios propuestos para redes Wi-Fi mediante transmisión de datos.

1.5. Hipótesis

Los escenarios de redes Wi-Fi propuestos en el proyecto de grado de la MET y simulados en la plataforma OPNET permitirá verificar el desempeño de la red Wi-Fi diseñada y a la vez ayudará a proponer nuevos temas de desarrollo de trabajos de posgrado en la Maestría en Telecomunicaciones.

1.6. Metodología de investigación.

La tesis de grado propuesta pretende evaluar los escenarios de redes Wi-Fi. Este proceso cuasi-experimental se basa en la evaluación de escenarios sobre OPNET, los mismos permiten modificar sus variables de estudio de las redes Wi-Fi.

Capítulo 2: Estado del Arte de Redes Inalámbricas.

2.1. Redes Inalámbricas Wi-Fi.

Las redes de comunicación inalámbrica son aquellas que no requieren de cables de interconexión entre participantes; un ejemplo de comunicación inalámbrica es la telefonía móvil. No cabe duda de que la tecnología inalámbrica está ocupando rápidamente las preferencias de todo tipo de usuarios (Carballar F., 2010) (Gómez G., 2006) (Romo G., et al, 2009). A principios de 1901, el físico italiano Guillermo Marconi demostró un telégrafo inalámbrico desde un barco a tierra utilizando el código Morse. (Tanenbaum, 2003)

A nivel mundial, la comunicación inalámbrica mediante redes Wi-Fi han tenido un acelerado crecimiento y adoptados por la mayoría de hogares, escuelas, colegios, universidades y empresas. Esto, gracias a las ventajas ofrecidas contra redes cableadas, estas ventajas son: disminución de costes tanto para su instalación, adaptabilidad y escalabilidad de infraestructura inalámbrica. Sin embargo, pueden modificarse según las necesidades de los clientes y de los proveedores de servicios.

En base a ese crecimiento, aparecieron múltiples tecnologías inalámbricas y entre estas tecnologías surgió Wi-Fi (*Wireless Fidelity*), que están basadas de acuerdo al estándar IEEE¹ 802.11. El estándar IEEE 802.11 fue diseñado y creado para permitir la conectividad inalámbrica tanto para ordenadores fijos, portátiles, y otros dispositivos electrónicos móviles dentro de un área local.

¹ IEEE: Corresponde a las siglas del Institute of Electrical and Electronics Engineers, Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos, una asociación estadounidense dedicada a la estandarización.

La arquitectura de redes de comunicaciones inalámbricas, se compone de los siguientes niveles:

- a) Redes personales inalámbricas (WPAN), que incluye el concepto VAN (Vehicular Area Network).
- b) Redes Inalámbricas de área local o WLAN.
- c) Redes de área extendida de acceso inalámbrico o redes WWAN.

La tabla 2.1 muestra brevemente la descripción básica de las tecnologías de redes inalámbricas.

Tabla 2. 1: Tecnologías inalámbricas.

	PAN	LAN	MAN	WAN
Estándares	Bluetooth 802.15.3	802.11	802.11 802.16 802.20	GSM, CDMA, Satélite
Velocidad	< 1Mbps	De 11 a 54 Mbps	10-100+ Mbps	10 Kbps-2 Mbps
Intervalos	Cortocircuito	Medio	Medio-Largo	Largo
Aplicaciones	Punto a punto Dispositivo a dispositivo	Redes de empresas	Acceso a última milla	Datos móviles Dispositivos

Elaborado por: El Autor.

2.2. Redes inalámbricas de área personal (WPAN)

La Red Inalámbrica de Área Personal, es una red de ordenadores empleadas para comunicaciones entre diversos dispositivos electrónicos (PC's, puntos de acceso a internet, telefonía celular, PDA, dispositivos de audio, impresoras) localizados en las proximidades de un individuo. Los dispositivos electrónicos pueden o no pertenecer al usuario en cuestión. Una desventaja es la limitación que tienen (pocos metros) de alcance para interconexión de dispositivos personales o redes de mayor nivel o internet.

Según (Andreu Gómez, 2010) el estándar más utilizado es bluetooth, que permite el intercambio de archivos (Peer-to-Peer, P2P o Device-to-Device, D2D). También (Andreu Gómez, 2010) sostiene que existen otros estándares, tales como infrarrojos, RFID, TAG, UWB, ZigBee, etc., todos regulados por el estándar IEEE 802.15.

Por ejemplo, un transmisor DBT-120 tiene incorporado un conector USB del tipo A (véase la figura 2.1), que sirve para que un terminal (ordenador, portátil, PDA, móvil, impresora, etc.) pueda conectarse a dispositivos, como periféricos, u otros terminales, la que se denomina PAN. (Andreu Gómez, 2010).



Figura 2. 1: Red inalámbrica de área personal, WPAN.
Fuente: (Romo G., et al, 2009)

2.3. Redes inalámbricas de área local (WLAN):

Las redes WLAN son sistemas de comunicaciones de datos inalámbricos flexibles, utilizado como ayuda para redes LAN alámbricas o para ampliación de éstas, mediante la tecnología de radiofrecuencia, lo que permite a los usuarios (estaciones móviles) moverse con facilidad y así reducir las conexiones de cableado estructurado. En la actualidad, las redes WLAN son muy importantes para empresas, escuelas, colegios, universidades o industrias, ya que ellos deben transmitir información en tiempo real a un servidor central.

Según (Andreu Gómez, 2010) las WLAN suelen situarse en el mismo edificio ($100\text{m} < \text{distancia} < 450\text{m}$), también conocida como Wi-Fi a través del

estándar IEEE 802.11 en sus múltiples versiones, tales como 802.11a, 802.11b, 802.11g y la 802.11n. Las tarjetas y dispositivos electrónicos de interfaz inalámbrica permiten transmisiones hasta 450 m, siempre que exista entornos atmosféricos propicios, es decir, que no existan interferencias ni obstáculos intermedios (Andreu Gómez, 2010).



Figura 2. 2: Red inalámbrica de área personal, WLAN.
Fuente: (Romo G., et al, 2009)

2.4. Redes inalámbricas de área metropolitana (WMAN)

Según (Tirado G., 2015) las redes WMAN se sitúan en un barrio, urbanización o municipio pequeño, las tecnologías de este grupo se conocen como inalámbricas de Banda Ancha (*Wireless Broadband*) (Andreu Gómez, 2010). Las redes WMAN se diferencian de las WLAN mediante las tecnologías móviles de telecomunicaciones de red celular como GSM, EDGE, UMTS, GPRS, CDMA2000, GSM, HSDPA y, considerando tecnologías futuras, como LTE.

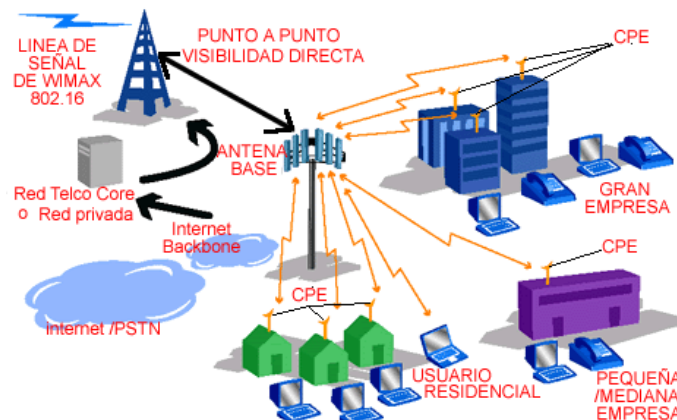


Figura 2. 3: Red inalámbrica de área metropolitana, WMAN.
Fuente: (Romo G., et al, 2009)

Un ejemplo de WMAN (ver figura 2.3) es el WiMax también conocida como WiBro, que soportan hasta unos 54 km de distancia en condiciones favorables de clima y cerca de 22 km en condiciones climatológicas adversas. (Andreu Gómez, 2010)

2.5. Redes inalámbricas de área mundial (WWAN)

Las WWAN son redes inalámbricas globales (véase la figura 2.4), que se basan en tecnologías como vSAT (conexiones satélite muy utilizadas en barrios de la periferia de las capitales, en el campo, etc.); 2G, 3G y 4G (soluciones vía móvil), etc. (Andreu Gómez, 2010). Por lo general las WWAN son muy utilizadas por empresas de telefonía móvil o celular, mediante tecnologías como GSM, EDGE, UMTS, GPRS, CDMA2000, GSM, HSDPA y, considerando tecnologías futuras, como la LTE.

También se podrían considerar tecnologías Wimax, que se ofrecen a nivel regional, nacional, o incluso a escala mundial, siendo proporcionados por proveedores como el caso de Movistar, Claro y CNT EP que son empresas de servicios de comunicaciones privadas y la última empresa pública.

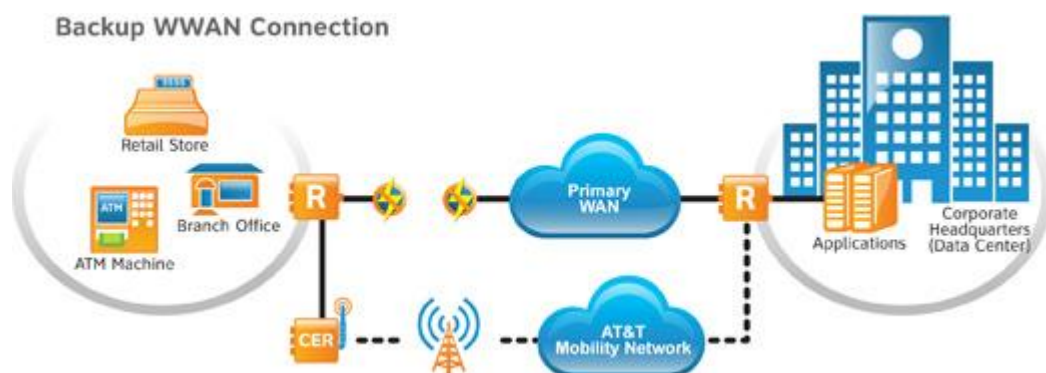


Figura 2. 4: Red inalámbrica de área metropolitana, WMAN.
Fuente: (Andreu Gómez, 2010).

2.6. Topología de redes de datos.

Las topologías de redes representan la disposición de los enlaces que permiten la conexión de los nodos de una red. Por consiguiente, las redes

tomarían diferentes formas de acuerdo a como estén interconectados los nodos. Existen dos maneras de describir las topologías de redes: física o lógica.

Según (Soto S., 2009) y (Herrera P., 2003) la topología se refiere a la configuración de la red, es decir, a su forma de conectividad física. Por tanto, podemos describir a una topología como la forma geométrica en que se distribuyen las estaciones de trabajo, así como los dispositivos de comunicaciones y cables de interconexión. Las estaciones de trabajo de una red se comunican entre sí mediante dispositivos de comunicación y conexiones físicas (Herrera P., 2003).

A continuación las topologías de redes se clasifican en:

- ✓ Redes de Topología Lineal o Bus.
- ✓ Redes con Topología Anillo.
- ✓ Redes con Topología Estrella.

2.6.1. Redes de Topología Lineal o Bus.

Las redes de topología bus emplean un solo medio de transmisión, es decir, que las computadoras de una red se conectan directamente al bus o cable coaxial (recomendado como medio de transmisión en una topología de este tipo). En la figura 2.5 se ilustra una red de computadores utilizando la topología lineal o bus.

En esta tecnología, todas las estaciones de trabajo se conectan a un canal de comunicaciones único. Toda la información fluye por el canal y cada estación recibe sólo la información que va dirigida a ella. Este tipo de redes son sencillas de instalar y brindan gran flexibilidad para aumentar o disminuir el número de estaciones. La cantidad de cable que utilizan es mínima, sobre todo en comparación con la topología estrella, pues el cable no tiene que ir desde el servidor hasta cada una de las estaciones de trabajo. Tienen la ventaja, además, de que una falla en alguna de las

estaciones no repercute en la red, pero una ruptura de la línea común si la inutilizará por completo. (Herrera P., 2003)

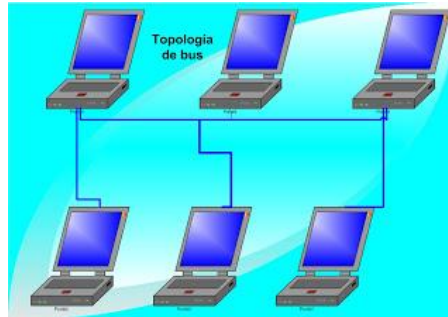


Figura 2. 5: Redes de Topología Bus.
Fuente: (Andreu Gómez, 2010).

Una desventaja que se presenta es que si existe una interrupción física en cualquier parte del bus provoca la falla de toda la red.

2.6.2. Redes con Topología Anillo.

Las redes con topología anillo no disponen de conexiones de terminales, es decir, formando así un anillo (aunque no necesariamente circular) a través de la cual viaja la información solamente en una dirección alrededor de este, de manera que todos los mensajes pasan por todas las estaciones hasta llegar a la estación de destino en donde se quedan. En la figura 2.6 se ilustra una red de portátiles usando la topología anillo.



Figura 2. 6: Redes con Topología Anillo.
Fuente: (Herrera P., 2003)

En la topología de anillo, cada estación recibe sólo la información dirigida a ella y retransmite al nodo siguiente la que tiene otra dirección. Este

tipo de redes permite aumentar o disminuir sin dificultad el número de estaciones (Herrera P., 2003). Una desventaja de este tipo de redes es que la velocidad de transmisión decrece cuando el flujo de información aumenta, es decir, si aumentan las estaciones a la red más lenta se volverá.

2.6.3. Redes con Topología Estrella

Las redes con topología estrella permite conectar a todas las computadoras o estaciones de trabajo a un único concentrador central, denominado hub o switch. A diferencia de las otras topologías, no existe comunicación directa entre las estaciones de trabajo, es decir, que toda comunicación es centralizada por el hub o switch, tal como se ilustra en la figura 2.7.

Todas las comunicaciones entre las estaciones se hacen a través de un ordenador central (servidor de la red), que es la que se encarga de controlar la prioridad y procedencia de los mensajes y su distribución. El servidor de la red, es un dispositivo especial de conexión, esta presenta una buena flexibilidad para incrementar o disminuir el número de estaciones (Herrera P., 2003). Una ventaja a diferencia de las otras topologías es que una falla en alguno de las estaciones de trabajo no tiene efecto sobre el funcionamiento de las otras. La desventaja es que si falla el servidor de red ahí si influirá al resto de estaciones de trabajo.



Figura 2. 7: Redes con Topología Estrella.
Fuente: (Herrera P., 2003)

Capítulo 3: Modelado, Evaluación y Resultados

3.1. OPNET Implementación.

La herramienta de simulación OPNET se ejecuta bajo entorno Linux. Esta herramienta es un conjunto de herramientas de soporte de decisiones, proporcionando un entorno de desarrollo integral para la especificación, simulación y análisis del rendimiento de redes de comunicación, sistemas y aplicaciones informáticas. Nos permite crear modelos, ejecutar simulaciones, y analizar los datos de salida. OPNET dispone de cuatro editores jerárquicos para desarrollar un modelado de un determinado sistema, que son <<Network Editor>>, <<Node Editor>>, <<Process Editor>> y <<Parameter Editor>>. El bloque de construcción básico es el nodo, que es un modelo subyacente. Los nodos son correspondientes a los dispositivos de comunicación tales como PC, servidor de archivos, impresora, y el router.

Empezamos a construir el modelado de redes Wi-Fi con la creación de un proyecto con el modelo de la familia <<wireless_lan>> incluida, y trabajar en el modelo de la capa de red. Se crea una subred para representar la red inalámbrica de la oficina. Dentro de la subred, ponemos uno o dos puntos de acceso (AP) como un router inalámbrico para transmitir señales inalámbricas, y varias estaciones de trabajo de acuerdo a los diferentes escenarios.

El AP está conectado a un switch y luego se conecta a un servidor que proporciona las aplicaciones utilizadas para las estaciones de trabajo. También debemos definir las aplicaciones y perfiles mediante la adición de un nodo en cada uno, y asociar la estación de trabajo con los perfiles, con el propósito de utilizar las aplicaciones. La tabla 3.1 muestran los nodos utilizados en OPNET. A continuación, se muestran los más importantes atributos para cada Nodo.

a. Access Point.

Node Model: wlan_ethernet_slip4_adv

Wireless LAN Parameters:

BSS Identifier: same level number as the associated Workstations

Access Point Functionality: Enabled

Operation Mode: 802.11g,

Data Rate: 54Mbps

Transmission Power: 0.005W

Dimensions of WLAN network: 100m x 100m,

b. Workstation.

Node Model: wlan_station_adv

BSS Identifier: same level number as the associated AP

Supported Application: varies correspond to different scenarios

Access Point Functionality: Disabled

Operation Mode: 802.11g,

Data Rate: 54Mbps

Transmission Power: 0.005W

c. Switch.

Node Model: Bay Networks Accelar1050

d. Server.

Node Model: ethernet_server

Application Supported Services: All

e. Application.

Node Model: Application Config







Application Definitions:

f. Profile.

Node Model: Profile Config

Profile Configuration:

Tabla 3: 1: Resumen de nodos utilizados.

Node	AP	Workstation	Application	Profile	Switch	Server
Node Icon						

Elaborado por: El Autor

3.2. Punto de acceso y estación de trabajo individuales.

Supervisión de rendimiento

Este escenario sirve para monitorear el desempeño de una estructura sencilla con un solo punto de acceso y una estación de trabajo, tal como se muestra en la figura 3.1. Para el rendimiento se analizan cuatro aplicaciones aplicadas a la estación de trabajo gradualmente. Las configuraciones se muestran a continuación:

- a. Applications: correo electrónico (e-mail), FTP e impresoras con intervalos de 30 minutos.
- b. Simulation Duration: 3.5 horas
- c. Simulation Running Time: 1 minuto.

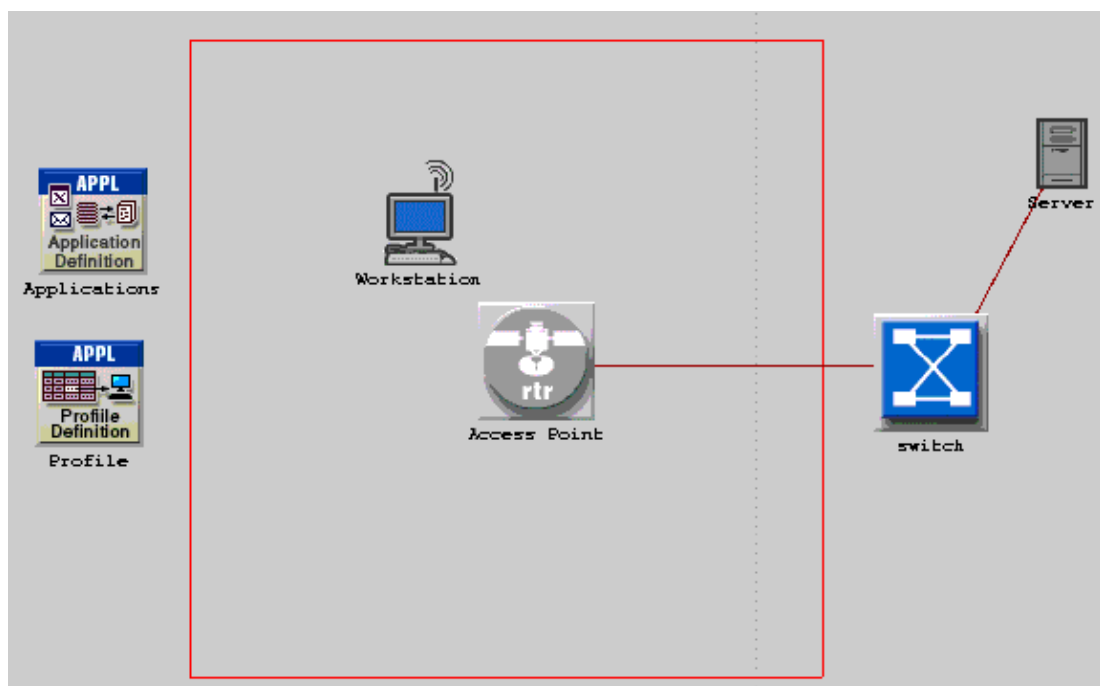


Figura 3. 1: Estructura de un punto de acceso y una estación de trabajo.
Elaborado por: El Autor

La figura 3.2 muestra el resultado de la simulación, podemos ver el rendimiento del correo electrónico comienza desde el inicio ($t=0$), FTP inicia al cabo de media hora, la navegación web se inicia al cabo de una hora, y finalmente la impresión de archivos comienza al cabo de una hora y media. Cada rendimiento tiene un tiempo de duración de 2 horas.

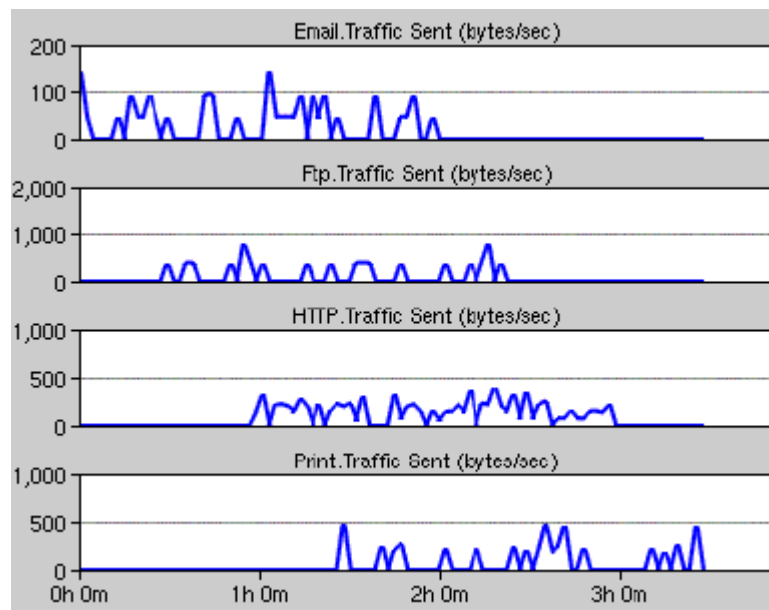


Figura 3. 2: Rendimiento para cada aplicación.
Elaborado por: El Autor

Potencia de la estación de trabajo móvil

Para este escenario, vamos a simular una estación de trabajo móvil desde fuera de la cobertura del AP hacia el AP y continúa alejándose del AP. La figura 3.3 muestra la estructura de esta configuración, y la trayectoria de la estación de trabajo móvil. La estación de trabajo se mueve a la velocidad de 0,5 m/s para una distancia total de 100 m.

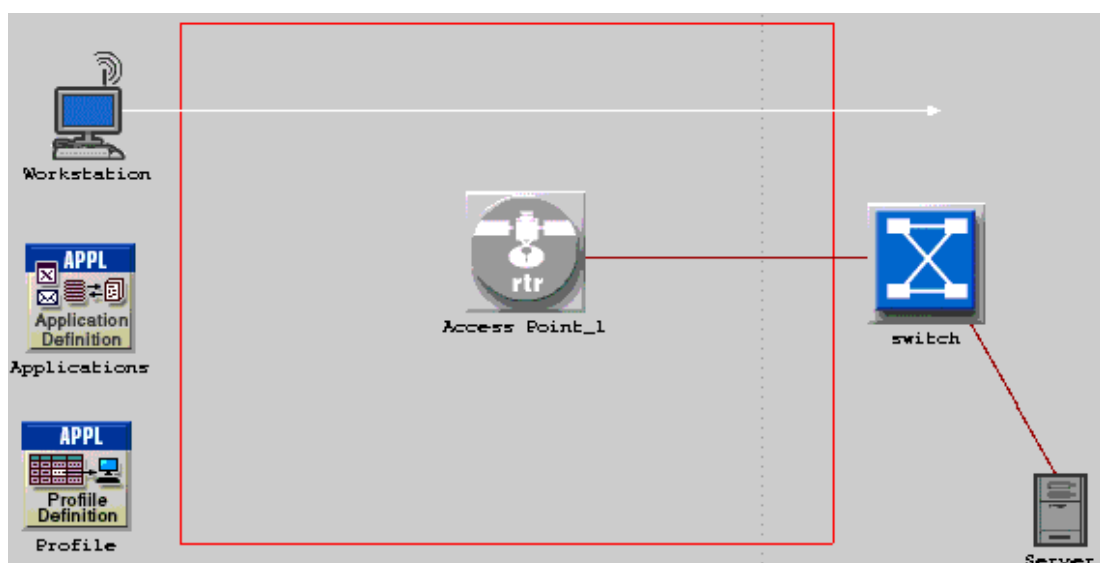


Figura 3. 3: Trayectoria de la estación de trabajo móvil.
Elaborado por: El Autor

Las configuraciones para la simulación del presente escenario ya descrito, se muestran a continuación:

- a. Applications: FTP (alta carga).
- b. Simulation Duration: 1 hora.
- c. Simulation Running Time: 1 minuto.

La potencia recibida de la estación de trabajo móvil se muestra en la figura 3.4. Es como se esperaba que la potencia es muy baja al comienzo y al final del tiempo de duración debido a que la estación de trabajo se encontraba fuera del rango de cobertura del AP, por lo que recibe muy poca energía. A medida que la estación de trabajo móvil se va acercando al AP, la potencia recibida se incrementa y es más alta cuando la estación de trabajo móvil está más cercana al AP, de modo que podamos ver un pico en la gráfica de la figura 3.4.

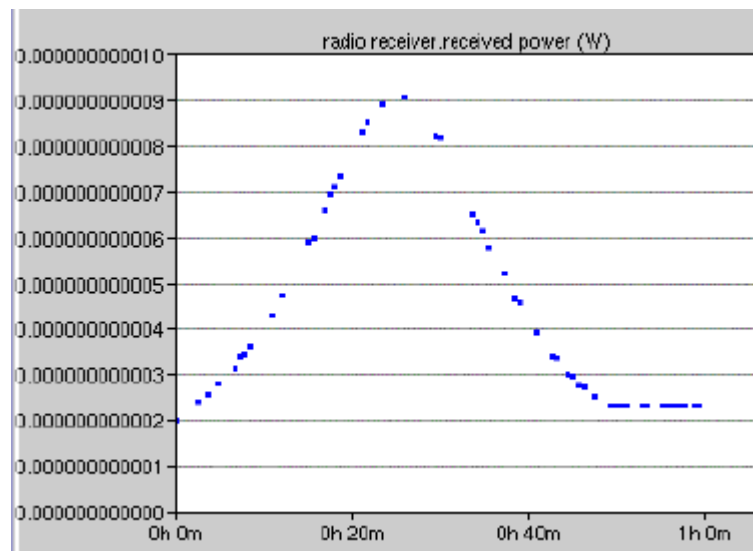


Figura 3. 4: Potencia recibida de la estación de trabajo versus tiempo.
Elaborado por: El Autor

3.3. Punto de acceso único y múltiples estaciones de trabajo.

En este primer escenario, se romperán en varias sub-casos, y cada sub-caso tiene pocos escenarios, para que podamos investigar el tiempo de retardo del AP con múltiples estaciones de trabajo, debido a las diferentes situaciones que pueden ocurrir. También queremos conocer la limitación

principal para determinar el desempeño o rendimiento del AP con el fin de mejorar el tiempo de retardo del AP.

Definimos varias aplicaciones antes de explorar los diferentes escenarios. En el caso 2, por simplicidad sólo utilizamos la aplicación de transferencia de archivos. La figura 3.5 muestra la comparación de la FT de gran carga 1 con el tiempo requerido permanente de 10 s, el otro con 360 exponenciales requiere tiempo.

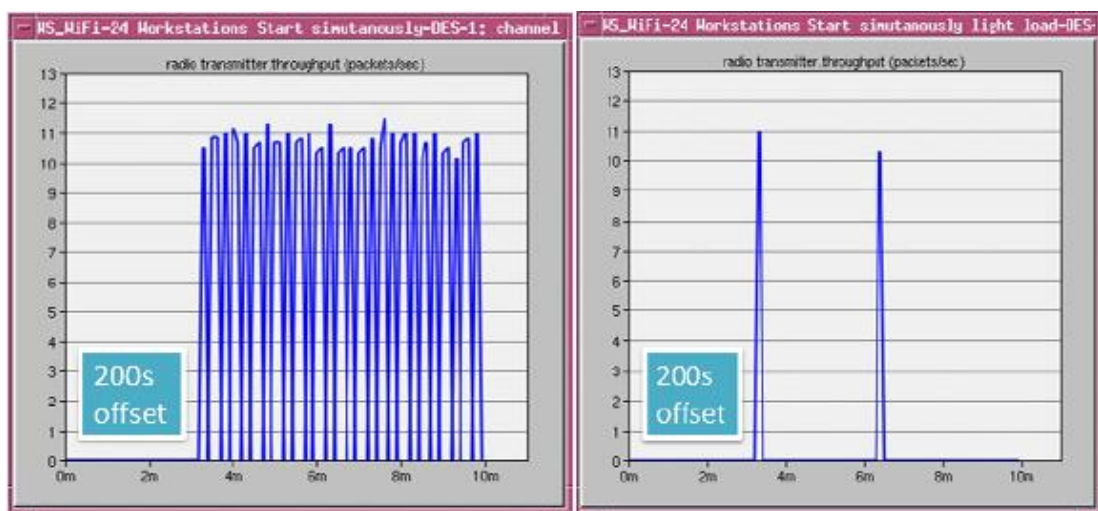


Figura 3. 5: Transferencia de archivos de alta intensidad contra baja intensidad.

Elaborado por: El Autor

2, 10, 50 estaciones de trabajo con la misma aplicación.

En este sub-escenario, estamos ejecutando la simulación 3 escenarios al aumentar el número de las estaciones de trabajo de 2 a 50, la figura 3.6 muestra claramente el tiempo de retardo del AP debido a estos 3 diferentes escenarios. El tiempo de duración de la simulación se fija en 10 minutos para 2 estaciones de trabajo, 1 hora para 10 estaciones de trabajo, 6 horas para 50 estaciones de trabajo, y finalmente 10 minutos para el tiempo de ejecución de la simulación.

Obviamente 50 estaciones de trabajo tiene el mayor retardo como esperábamos (véase la figura 3.9). A principio del escenario de 50 estaciones de trabajo, la disminución del tiempo de retardo se debe a que el

AP no sabe la cantidad de datos que las 50 estación de trabajo se van a transferir. AP limita el rendimiento de la estación de trabajo y poco a poco aumenta para alcanzar el máximo ancho de banda en donde AP tiene el retardo máximo.

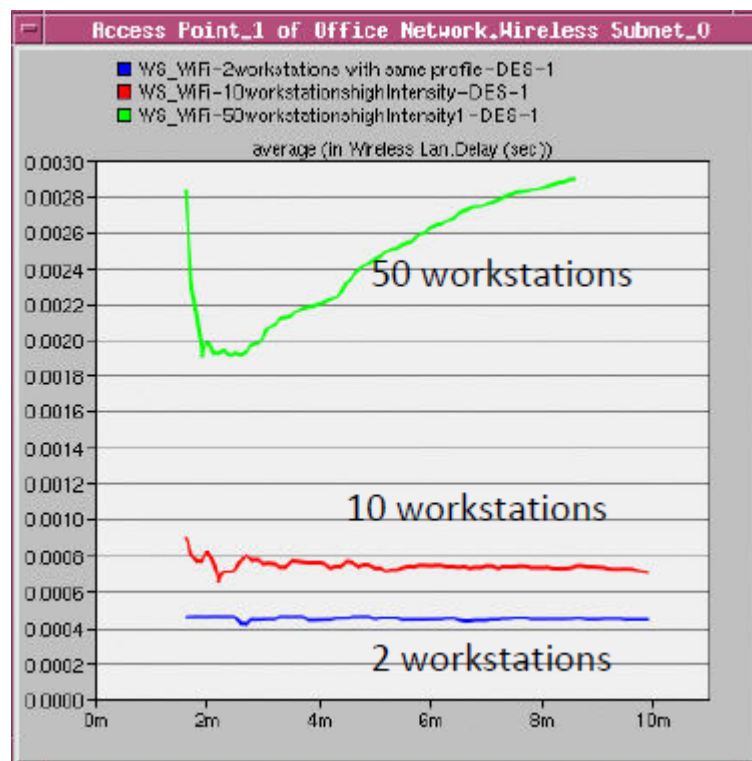


Figura 3. 6: Tiempo de retardo del AP para 2, 10 y 50 estaciones de trabajo.
Elaborado por: El Autor

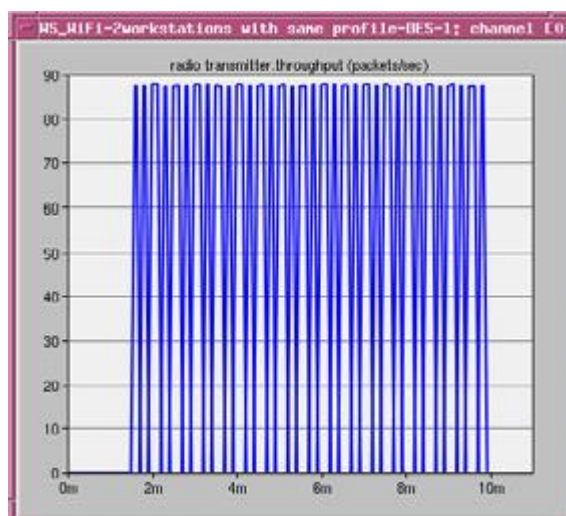


Figura 3. 7: Rendimiento del transmisor de radio para 2 estaciones de trabajo.
Elaborado por: El Autor

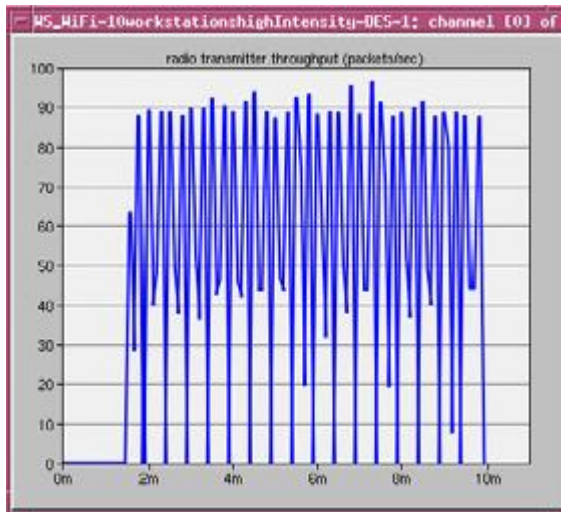


Figura 3. 8: Rendimiento del transmisor de radio para 10 estaciones de trabajo.
Elaborado por: El Autor

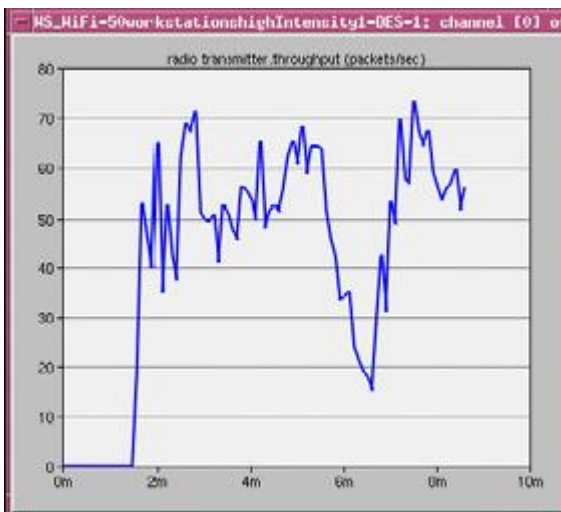


Figura 3. 9: Rendimiento del transmisor de radio para 50 estaciones de trabajo.
Elaborado por: El Autor

En este caso, todas las estaciones de trabajo están ejecutando FT (carga pesada) de alta intensidad; sin embargo, no todas las estaciones de trabajo se transmiten idealmente como esperábamos. El rendimiento del radio transmisor no es la única limitación de que aplicación estamos ejecutando; también está limitada por el ancho de banda y por el retardo de tiempo del AP. Más estaciones de trabajo unido a una red utilizarán mayor ancho de banda. Por lo tanto, el rendimiento de estación única está cayendo por aumentar el número total de estaciones de trabajo en la red.

24 estaciones de trabajo con único punto de acceso.

Para este sub-caso, estamos utilizando la transferencia de archivos de aplicaciones de baja intensidad de carga pesada. Durante 24 estaciones de trabajo se unieron 1 por 1 (véase la figura 3.10), una nueva estación se une a la red cada 200s.

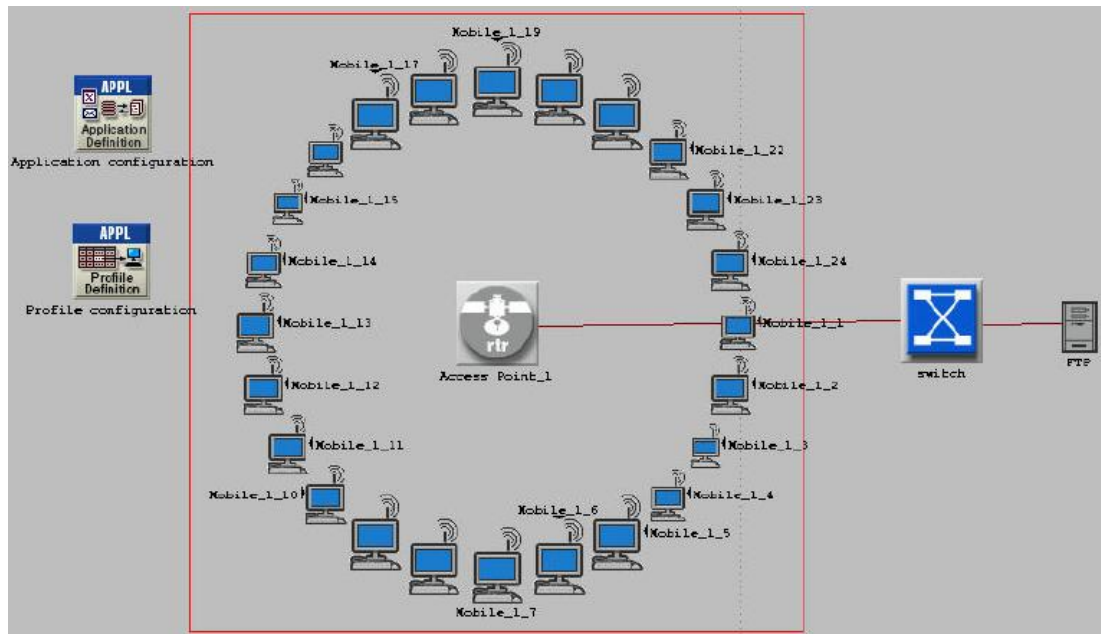


Figura 3. 10: 24 estaciones de trabajo con único AP y servidor FTP.
Elaborado por: El Autor

Como era de esperar, cuando 24 estaciones de trabajo se unieron a 1 por 1, el retardo de AP está creciendo lentamente hasta llegar a un tiempo estable en 0.00045 s. Para el escenario de 24 estaciones de trabajo que se unieron al mismo tiempo, todas las estaciones de trabajo piden servicio al mismo tiempo en que comienza como resultado un alto tiempo de retardo de AP, pero el retardo llega también a estabilizarse en 0.00045 s.

Esto se adapta perfectamente con 24 estaciones de trabajo unido a 1 por 1 escenario. Debido a que en un largo plazo, 24 estaciones de trabajo en una sola red de AP que ejecutan la misma aplicación debe resultar un mismo tiempo de retardo AP.

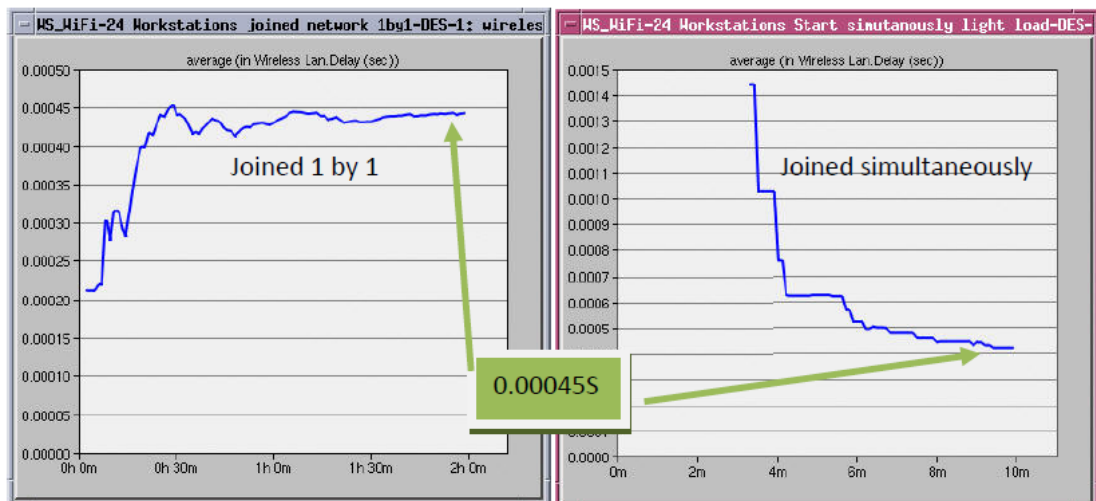


Figura 3. 11: 24 estaciones de trabajo unidas 1 por 1 versus unión simultánea.
Elaborado por: El Autor

De los 2 sub-casos, encontramos que la carga individual no solamente puede afectar al AP, también puede ser el efecto indirecto sobre otras estaciones de trabajo en las mismas redes. Con esta inconveniente, construimos el siguiente escenario:

Optimización del rendimiento

A medida que el número de estaciones de trabajo y el tamaño de los paquetes aumentan, se reducirá el rendimiento. En este escenario, monitoreamos la mejora en el rendimiento aplicando primero un umbral RTS (solicitud de envío), a continuación, aplicar un umbral de fragmentación, y por último aplicamos simultáneamente RTS y fragmentación. También vamos a observar cualquier lado negativo de la aplicación de estos umbrales.

Para la optimización del rendimiento tenemos lo siguiente, 1 AP, 20 estaciones de trabajo y diversas aplicaciones (solicitudes) como e-mail, FTP, páginas Web y servicios de impresión. Cada aplicación se ejecuta gradualmente en un intervalo de 5 minutos. La duración de simulación está entre 1 y 2 horas, y el tiempo de ejecución de simulación entre 10 y 30 minutos.

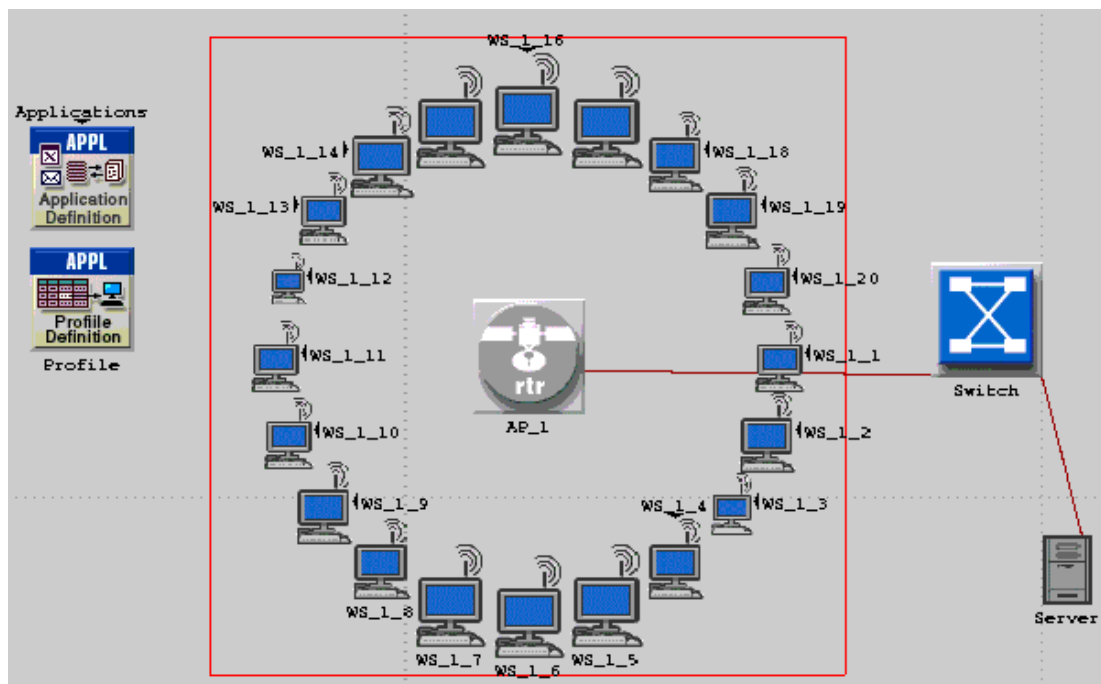


Figura 3. 12: Estructura de la red con 1 AP y 20 estaciones de trabajo.
Elaborado por: El Autor

RTS (solicitud de envío)

El mecanismo de solicitud de envío (RTS) es un procedimiento de establecimiento de comunicación utilizado por la red inalámbrica IEEE 802.11 para reducir la posibilidad de colisión. El umbral RTS especifica un umbral para determinar si tramas RTS son necesarias una trama de datos en particular.

Si la unidad de datos de servicio MAC (MSDU) recibida de la capa superior tiene un tamaño mayor que el umbral RTS entonces se necesita la trama RTS para la reserva de medios de comunicación.

Como el número de estaciones de trabajo en la red aumenta, el rendimiento de red LAN inalámbrica se reducirá. Este problema puede ser resuelto mediante la aplicación del mecanismo de RTS. El valor predeterminado del parámetro WLAN de RTS de la AP es ninguno, y modificamos el umbral RTS a 1024 bytes.

Puesto que el tiempo para el funcionamiento de simulación es largo debido al ajeteo del servidor que ejecuta OPNET, limitamos nuestra estación de trabajo a 20, que sólo se puede ver una ligera mejora en el rendimiento como se muestra en la figura 3.13. Sin embargo, con hasta cientos de estaciones de trabajo, vamos a ser capaces de ver una mejoría evidente.

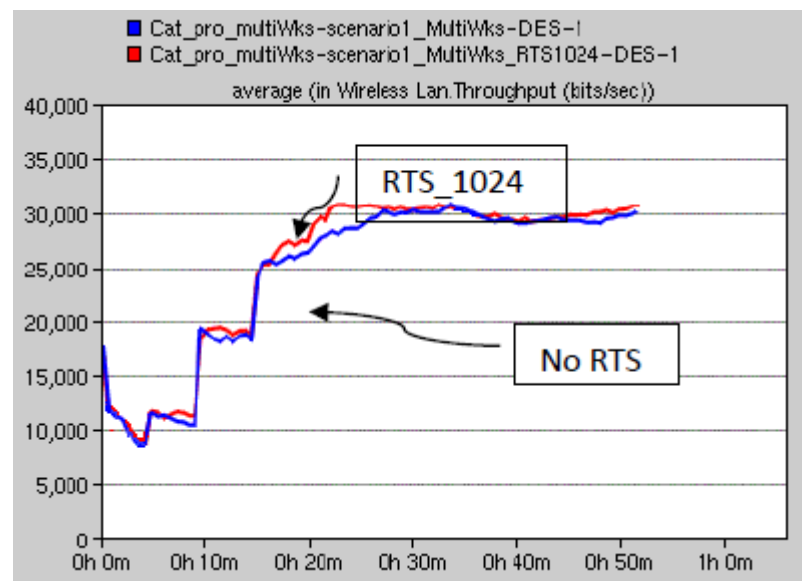


Figura 3. 13: Rendimiento sin RTS y RTS a 1024.
Elaborado por: El Autor

Este mecanismo es una técnica de establecimiento de comunicación de cuatro vías en lugar de la técnica de establecimiento de comunicación de dos vías básica para la transmisión de paquetes. La utilización de estrategia en tiempo real es la cada vez mayor para el retardo de acceso a medios (véase la figura 3.14).

Dado que la tramas de espera RTS para recibir tramas de CTS (Clear-to-Send, anulación de envió) tomará un cierto periodo de tiempo mientras que los datos están esperando en el buffer de transmisión. Ahora, que sin utilizar RTS, los datos se envían de inmediato una vez que esté listo para enviar.

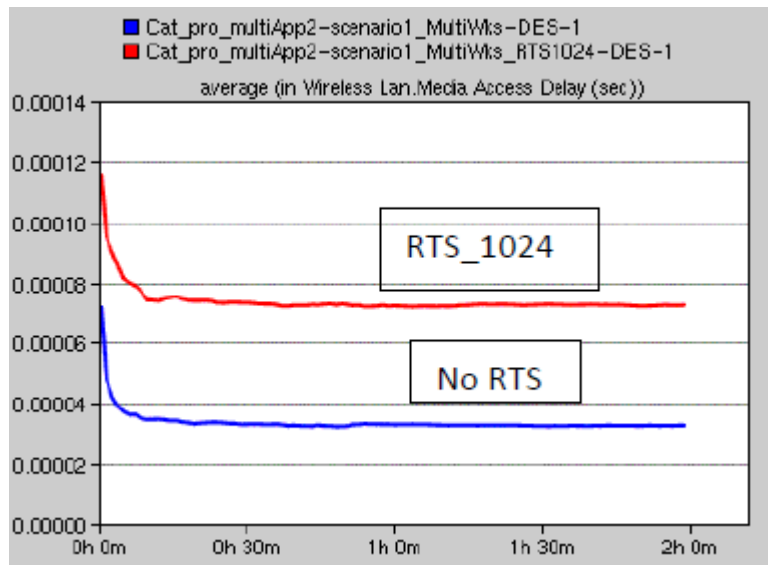


Figura 3. 14: Acceso a medios de retardo para no RTS y RTS 1024.
Elaborado por: El Autor

Fragmentación

El uso de fragmentación de paquetes con tamaños más grandes, permite mejorar la fiabilidad del intercambio de datos entre estaciones. El umbral de fragmentación especifica el valor para decidir si MSDU recibió datos fragmentados antes de la transmisión. Aplicamos la fragmentación estableciendo el atributo de umbral de acceso WLAN en 1024 bytes.

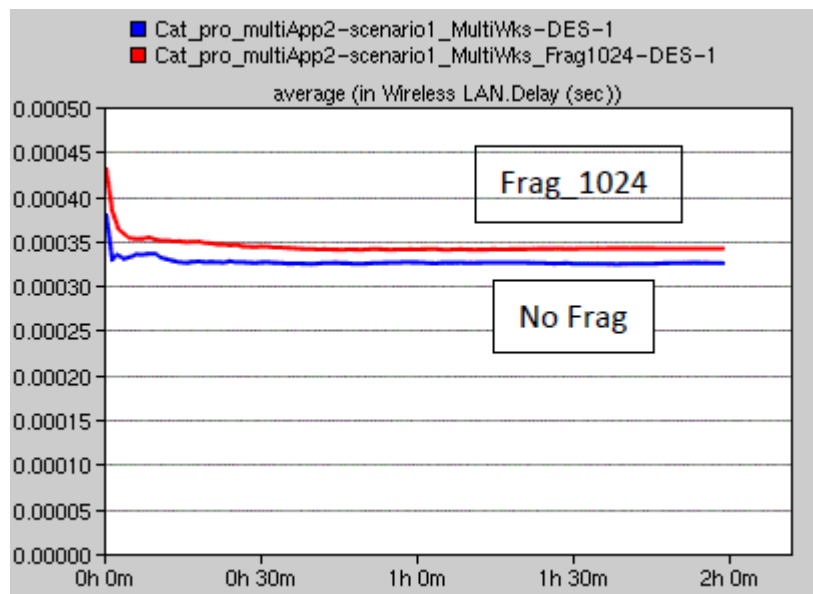


Figura 3. 15: Retardo general sin fragmentación y fragmentación 1024.
Elaborado por: El Autor

Cuando se fragmenta un paquete en un nodo, el resto de paquetes tienen que esperar a que el envío de todos los fragmentos del paquete anterior se haya completado, por lo que el proceso de fragmentación también aumenta el retardo de acceso al medio en el nodo. Además, los fragmentos más grandes resultan una disminución del rendimiento, como se muestra en la figura 3.12. Sin embargo, este problema puede ser resuelto mediante la aplicación tanto de la fragmentación como RTS.

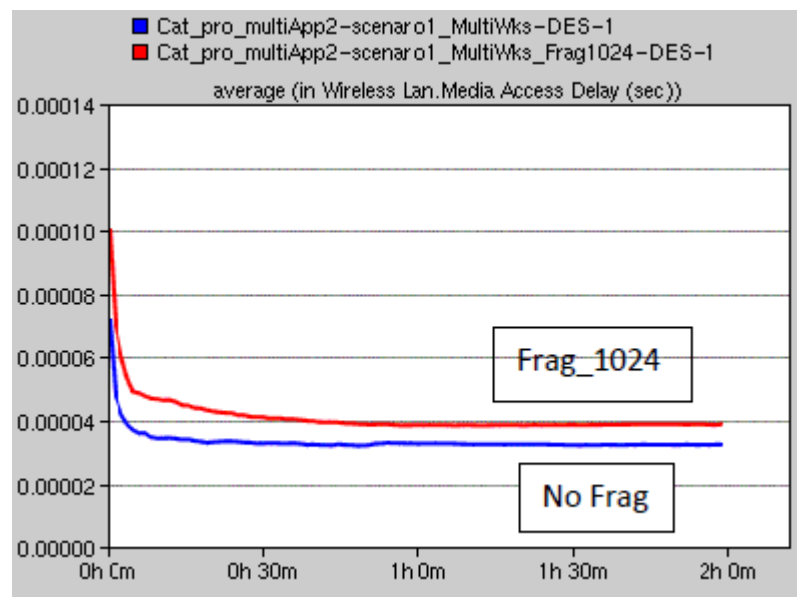


Figura 3. 16: Retardo de acceso a medios sin fragmentación y fragmentación 1024.

Elaborado por: El Autor

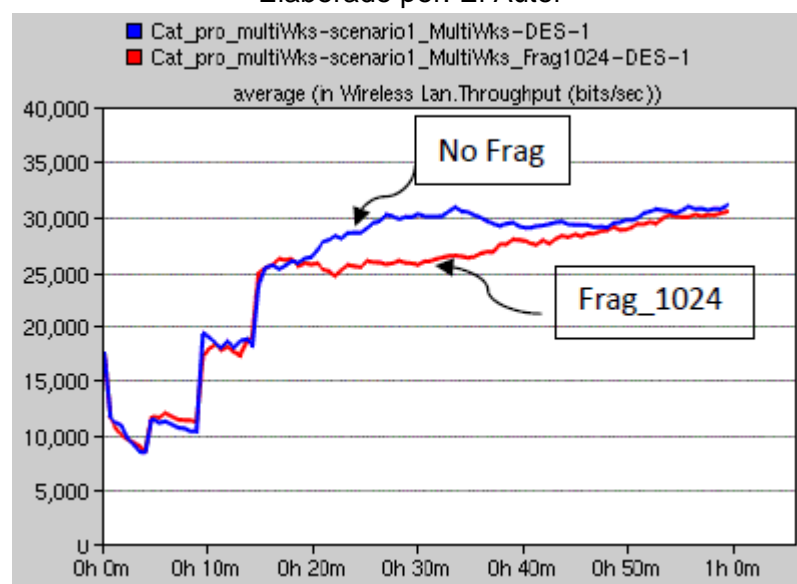


Figura 3. 17: Rendimiento sin fragmentación y fragmentación 1024.

Elaborado por: El Autor

Combinación de RTS y fragmentación

El escenario anterior muestra que al mejorar la fiabilidad en transmitir paquetes grandes mediante la aplicación de fragmentación, el rendimiento disminuía. Sin embargo, si aplicamos RTS además de fragmentación, cambiará totalmente el resultado y mejorará el rendimiento en comparación de no usar RTS y fragmentación. La figura 3.18 muestra la comparativa entre la combinación RTS-fragmentación 1024 y sin RTS ni fragmentación.

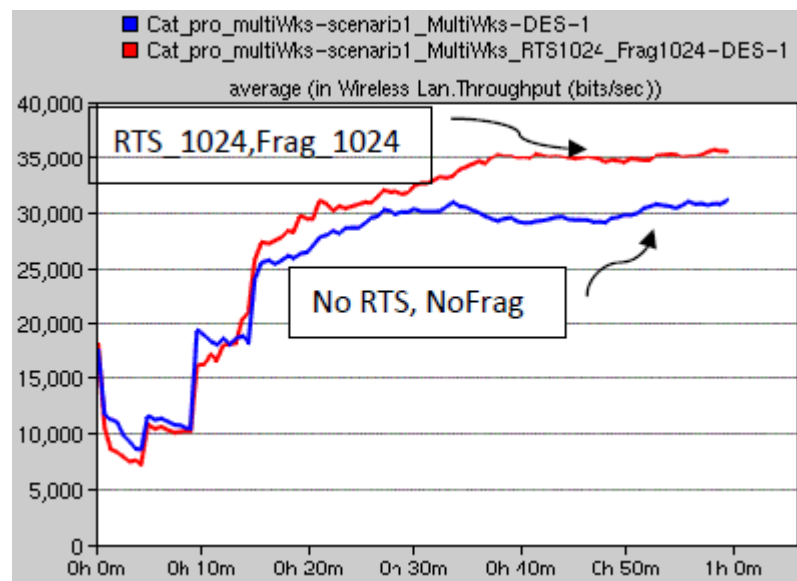


Figura 3. 18: Rendimiento de RTS-Fragmentación 1024 y sin RTS ni fragmentación.
Elaborado por: El Autor

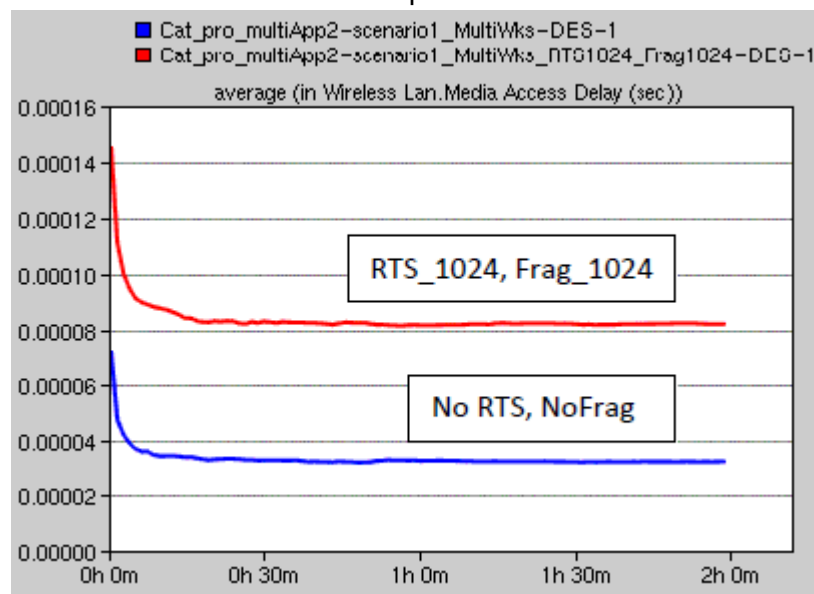


Figura 3. 19: Retardo de acceso al medio para el escenario.
Elaborado por: El Autor

Sin embargo, la compensación es de medio retardo de acceso, tal como se muestra en la figura 3.19.

2 estaciones de trabajo 1 con carga extrema y 1 con carga pesada normal.

Esta configuración es sencilla ya que tiene 2 estaciones de trabajo y todos ellos dentro del rango de AP. La diferencia de estas dos estaciones de trabajo es que una se está ejecutando con una carga pesada de transferencia de archivos normal (0,5 MB) cada 10 segundos y el otro se está ejecutando una carga extrema de transferencia de archivos (50 MB) cada 10 segundos. La duración de simulación es 1 hora y el tiempo de ejecución de la simulación es de 5 minutos.

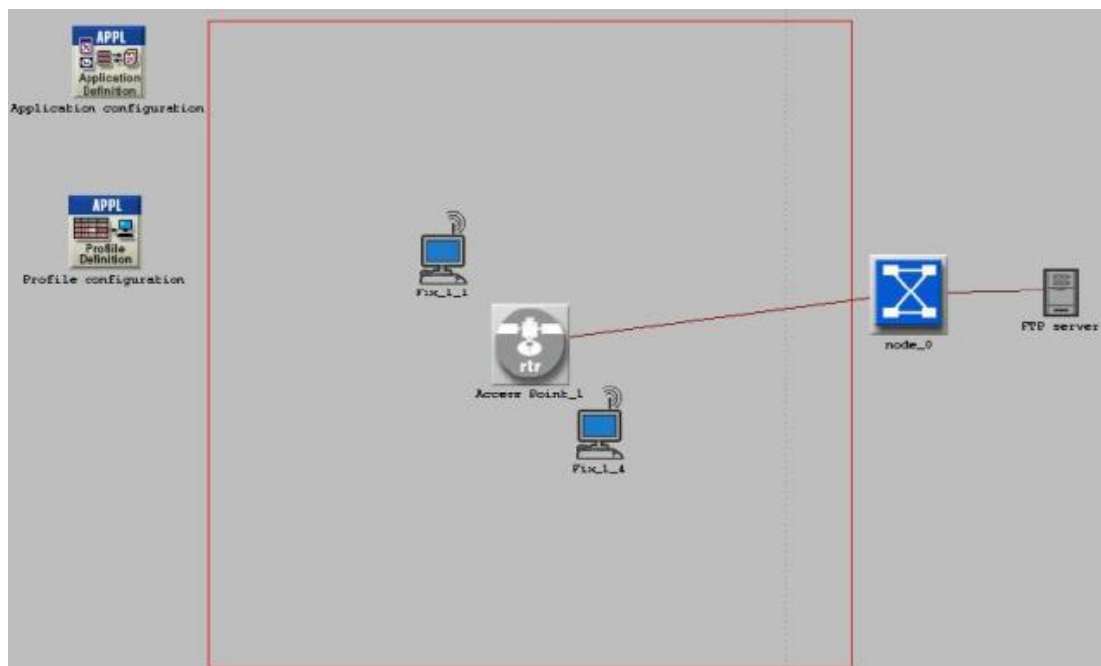


Figura 3. 20: Configuración de la estación de trabajo con carga extrema y carga normal.

Elaborado por: El Autor

Al incrementar la carga en la estación de trabajo 1 de la red, las otras estaciones de trabajo disminuyen el rendimiento del ancho de banda. También se encontró que el rendimiento de carga extrema en el gráfico no

es una forma de onda como la carga normal. Primero explicar por qué la carga normal tiene una forma de onda.

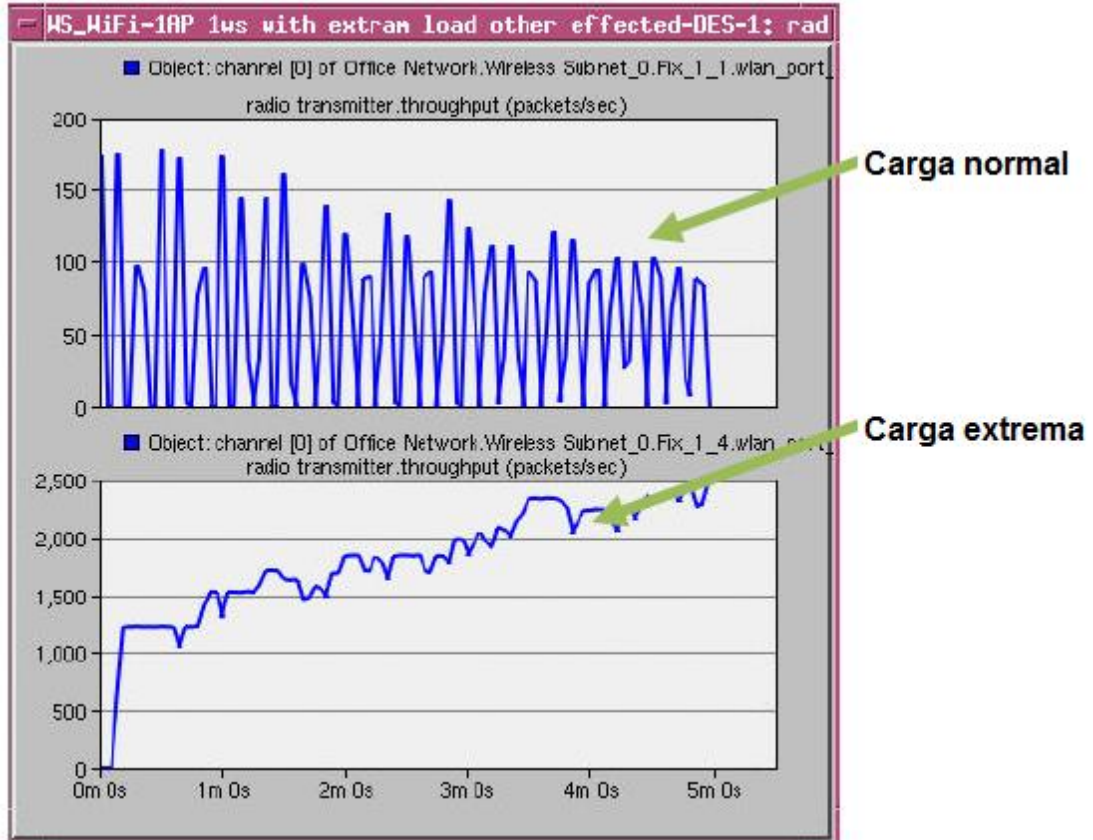


Figura 3. 21: Rendimiento de estación de trabajo con carga extrema VS carga normal.

Elaborado por: El Autor

La aplicación está ejecutando la transferencia de archivos de carga pesada (0.5MB) cada 10 segundos. Debido a que la estación de carga normal finaliza la transferencia de menos de 10 segundos, el rendimiento no tiene nada para transferir hasta la próxima petición.

Por lo tanto, el rendimiento de salida es una forma de onda. Para la estación de trabajo de transferencia de archivos de carga extrema, no puede terminar la transferencia de 50 MB en 10 segundos antes de la siguiente petición, por lo tanto el rendimiento descansa y también se incrementará el ancho de banda de rendimiento para terminar el trabajo.

Conclusiones

1. Mediante el Estado del Arte de Redes Inalámbricas se describieron las diferentes redes disponibles, así como las topologías de redes de datos necesarias al momento de diseñar una red.
2. Mediante OPNET se pudo experimentar en gran medida el uso de este simulador de redes de telecomunicaciones, ya que permite crear diferentes escenarios, así como configurar los parámetros para determinados modelos de red y también modelar el comportamiento de los diferentes componentes de la red Wi-Fi .
3. Finalmente, la simulación de los escenarios del proyecto de grado en OPNET permitieron obtener el tiempo de retardo de un punto de acceso, que dependen de la cantidad de carga de tráfico que tiene. Es decir, que cuanto mayor sea la carga, mayor será el tiempo de retardo. Por lo tanto, un punto de acceso debe mantener siempre un número limitado de estaciones de trabajo conectadas a ella, para garantizar una excelente calidad de servicio para la red Wi-Fi.

Referencias Bibliográficas

- Alcívar C., (2014). *Caracterización de un radioenlace entre el campus Portoviejo de la Universidad Técnica de Manabí y su extensión en Bahía de Caráquez*. Tesis de Grado Académico de Magíster en Telecomunicaciones de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.
- Andreu Gómez, J. (2010). *Servicios en Red: Ciclos Formativos*. Madrid: Editex.
- Carballar F., J. (2010). *Wi-Fi : lo que se necesita conocer*. Madrid: RC Libros.
- Gómez G., (2006). *Nueva Tecnología para Redes Inalámbricas Wi-Fi*. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.
- Herrera P., E. (2003). *Tecnologías y redes de transmisión de datos*. México: Limusa.
- Romo G., et al, (2009). *Propuesta de un Enlace de Comunicación entre Vehículos de Exploración y una Estación*. Instituto Politécnico Nacional.
- Soto S., (2009). *Computación II*. 2da Edición, Editorial Concordia, Universidad La Concordia, México.
- Tanenbaum, A. (2003). *Redes de Computadoras*. México: Pearson Educación.
- Tirado G., (2015). *Red Inalámbrica de Sensores para el Monitoreo de la Calidad del Agua de la Microcuenca del Río Quero*. Tesis de grado de

la Universidad Técnica de Ambato en la Carrera de Ingeniería en Electrónica y Comunicaciones.