



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA
PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

TEMA:

**Evaluación de las métricas de rendimiento y retardo para una
red WLAN con modos de infraestructura BSS y ESS**

AUTOR:

Solano Arguello, Cristhian Javier

Componente práctico del examen complejo previo a la
obtención del grado de **INGENIERO EN
TELECOMUNICACIONES**

REVISOR:

Palacios Meléndez, Edwin Fernando

Guayaquil, Ecuador

03 de Mayo del 2018



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente **componente práctico del examen complejo**, fue realizado en su totalidad por **Solano Arguello, Cristhian Javier** como requerimiento para la obtención del título de **INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES**.

REVISOR

Palacios Meléndez, Edwin Fernando

DIRECTOR DE CARRERA

Heras Sánchez, Miguel Armando

Guayaquil, a los 03 días del mes de Mayo del año 2018



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, **Solano Arguello, Cristhian Javier**

DECLARÓ QUE:

El **componente práctico del examen complejo, Evaluación de las métricas de rendimiento y retardo para una red WLAN con modos de infraestructura BSS y ESS** previo a la obtención del Título de **Ingeniero en Telecomunicaciones**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

Guayaquil, a los 03 días del mes de Mayo del año 2018

EL AUTOR

SOLANO ARGUELLO, CRISTHIAN JAVIER



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

AUTORIZACIÓN

Yo, **Solano Arguello, Cristhian Javier**


Autorizó a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la **publicación** en la biblioteca de la institución del **componente práctico del examen complejo, Evaluación de las métricas de rendimiento y retardo para una red WLAN con modos de infraestructura BSS y ESS**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, a los 03 días del mes de Mayo del año 2018

EL AUTOR

SOLANO ARGUELLO, CRISTHIAN JAVIER

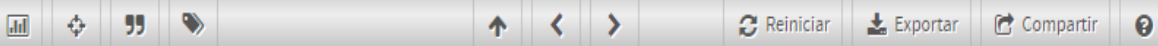
REPORTE DE URKUND



Documento	Solano Cristhian FINAL.docx (D38162147)
Presentado	2018-04-30 17:26 (-05:00)
Presentado por	fernandopm23@hotmail.com
Recibido	edwin.palacios.ucsg@analysis.orkund.com
Mensaje	Revisión de Cristhian Solano Mostrar el mensaje completo 1% de estas 20 páginas, se componen de texto presente en 3 fuentes.

Lista de fuentes Bloques

+	Categoría	Enlace/nombre de archivo	✓
+	>	http://eprints.ucm.es/10066/1/Jos%C3%...	✓
+		http://upcommons.upc.edu/handle/2099...	✓
+		http://148.206.53.84/tesiunami/UAMI15536...	✓
+	Fuentes alternativas		
+	Fuentes no usadas		

Reiniciar Exportar Compartir ?

0 Advertencias

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL
DESARROLLO CARRERA DE INGENIERÍA EN
TELECOMUNICACIONES

TEMA: Evaluación de las métricas de rendimiento y
retardo para una red WLAN con modos de
infraestructura BSS y ESS

AUTOR: Solano Arguello, Cristhian Javier

Componente práctico del examen complejo previo a
la obtención del grado de INGENIERO EN
TELECOMUNICACIONES

REVISOR: Palacios Meléndez, Edwin Fernando

DEDICATORIA

Este componente práctico del examen complejo va dedicado directamente a mis madres Ruth Arguello y Galuth Pérez, viviré en deuda con ustedes por todo lo que han hecho por mí, esto y los logros que vengan en un futuro serán por y para ustedes.

EL AUTOR

SOLANO ARGUELLO, CRISTHIAN JAVIER

AGRADECIMIENTO

No quiero desaprovechar la oportunidad para agradecerle a Dios por mantenerme con firmeza siempre. Es una satisfacción muy grande el haber alcanzado una meta más en mi vida, me va a faltar vida para retribuir todo lo que ha hecho mi madre, con la que voy a estar agradecido toda mi vida porque no importo lo difícil que haya sido, jamás me dejó solo y eso lo llevaré por siempre en mi corazón.

Agradecerle también a mi abuelita que es un pilar fundamental en mi vida y que con su ejemplo de lucha me enseñó que por más difíciles que las cosas puedan tornarse jamás se debe bajar los brazos.

A mi hermano Daniel por cada consejo y por ser mi mejor amigo.

Mi agradecimiento sincero al Ing. Fernando Palacios por el apoyo brindado y por los consejos y enseñanzas impartidas; y gracias a todos los que con sus palabras me dieron aliento para seguir.

EL AUTOR

SOLANO ARGUELLO, CRISTHIAN JAVIER



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

f. _____
MANUEL DE JESUS ROMERO PAZ
DECANO

f. _____
NÉSTOR ARMANDO ZAMORA CEDEÑO
COORDINADOR DE ÁREA

f. _____
LUIS SILVIO CORDOVA RIVADENEIRA
OPONENTE

ÍNDICE GENERAL

Índice de Figuras	XI
Índice de Tablas	XIII
Resumen	XIV
CAPÍTULO 1: DESCRIPCIÓN DEL COMPONENTE PRÁCTICO.....	15
1.1. Introducción.....	15
1.2. Antecedentes.	16
1.3. Definición del problema.	16
1.4. Objetivo General.	17
1.5. Objetivos Específicos.	17
CAPÍTULO 2: Fundamentación teórica.....	18
2.1. Introducción.....	18
2.2. Topología de redes inalámbricas.....	19
2.2.1. Red de área corporal (BAN).....	19
2.2.2. Red de área personal (PAN).....	20
2.2.3. Red de área local inalámbrica (WLAN).	21
2.2.4. Red de área amplia inalámbrica (WWAN).....	22
2.3. Tecnologías de LANs inalámbricas.	24
2.3.1. Estándar IEEE 802.11 – WLAN.	24
2.3.1.1. Modo de infraestructura.	26
2.3.1.2. Modo sin infraestructura o Ad-hoc.	28
2.3.2. Estándar IEEE 802.15.1 – Bluetooth.....	29
2.4. Protocolos de enrutamiento.....	31
2.4.1. Enrutamiento unidifusión (unicast).....	32
2.4.1.1. Protocolos proactivos.....	32
2.4.1.2. Protocolos Reactivos.	33
2.4.1.3. Protocolos híbridos.	35
2.4.2. Enrutamiento de multidifusión.	36
Capítulo 3: Simulación del componente práctico.	40
3.1. Modelado del escenario 1: modo infraestructura BSS.	40
3.2. Recopilación estadística y configuración del tiempo de simulación.	43
3.3. Configuración de parámetros del escenario 1 – caso 1.	45

3.4. Configuración de parámetros del escenario 1 – caso 2.	45
3.5. Configuración de parámetros del escenario 2, modo de infraestructura (ESS).	45
3.6. Configuración de parámetros del escenario 2, caso 1.	46
3.7. Configuración de parámetros del escenario 2, caso 2.	47
3.8. Análisis de resultados obtenidos para el modo de infraestructura BSS del escenario 1 – caso 1.	47
3.8.1. Análisis del rendimiento de WLAN para el escenario 1 – caso 1.	47
3.8.2. Análisis del retardo de WLAN para el escenario 1 – caso 1.	48
3.9. Análisis de resultados obtenidos para el modo de infraestructura BSS del escenario 1 – caso 2.	49
3.9.1. Análisis del rendimiento de WLAN para el escenario 1 – caso 2.	49
3.9.2. Análisis del retardo de WLAN para el escenario 1 – caso 2.	50
3.10. Análisis y resultados para el modo de infraestructura ESS del escenario 2 – caso 1.	51
3.10.1. Análisis del rendimiento de WLAN para el escenario 2 – caso 1.	51
3.10.2. Análisis del retardo de WLAN para el escenario 2 – caso 1.	52
3.11. Análisis y resultados para el modo de infraestructura ESS del escenario 2 – caso 2.	53
3.11.1. Análisis del rendimiento de WLAN para el escenario 2 – caso 2.	53
3.11.2. Análisis del retardo de WLAN para el escenario 2 – caso 2.	54
Conclusiones.	56
Recomendaciones.	57
Referencias bibliográficas.	58

Índice de Figuras

Capítulo 2:

Figura 2. 1: Topología de redes inalámbricas.	19
Figura 2. 2: Esquemático de la configuración del modo de infraestructura BSS.	27
Figura 2. 3: Esquemático de la configuración del modo de infraestructura ESS.	27
Figura 2. 4: Esquemático de la configuración del modo de infraestructura BSS independiente	29

Capítulo 3:

Figura 3. 1: Escenario de simulación del modo BSS.....	40
Figura 3. 2: Configuración de atributos para el escenario 1 del modo BSS..	41
Figura 3. 3: Configuración de atributos de la definición de perfil del modo BSS.	41
Figura 3. 4: Configuración de atributos del servidor Ethernet en el modo BSS.	42
Figura 3. 5: Configuración de atributos del punto de acceso (AP) en el modo BSS.	42
Figura 3. 6: Configuraciones de atributos de estaciones de trabajo y tasas de datos en el modo BSS.	43
Figura 3. 7: Selección de parámetros estadístico para el modelo BSS.	44
Figura 3. 8: Menu principal del tiempo de simulación para el modo BSS.	44
Figura 3. 9: Diseño de simulación del modo infraestructura ESS con 8 estaciones de trabajo.....	46
Figura 3. 10: Gráfica del rendimiento de WLAN para el escenario 1 – caso 1.	48
Figura 3. 11: Gráfica del retardo de WLAN para el escenario 1 – caso 1.....	49
Figura 3. 12: Gráfica del rendimiento de WLAN para el escenario 1 – caso 2.	50
Figura 3. 13: Gráfica del retardo de WLAN para el escenario 1 – caso 2.....	51
Figura 3. 14: Gráfica del rendimiento de WLAN para el escenario 2 – caso 1.	52

Figura 3. 15: Gráfica del retardo de WLAN para el escenario 2 – caso 1.....	53
Figura 3. 16: Gráfica del rendimiento de WLAN para el escenario 2 – caso 2.	54
Figura 3. 17: Gráfica del retardo de WLAN para el escenario 2 – caso 2.....	55

Índice de Tablas

Capítulo 3:

Tabla 3. 1: Parámetros de simulación para 4 y 8 usuarios del escenario 1 – caso 1.....	45
Tabla 3. 2: Parámetros de simulación para 4 usuarios del escenario 1 – caso 2.....	45
Tabla 3. 3: Parámetros de simulación para 4 y 8 usuarios del escenario 2 – caso 1.....	46
Tabla 3. 4: Parámetros de simulación para 4 y 8 usuarios del escenario 2 – caso 2.....	47

Resumen

La propuesta presentada en el documento consistió en desarrollar la evaluación de las métricas de rendimiento y retardo para una red WLAN que utiliza dos modos de infraestructura, que son el conjunto de servicios básico (Basic Service Set, BSS) y conjunto de servicios extendidos (Extended Service Set, ESS) utilizando el programa de simulación Opnet Modeler. Al inicio se especifica los antecedentes de trabajos relacionados con el tema del componente práctico, así como la definición del problema a investigar, objetivo general y objetivos específicos. En la segunda parte se fundamenta la teoría relacionada a las redes inalámbricas, que incluye una descripción de los modos de con o sin infraestructura. Después, en la plataforma de simulación Opnet Modeler se realizaron los cuatro escenarios de simulación de una WLAN, es decir, dos escenarios con infraestructura BSS y dos escenarios con infraestructura ESS. Finalmente, se realiza la evaluación de métricas de rendimiento y de retardo de la red WLAN.

Palabras claves: MÉTRICAS, RENDIMIENTO, RETARDO, BSS, ESS, SIMULACIÓN.

CAPÍTULO 1: DESCRIPCIÓN DEL COMPONENTE PRÁCTICO

1.1. Introducción.

La proliferación de dispositivos en las redes inalámbricas de área local (*Wireless Local Area Network, WLAN*) cambió nuestra vida diaria y nuestras costumbres. Puede encontrar infraestructuras WLAN no solo en los hogares, sino en los lugares de trabajo y las plazas públicas de las ciudades. El alto número y la implementación independiente de redes inalámbricas, sin embargo, es una posible fuente de error tanto para los operadores de red como para los usuarios. Siempre y cuando esté operando nuestra propia WLAN local en nuestro entorno de red, es más fácil administrar los posibles errores operacionales. (Gyongyosi, Varga, & Illesi, 2017)

WLAN (i) puede soportar una red basada en infraestructura y también sin infraestructura. La WLAN con un punto de acceso (*Access Point, AP*) (ii) como entidad central es un ejemplo de red basada en infraestructura. WLAN es como una red inalámbrica Ad-hoc, que sería una red descentralizada. Aquí cada nodo contribuye en el enrutamiento transmitiendo datos a otros nodos. La determinación de la transmisión de datos por un nodo se realiza dinámicamente sobre la base de la conectividad de red. Un modo de infraestructura conecta una red inalámbrica a una red Ethernet con cable mientras admite puntos de conexión central para clientes inalámbricos locales. (Ghosh, Tiwari, & Sahay, 2017)

La WLAN basada en IEEE 802.11 es una tecnología bien establecida y comprobada. Sin embargo, debido al uso intenso y la sobrepoblación de dispositivos, su espectro limitado (espectro sin licencia en la banda ISM) se ha convertido en un cuello de botella. De acuerdo a Dappuri & Venkatesh, (2018) el problema mencionado anteriormente puede resolverse utilizando la tecnología WLAN cognitiva.

La agregación de tramas y el reconocimiento de bloques (Block ACK) son dos de esas mejoras, que ayudan a la próxima generación de WLANs (IEEE 802.11n e IEEE 802.11ac) a lograr una mejora revolucionaria en el

rendimiento de la red. La técnica de agregación de trama permite que un emisor de WLAN combine varias tramas MAC en una sola y la transmita dentro de un solo período. (Das, Kar, & Barman, 2017)

1.2. Antecedentes.

Para desarrollar el componente práctico del examen complejo, se tuvo que realizar una búsqueda de información bibliográfica, entre los más destacados artículos y ponencias en congresos, se tienen:

- a. En la ponencia de los autores Kurekar & Khade, (2017) presentaron el tema de investigación “Diseño e implementación de antena MIMO para aplicaciones WLAN”. Este documento simula las características de diversidad de la antena MIMO, el acoplamiento mutuo, el patrón de radiación y el ancho de banda, y analizó el diseño compacto de la antena. Los resultados muestran que el MIMO diseñado es bueno para aplicaciones WLAN.
- b. En la ponencia de los autores Wang, Mei, & Jiang, (2017) presentaron su trabajo investigativo “Novedosa antena compacta de tres bandas para aplicaciones WLAN”. En este artículo de investigación, se presenta una nueva antena compacta tri-banda para el sistema de comunicación WLAN. La estructura de la antena consiste en dos parches en forma de L. Los resultados de la simulación muestran que estas bandas de frecuencia de trabajo de la antena de -10 dB eran de 2,4 GHz, 5,2 GHz y 5,8 GHz. Desde la perspectiva de la compatibilidad electromagnética, la antena tiene excelentes características fuera de banda con otras antenas de referencia citadas. La antena propuesta es más empinada que otras antenas a una frecuencia de 5 GHz. Por lo tanto, la antena propuesta es excelente.

1.3. Definición del problema.

Necesidad de implementar modelos de simulación de una red WLAN para la evaluación de las métricas de rendimiento y retardo de la misma utilizando el programa OMNeT ++.

1.4. Objetivo General.

Evaluar las métricas de rendimiento y retardo para una red WLAN con modos de infraestructura BSS y ESS.

1.5. Objetivos Específicos.

- a. Describir las bases fundamentales de la teoría relacionada a redes inalámbricas y sus respectivas topologías.
- b. Diseñar modelos de la red WLAN con modos de infraestructura BSS y ESS utilizando la plataforma de simulación de redes OMNeT.
- c. Evaluar el rendimiento y retardo del modelado de la red WLAN con modos de infraestructura BSS y ESS utilizando la herramienta de simulación OMNeT.

CAPÍTULO 2: Fundamentación teórica.

2.1. introducción.

Los recientes avances en redes inalámbricas y el creciente éxito de dispositivos móviles como computadoras portátiles, asistentes digitales personales (PDA), teléfonos móviles y tabletas abren un nuevo escenario en el que los usuarios exigen beneficiarse de los servicios de Internet en todo momento y sin importar posición física propia. Las tecnologías inalámbricas son particularmente adecuadas cuando es necesario para soportar la movilidad de los dispositivos de usuario o para implementar infraestructuras de comunicación en entornos difíciles.

Una de las principales ventajas de esta tecnología es, de hecho, la facilidad de instalación que hace que las redes inalámbricas sean ideales para aquellos entornos en los que no tiene la intención de intervenir en las paredes del edificio para instalar cables. Por lo tanto, también son ideales para instalaciones "temporales" (exposiciones, ferias, congresos, situaciones de emergencia, grupos de trabajo).

La ausencia de cables permite a los usuarios moverse mientras permanecen conectados a la red; las redes inalámbricas permiten romper algunos límites que caracterizan los métodos de conexión tradicionales, lo que hace posible la comunicación de dispositivos en movimiento (informática móvil). Hablando de informática móvil, se debe considerar la red como un conjunto dinámico de nodos, libres de moverse dentro de ella; un sistema en constante evolución donde los cambios deben ser gestionados de manera adecuada y oportuna.

Este nuevo concepto de red abre la puerta a nuevos problemas y crea la necesidad de renovación incluso a nivel de las infraestructuras de software y middleware. El dinamismo de los entornos inalámbricos hace que sea imposible asumir a priori la topología de la red misma que puede cambiar continuamente.

El problema más relevante que se deriva de esto se refiere al enrutamiento de datos entre nodos; otros problemas para este tipo de red son la seguridad de la transmisión de datos por aire, el control de acceso, la asignación de direcciones IP a los nodos que se agregan a la red, la posibilidad de perder enlaces de conexión debido al movimiento de los nodos y el ancho de banda limitado.

2.2. Topología de redes inalámbricas.

Como se muestra en la figura 2.1, se clasifica de manera indicativa las redes inalámbricas de acuerdo con el área cubierta por la señal transmitida por los dispositivos, en diferentes categorías: BAN, PAN, WLAN y WWAN. Esta clasificación ha sido ampliamente extendida.

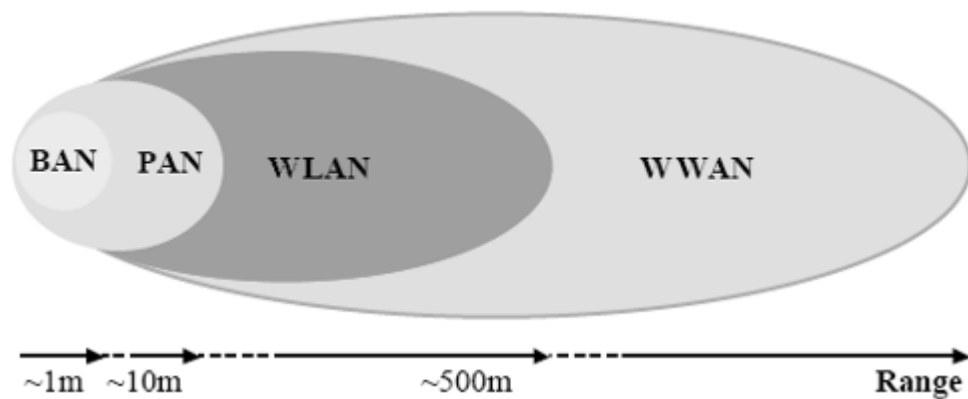


Figura 2. 1: Topología de redes inalámbricas.

Fuente: (Monteagudo P., Moreno G., García P., & Reig R., 2004)

2.2.1. Red de área corporal (BAN).

Las BAN son redes que tienen un rango de transmisión que cubre aproximadamente el tamaño de un cuerpo humano, generalmente de 1 a 2 metros, y le permiten conectar dispositivos portátiles como auriculares, PDA, reproductores de MP3, teléfonos celulares, etc. Entre las principales características de la BAN, se encuentra la capacidad de conectar dispositivos heterogéneos y la capacidad de auto configurarse, haciendo que las operaciones del usuario sean transparentes, tales como eliminar o agregar un nuevo dispositivo de una BAN.

La conexión inalámbrica se considera la solución natural para BAN porque el uso de cables sería un inconveniente. Uno de los primeros ejemplos

de BAN es el prototipo desarrollado por T. G. Zimmerman, que podría proporcionar comunicación de datos (con una velocidad de datos de hasta 400 Kbps) explotando el cuerpo como un canal. En particular, Zimmerman demostró que los datos pueden transferirse a través de la piel con una corriente muy baja. La transferencia de datos entre dos personas (o la interconexión entre dos BAN) podría lograrse mediante un simple apretón de manos.

Una BAN puede desarrollarse en materiales electrónicos portátiles o mediante conexiones remotas utilizando convenciones remotas nuevas o existentes. Los sensores se implantan o anexas al cuerpo humano. También funcionan como dispositivos para enviar estimaciones a un servidor individual, que se llama estación base (BS). La estación base puede ser una PDA, un teléfono móvil o un dispositivo comprometido. Este beneficiario focal habla con servidores o bases de datos remotos. (Sapna & Kartik, 2016)

2.2.2. Red de área personal (PAN).

El rango de comunicación de una PAN es típicamente más de 10 metros. Las PAN permiten a los dispositivos vecinos compartir información dinámicamente. Mientras que una BAN está dedicada a la interconexión de dispositivos portátiles para una persona, pero el despliegue de una PAN sucede en la proximidad inmediata de los usuarios. Por lo tanto, es posible conectar dispositivos portátiles con otros o con estaciones fijas, por ejemplo, para acceder a Internet.

Las tecnologías infrarrojas y de radio hacen que las operaciones diarias de sincronización entre el teléfono, el escritorio y la computadora de mano sean mucho más prácticas en una PAN, pero también descargan imágenes de la cámara digital, suben música al reproductor de MP3, etc. Entre los estándares más utilizados para BAN y PAN están IrDA y Bluetooth. El protocolo IrDA (asociación de datos infrarrojos) permite conexiones bidireccionales punto a punto mediante infrarrojos. La interconexión se realiza entre dispositivos ubicados en visibilidad mutua a una distancia de 1 o 2 metros y permiten velocidades de 4 Mbps. También hay una implementación

en serie de IrDA, conocida como SIR (infrarrojo serial), que garantiza una velocidad máxima de datos de 155 Kbps.

Los dispositivos que utilizan este estándar se comunican mediante LED (diodo emisor de luz) a una longitud de onda de 875 nm. Si bien esta tecnología garantiza una cierta seguridad de transmisión también es cierto que requiere tener los dispositivos particularmente cerca y quietos: la posible interposición de un objeto o el movimiento de un dispositivo podría provocar la caída de la conexión.

2.2.3. Red de área local inalámbrica (WLAN).

Las WLANs tienen un rango de comunicación típico de un solo edificio, es decir, entre 100 y 500 metros. En una WLAN, se encuentran los mismos requisitos que las LAN con cables tradicionales, como la conexión completa entre las estaciones que forman parte de ella y la capacidad de enviar mensajes de difusión. Al ser redes inalámbricas, sin embargo, las WLAN se enfrentan a algunos problemas específicos de este entorno, como la seguridad de las transmisiones inalámbricas, el consumo de energía, la movilidad de nodos y el ancho de banda limitado.

Se pueden seguir dos enfoques diferentes para implementar una LAN inalámbrica: un enfoque basado en la infraestructura o un enfoque ad-hoc basado en la red. La arquitectura basada en infraestructura implica la existencia de un controlador centralizado, a menudo llamado punto de acceso (*Access Point, AP*). El punto de acceso generalmente está conectado a la red fija, lo que proporciona acceso a Internet a los dispositivos móviles.

Por otro lado, una red Ad-hoc, es una red punto a punto formada por nodos móviles que se encuentran dentro de los haces de transmisión recíproca que se configuran dinámicamente para formar una red temporal. La configuración Ad-hoc no requiere la presencia de un controlador fijo, pero un controlador se elige dinámicamente entre todos los nodos que participan en la comunicación. El estándar más común para este tipo de red es el IEEE 802.11.

2.2.4. Red de área amplia inalámbrica (WWAN).

Las redes inalámbricas de área extensa (WWAN) son las redes inalámbricas más ampliamente disponibles en la actualidad, y en la mayoría de los casos están instaladas en la infraestructura de teléfonos celulares, aunque también ofrecen la capacidad de transmitir datos. Las WWAN están distribuidas en vastas áreas geográficas y tienen un rango de transmisión de km, típicamente entre 1.5 y 8 km. Surgen de la necesidad de conectar a los usuarios que se encuentran a grandes distancias. Este tipo de red también se está extendiendo como una herramienta para conectar varias LAN dispersas en territorios distantes. Las soluciones WWAN, que se basan en una infraestructura de red celular o transmisión por satélite, representan el futuro de la comunicación de datos cotidiana.

Están destinados a ser cada vez más importantes a medida que más y más personas necesitan acceder a los datos e intercambiarlos para uso personal o profesional sin estar atados a un lugar específico. Las redes inalámbricas de área amplia brindan acceso a información en cualquier momento y lugar en presencia de cobertura de red celular. Las WWAN están rodeadas por una variedad de estándares. El estándar de sistemas avanzados de teléfonos móviles (AMPS), nacido en los Estados Unidos, permite la transmisión de voz entre teléfonos móviles. Operan en una banda de frecuencia de 800 MHz. Se basa en tecnologías analógicas y se considera una estándar de primera generación (1 G).

Los estándares de segunda generación (2 G), basados en tecnología digital, han sido diseñados principalmente para servicios telefónicos. Ejemplos de esta categoría incluyen el Sistema Global para Móviles (*Global System Mobile, GSM*) en Europa y la Comunicación Digital Personal (*Personal Digital Communication, PDC*) en Japón. La velocidad de datos estimada para las tecnologías de segunda generación no excedió los 9.6 Kbps. Los estándares 2.5 G, tales como el servicio general de paquetes vía radio (*General Packet Radio System, GPRS*) y tasa de datos mejoradas para la evolución de GSM (*Enhanced Data Rates for GSM Evolution, EDGE*), surgieron con la necesidad

de proporcionar servicios telefónicos y de intercambio de datos; permitiendo una velocidad de datos de 348 Kbps.

La telefonía de tercera generación (3G) tenía la intención de proporcionar transmisiones con tasas de datos que alcancen 2 Mbps para soportar varios servicios multimedia, como video llamada, intercambio de cortometrajes, etc. Un estándar de este tipo es el sistema universal de telecomunicaciones móviles (*Universal Mobile Telecommunication System, UMTS*) introducido por la Unión Internacional de Telecomunicaciones (*International Telecommunications Universal, ITU*).

El objetivo de UMTS es ampliar la capacidad en términos de ancho de banda de las redes celulares e intentar enriquecer significativamente el tipo y la calidad de los servicios para los usuarios. Si bien la mayoría de los sistemas de comunicación celular utilizan tecnologías conmutadas, UMTS también admite comunicaciones basadas en paquetes que manejan el tráfico de datos. Las frecuencias de transmisión utilizadas por UMTS están entre 1.9 GHz y 2.2 GHz, mientras que el estándar GSM transmite a 900 MHz y 1800 MHz. UMTS usa el acceso múltiple por división de código de secuencia directa (*Direct Sequence Code Division Multiple Access, DS-CDMA*) con un ancho de banda de aproximadamente 5 MHz. Esto a menudo se conoce como CDMA de banda ancha (*Wideband CDMA, WCDMA*).

La tecnología de transmisión UMTS (*UMTS Terrestrial Radio Access Network, UTRAN*) permite una velocidad de datos mínima de 144 Kbps para aplicaciones con gran movilidad total extendida a todos los entornos, una velocidad de datos de 384 Kbps para aplicaciones con movilidad parcial, y una velocidad máxima de datos de 2 Mbps para aplicaciones de baja movilidad. UTRAN proporciona dos modos de trabajo, la división por duplexación por frecuencia (*Frequency Division Duplexing, FDD*) y división por duplexación de tiempo (*Time Division Duplexing, TDD*). En FDD, las transmisiones de enlace ascendente y descendente usan dos frecuencias de radio separadas. En TDD, las transmisiones de enlace ascendente y de enlace descendente utilizan la misma frecuencia en intervalos de tiempo sincronizados.

2.3. Tecnologías de LANs inalámbricas.

El éxito de una tecnología de red está conectado al desarrollo de productos de red a un precio competitivo. El mayor factor para lograr esto es la disponibilidad de un estándar de red apropiado. Actualmente, están surgiendo dos estándares principales para redes inalámbricas Ad-hoc: el estándar IEEE 802.11 para WLAN y las especificaciones de Bluetooth para comunicaciones inalámbricas de corto alcance.

2.3.1. Estándar IEEE 802.11 – WLAN.

El IEEE (Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos) en 1997 descubrió el primer estándar de referencia para redes inalámbricas, que sería IEEE 802.11 que dictaba especificaciones físicas y enlaces de datos para la implementación de una LAN inalámbrica. Este estándar permitió una velocidad de datos de 1 o 2 Mbps utilizando tecnología basada en ondas de radio en la banda de 2.4 GHz o infrarroja. La banda limitada determinó su éxito y difusión limitados.

Su evolución en 1999 se denominó IEEE 802.11b y se ha convertido en el nuevo estándar dominante. El IEEE 802.11b (también conocido como Wi-Fi, Wireless Fidelity) de hecho permite una velocidad de datos de hasta 11 Mbps. Este estándar permite enlaces de radio en un radio de aproximadamente 250 metros. También, existe un estándar más reciente, el IEEE 802.11a, que establece una velocidad máxima de transferencia de datos de 54 Mbps en una banda de frecuencia de 5 GHz.

El estándar 802.11b define específicamente un conjunto de especificaciones para la capa física y para el nivel de control de acceso al medio (*Media Access Control, MAC*). De hecho, dado que el canal de radio es un medio compartido, se necesita un mecanismo de control de acceso para evitar la interferencia si múltiples nodos intentan acceder al canal al mismo tiempo. El nivel de MAC descrito en IEEE 802.11b proporciona dos métodos de acceso diferentes, la función de coordinación distribuida (*Distributed Coordination Function, DCF*) y la función de coordinación puntual (*Point*

Coordination Function, PCF), pero solo el primero se puede usar para redes Ad-hoc.

El protocolo DCF usa el mecanismo de acceso múltiple con detección de portadora y prevención de colisiones (*Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance, CSMA/CA*). Antes de comenzar a transmitir una estación, verifica el canal para ver si otra estación está transmitiendo. Si el vehículo está libre durante un cierto período de tiempo, llamado espacio entre tramas distribuido (*Distributed InterFrame Space, DIFS*), la estación comienza su transmisión. El paquete transmitido contiene la longitud de la transmisión que se está llevando a cabo.

Cada estación activa almacena esta información en un campo llamado vector de asignación de red (*Network Allocation Vector, NAV*) y luego sabe por cuánto tiempo el canal permanecerá ocupado. La estación que recibe el paquete de datos espera un intervalo de tiempo llamado espacio entre tramas corto (*Short InterFrame Space, SIFS*), menor que el DIFS, luego de lo cual envía una confirmación de recibido (ACK) de trama. En el caso de que dos o más estaciones comiencen a transmitir al mismo tiempo, pueden producirse colisiones. El ACK no es transmitido si el paquete se ha dañado o perdido debido a colisiones. En el caso que no se reciban ACKs relacionados con las tramas enviadas, se presume que se pierden, por lo que se retransmiten.

Se utiliza un algoritmo de verificación de redundancia cíclica (*Cyclic Redundancy Check, CRC*) para detectar errores en las transmisiones. En el caso de que se detecte un error, ya sea debido a una colisión o a un error de transmisión, el canal permanece inactivo durante un intervalo de tiempo llamado espacio entre tramas extendida (*Extended InterFrame Space, EIFS*), al final del cual las estaciones intentan retransmitir el último paquete a través de un mecanismo de retroceso. Este mecanismo tiene la tarea de disminuir la probabilidad de colisiones asegurando la dispersión del tiempo de transmisión. Cuando una estación lista para enviar un paquete se da cuenta de que el canal está ocupado, devuelve esta operación hasta el final de la transmisión en progreso. Una vez que el canal está libre, la estación inicia un

conteo, llamado temporizador de retroceso, seleccionando un intervalo aleatorio para establecer el inicio de la transmisión.

El temporizador de reducción se decrementa hasta que el canal está inactivo, mientras que cuando se detecta una transmisión, se detiene y se reactiva cuando el canal está inactivo por más tiempo que el DIFS. La estación comienza a transmitir cuando se restablece el apagado del temporizador. El estándar IEEE 802.11 también prevé el uso de tecnología WEP (protocolo equivalente alámbrico) para garantizar la seguridad del intercambio de datos. Los modos de funcionamiento previstos por el estándar IEEE 802.11 son dos: el modo de infraestructura y el modo ad-hoc.

2.3.1.1. Modo de infraestructura.

En el modo de infraestructura, existe la presencia de una infraestructura de soporte para la comunicación, llamada punto de acceso (*Access Point, AP*), a la cual todos los clientes, es decir, terminal inalámbrico (*Wireless Terminal, WT*), se conectan para comunicarse entre sí. El AP coordina la transmisión entre clientes y, comúnmente, actúa como un puente entre la LAN inalámbrica, cualquier red fija y la red telefónica pública (por lo tanto, Internet). (Mittal & Anand, 2014)

Todo el tráfico de datos de radio es hacia y desde el AP, ya sea que esté conectado a la red cableada o no. Esta configuración o modo de infraestructura se denomina conjunto de servicios básicos (*Basic Service Set, BSS*) independientes, tal como se muestra en la figura 2.2. Mientras, que el conjunto de servicios ampliado (ESS) es una configuración que proporciona dos o más BSS en una única subred: varios puntos de acceso se comunican entre sí, lo que permite la optimización del tráfico entre las estaciones. La figura 2.3 muestra la arquitectura de una WLAN con modo de infraestructura ESS.

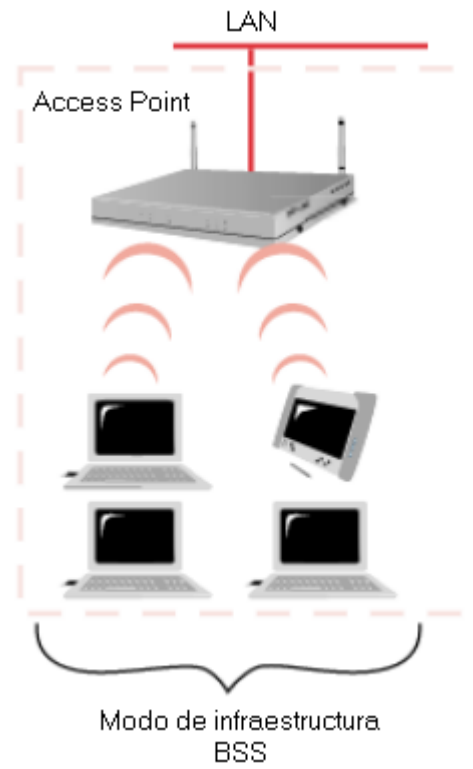


Figura 2. 2: Esquemático de la configuración del modo de infraestructura BSS.
Fuente: (Dhanalakshmi & Sathiya, 2015)

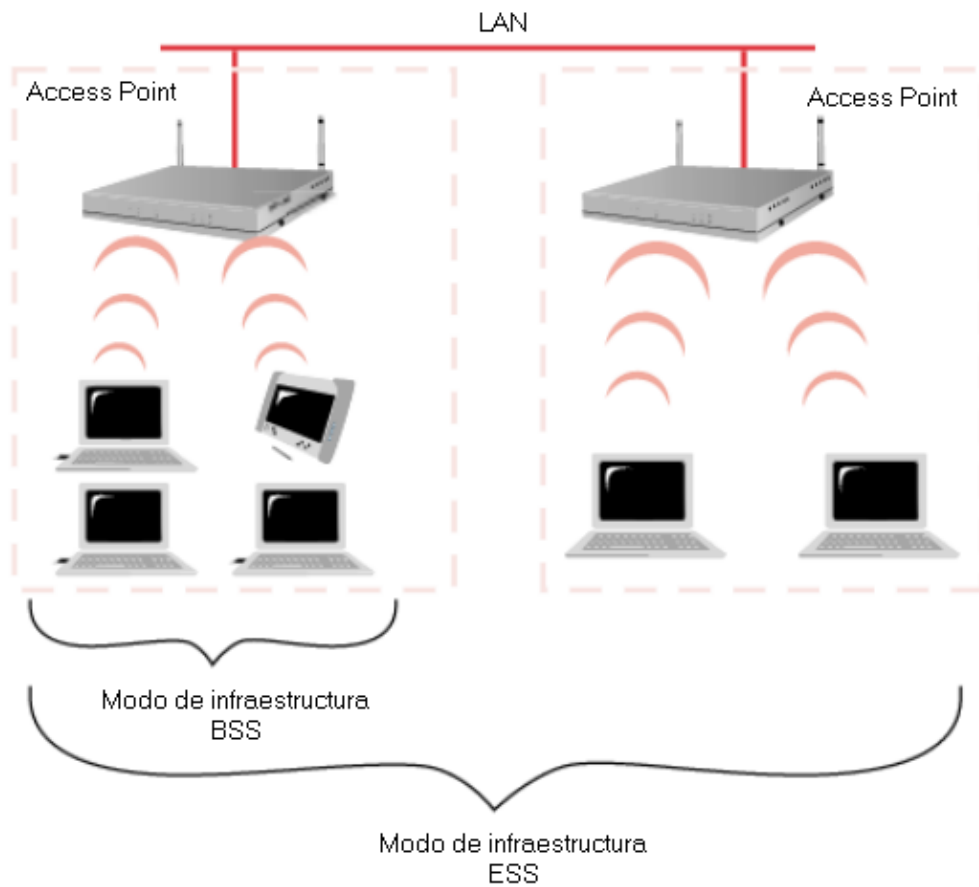


Figura 2. 3: Esquemático de la configuración del modo de infraestructura ESS.
Fuente: (Dhanalakshmi & Sathiya, 2015)

2.3.1.2. Modo sin infraestructura o Ad-hoc.

Existe otro tipo de red inalámbrica que no requiere el uso de infraestructuras de soporte de comunicación. Este tipo se llama Ad-Hoc, las redes Ad-hoc se componen de un conjunto de nodos móviles, PDA o computadoras portátiles, que se comunican entre sí a través de enlaces inalámbricos. Estos nodos pueden organizarse libre y dinámicamente en una red arbitraria y temporal que permite a los usuarios colaborar de forma improvisada donde sea que se encuentren. Formado por nodos móviles, las redes Ad-Hoc también se conocen como MANET (Mobile Ad-hoc NETWORK).

Las MANETs se basan en la comunicación cooperativa entre nodos conjuntos y, sin la necesidad de puntos de acceso fijos, permiten la formación de configuraciones dinámicas y siempre modificables, es decir ad-hoc con precisión. Cada nodo ya no opera solo como un host, sino también como un enrutador, proporcionando enrutamiento aquellos paquetes que, debido al limitado rango de transmisión, no pueden transmitirse directamente al destinatario.

Es interesante observar que las redes Ad-hoc no están pre-configuradas, sino que están formadas solo por la presencia de varios dispositivos en un territorio determinado. Cada dispositivo (un teléfono móvil, un PDA, una computadora, pero también un dispositivo o un automóvil) se configura como un nodo de red, capaz de revertir automáticamente la información a otro nodo que esté más cerca del destino elegido. Por esta razón, las MANETs son redes multisalto, literalmente multisalto: esta tecnología no se limita a hacer que dos nodos se comuniquen directamente a distancia, pero puede reenviar información a través de diferentes nodos para enviarlos a un destinatario final que puede ser también muy lejos.

Los protocolos de enrutamiento Ad-hoc, por lo tanto, prevén la participación de todos los nodos tanto en la fase en la que un terminal intenta "descubrir" rutas en la red, para establecer conexiones (descubrimiento de ruta), y para la transmisión real. En la práctica, cada nodo usa los otros dispositivos en el área para obtener la información para el destinatario; si uno

de los nodos "cae", porque, por ejemplo, las baterías se han descargado, el propietario ha decidido apagarlo o se ha movido a un área muy alejada, la red puede reconfigurarse y encontrar una forma de comunicarse entre sí los diversos nudos.

Las redes MANET mantienen todos los problemas típicos de las redes inalámbricas, como la optimización del ancho de banda, la necesidad de limitar el consumo de energía y, en algunos casos, la capacidad informática limitada de los dispositivos, más otros debido a desconexiones frecuentes, los cambios constantes en la topología de red y enrutamiento de salto múltiple. Las redes Ad-hoc también se conocen como la red de conjunto de servicios básicos independientes (red IBSS), tal como se muestra en la figura 2.4.



Figura 2. 4: Esquemático de la configuración del modo de infraestructura BSS independiente

Fuente: (Dhanalakshmi & Sathiya, 2015)

2.3.2. Estándar IEEE 802.15.1 – Bluetooth.

El estándar Bluetooth permite enlaces de radio en distancias cortas (10 m) y ha sido diseñado para ser económico, fácil de usar, fácil de integrar y, sobre todo, de bajo consumo. Las especificaciones para Bluetooth son emitidas por el Grupo de Interés Especial (*Special Interest Group, SIG*). El grupo está formado por las principales compañías líderes en los sectores de telecomunicaciones, informática y redes, en conjunto para desarrollar un estándar para la interconexión de radio. Además, el grupo de trabajo IEEE 802.15.1 para redes de área personal inalámbricas ha aprobado el primer estándar WPAN derivado de las especificaciones de Bluetooth.

El dominio de aplicación de esta tecnología radica en la comunicación e interacción entre dispositivos heterogéneos como teléfonos móviles, PDA, notebooks, impresoras, televisores, electrodomésticos, sin el uso de puntos de acceso, pero a través de ondas de radio emitidas por estos dispositivos. En una red Bluetooth, solo una estación tiene el rol de maestro, mientras que todas las demás tienen el rol de esclavo. El maestro decide qué esclavo tiene acceso al canal. Más precisamente, un esclavo está autorizado a enviar un solo paquete solo si ha recibido un mensaje de sondeo del maestro. Los dispositivos que comparten el mismo canal (es decir, que están sincronizados por el mismo maestro) forman una piconet.

Una piconet permite una velocidad de bits de 1 Mbps; este valor representa la capacidad del canal, incluida la revisión introducida por los protocolos adoptados y por el esquema de agrupamiento. Una piconet puede contener simultáneamente una estación maestra y hasta siete estaciones esclavas activas, es decir, participar en el intercambio de datos. La piconet es una red Bluetooth Ad-hoc de un solo salto. Las redes Bluetooth multisalto se obtienen a partir de la interconexión de múltiples piconets, es decir, piconets independientes que cubren áreas superpuestas pueden formar una red dispersa.

Se forma una red dispersa cuando un dispositivo (que actúa como esclavo) está activo en más de una piconet al mismo tiempo. El tráfico entre los piconets que forman el scatternet se distribuye a través de los esclavos comunes. Un esclavo puede comunicarse con las diferentes piconets a las que pertenece en diferentes momentos. Esto significa que, para cada instante, una estación puede transmitir solo en la piconet a la que está sincronizado. Para transmitir a otra piconet debe cambiar los parámetros de sincronización. Los algoritmos de formación de scatternet y los algoritmos de programación de tráfico entre las diversas piconets son problemas que aún no se han resuelto.

Los dispositivos Bluetooth, que garantizan la compatibilidad con el estándar IEE 802.11, operan en la banda de 2.4 GHz. La técnica de

modulación utilizada por Bluetooth para la transmisión de datos se conoce como espectro ensanchando por salto de frecuencia (*Frequency Hopping Spread Spectrum, FHSS*). Los datos transmitidos se modulan aleatoriamente 1600 veces por segundo en una de las 79 bandas de frecuencias disponibles. Esto garantiza la seguridad en Bluetooth contra cualquier intento de interceptación, al tiempo que se evita la interferencia con otros dispositivos que usan la misma banda de frecuencia.

2.4. Protocolos de enrutamiento.

La naturaleza dinámica de las redes MANET derivadas de los cambios frecuentes e impredecibles en la topología de la red junto con la falta de infraestructura hace que sea particularmente difícil enrutar paquetes a través de nodos móviles. Así como la ausencia de infraestructura obliga a cada nodo a operar no solo como un host, sino también como un enrutador, proporcionando enrutamiento aquellos paquetes que, debido al limitado rango de transmisión, no pueden transmitirse directamente al destinatario.

Esto se deriva del hecho de que cada nodo de la red puede comunicarse solo con los nodos que se encuentran en su radio (R) de transmisión. Si un nodo fuente (S) desea enviar un paquete a un nodo receptor (D), cuya distancia es mayor que R, el paquete necesariamente debe cruzar nodos intermedios. Por esta razón, los MANET pertenecen a la categoría de redes inalámbricas multisalto. La tarea del enrutamiento es encontrar una ruta, en el caso en que no hay conexión directa, entre la fuente y el destino que pasa a través de otros nodos y reenviar los paquetes (reenvío) a través de la ruta encontrada. La ruta se calcula a partir de algoritmos que operan a nivel de red y que generalmente incluyen técnicas para su mantenimiento.

Hay dos técnicas principales para lograr el reenvío. El primero proporciona que cada nodo almacene en una tabla de enrutamiento (*Routing Table, RT*) local los siguientes nodos en las rutas a los otros nodos de la red. El segundo, llamado enrutamiento de origen, proporciona que cada paquete memorice la ruta completa en el encabezado. Los protocolos de enrutamiento para una red Ad Hoc móvil deben adaptarse a los cambios frecuentes en la

red para proporcionar la ruta correcta que un paquete debe seguir para llegar a su destinatario. Esto conduce inevitablemente a un alto tráfico de señalización, en contraste con la necesidad de redes inalámbricas para minimizar el uso de los recursos de comunicación.

2.4.1. Enrutamiento unidifusión (unicast).

El propósito de los protocolos de enrutamiento unidifusión es coordinar los nodos de la red para permitir la comunicación punto a punto entre dos nodos, cuando es necesario enviar un paquete desde un nodo fuente a un nodo receptor. Se tienen muchos protocolos de enrutamiento unicast, algunos creados específicamente para entornos MANET, otros son "extensiones" (adaptaciones) de los protocolos convencionales de redes cableadas. Al no ser un estándar, se pueden clasificar aquellos que existen en tres categorías: proactivo, reactivo e híbrido.

2.4.1.1. Protocolos proactivos.

La característica principal de los protocolos proactivos es tratar de mantener constantemente la información sobre rutas de enrutamiento entre cada par de nodos presentes en la red mediante la propagación de actualizaciones a intervalos regulares. Todos los caminos posibles se calculan independientemente de su uso real. Debido a que esta información normalmente se almacena mediante los nodos en las tablas de enrutamiento, estos protocolos también se denominan protocolos controlados por tabla. La ventaja real de los protocolos de esta familia es que la ruta al destino está disponible en cualquier momento y no hay demoras cuando la aplicación tiene que enviar mensajes.

Entre los protocolos de enrutamiento proactivos más representativos, se encuentran: (a) vector de distancia secuenciada por destino (*Destination Sequenced Distance Vector, DSDV*), y (b) enrutamiento de estado de enlace optimizado (*Optimized Link State Routing, OLSR*). El protocolo DSDV es del tipo controlado por tabla, donde cada nodo móvil de la red mantiene una tabla de enrutamiento en la que la ruta del siguiente salto, el número de saltos de

distancia y un número secuencial asignado por el nodo de destino se almacenan para cada destino posible en la red.

El número secuencial permite a los nodos móviles distinguir la ruta anterior de la nueva y evitar los bucles de enrutamiento y el fenómeno de conteo hasta el infinito presente en los protocolos clásicos de vector de distancia. Las actualizaciones de las tablas de enrutamiento se difunden periódicamente a través de la red para mantener la coherencia. Para ayudar a reducir la cantidad de tráfico en la red que estas actualizaciones pueden generar, se utilizan dos tipos de paquetes. El primero, conocido como volcado completo, contiene toda la información de enrutamiento disponible y puede requerir múltiples unidades de datos de protocolo de red (*Network Protocol Data Unit, NPDU*).

En ocasiones, cuando la topología de la red sufre cambios ocasionales, estos paquetes rara vez se transmiten. Los paquetes incrementales, de menor tamaño, se utilizan para transmitir solo la información que ha cambiado desde el último volcado completo. Estos paquetes tienen el tamaño estándar de una NPDU y reducen el tráfico generado. La noticia de un destino inalcanzable se propaga inmediatamente por el nodo que detecta el error. Además, para la tabla de enrutamiento, para evitar la propagación de rutas no confiables, se asocia un ajuste de tiempo, que es un intervalo de tiempo después del cual la ruta se puede considerar estable. Si durante este período después de la primera actualización recibe otra información que lo confirma, la nueva ruta se propaga; de lo contrario, se descarta.

2.4.1.2. Protocolos Reactivos.

Esta categoría de protocolos implica el cálculo de rutas de enrutamiento solo cuando es necesario, es decir, cuando se requiere la transmisión de datos, y esa información se mantiene solo el tiempo que sea necesario. Por lo tanto, este enfoque no necesita tablas de enrutamiento en cada nodo y, en ausencia de tráfico, la actividad de enrutamiento está totalmente ausente, incluso si la red varía su topología.

Estos protocolos también se llaman protocolos bajo demanda. Un protocolo reactivo se caracteriza por las siguientes fases: descubrimiento de rutas, mantenimiento de ruta y supresión de ruta. El descubrimiento de ruta sirve para descubrir el camino al destino. Para este propósito, el origen propaga un paquete de consulta (RREQ); cuando el paquete llega al destino, la respuesta (RREP) se transmite a la fuente. En el mantenimiento de ruta actualiza la ruta encontrada en el descubrimiento de ruta. La eliminación de ruta libera los recursos ocupados en los nodos intermedios cuando ya no se usa una ruta.

Entre los protocolos de enrutamiento reactivos más representativos se encuentran: enrutamiento de fuente dinámica (*Dynamic Source Routing, DSR*), vector de distancia ad-hoc bajo demanda (*Ad-hoc On-demand Distance Vector, AODV*), y algoritmo de enrutamiento ordenado temporalmente (*Temporally Ordered Routing Algorithm, TORA*).

DSR es un protocolo de enrutamiento bajo demanda basado en el concepto de des enrutamiento: los paquetes se envían al nodo de destino según la información de enrutamiento incluida en el paquete desde el nodo de origen. Todos los nodos mantienen rutas conocidas hacia el destino en las memorias caché. Las entradas en caché se actualizan continuamente cuando se encuentra una nueva ruta. Como todos los protocolos DSR reactivos, consta de las fases de descubrimiento de ruta y mantenimiento de ruta. Cuando un nodo tiene un paquete para enviar, primero consulte su caché para ver si ya tiene la ruta al destino.

Si el nodo no tiene la ruta, inicia la fase de descubrimiento transmitiendo el paquete RREQ. Este paquete contiene la dirección del destino, junto con la dirección de origen y un número de identificación. Cada nodo que recibe el paquete comprueba si conoce una ruta al destino. De lo contrario, agregue su dirección en el campo de registro de ruta del paquete y luego envíe el paquete nuevamente a la transmisión. El RREP se genera cuando el RREQ llega al destino o un nodo intermedio que conoce la ruta al destino.

Cuando el paquete llega al destino o al nodo intermedio, contiene en el campo de registro de ruta la secuencia de saltos que componen la ruta. Si el nodo que genera el RREP es el destinatario, toma el campo de ruta del RREQ y lo coloca en el RREP. Si el nodo que genera el RREP es un nodo intermedio, esto bloquea la ruta que tiene en el caché al campo de ruta RREQ y luego genera el RREP. Para enviar el RREP, el nodo que responde debe tener la ruta a la fuente. Si tiene un camino en su caché, puede usarlo. De lo contrario, si los enlaces son bidireccionales, el nodo construye la ruta inversa a partir de la que está en el RREQ.

Si los enlaces no son bidireccionales, el nodo puede iniciar su descubrimiento de ruta colocando el RREP en el RREQ a cuestas. El mantenimiento de la ruta se logra mediante el uso de paquetes de error y ACK. Los paquetes de error (RERR) se generan en un nodo cuando el nivel de enlace de datos encuentra un problema de transmisión. Cuando se recibe un RERR, el salto que tiene el error se elimina de la memoria caché de ruta y todas las rutas que contienen ese salto se truncan en ese punto. Además del RERR, los paquetes ACK se utilizan para verificar el correcto funcionamiento de los enlaces.

2.4.1.3. Protocolos híbridos.

Los protocolos híbridos combinan enfoques proactivos y reactivos que intentan combinar las ventajas de ambos. En la práctica, el cálculo de la ruta de enrutamiento se realiza de forma proactiva y parcial de forma reactiva: las rutas a los nodos vecinos se calculan de antemano como se espera en los protocolos proactivos, mientras que las rutas a nodos distantes se calculan bajo demanda aprovechando la funcionalidad reactiva. Los ejemplos de este tipo de protocolo incluyen el protocolo de enrutamiento de estado de enlace jerárquico (ZRP) basado en zona y el protocolo de ubicación asistida (LAR). ZRP se basa en el concepto de zona; una zona $Z(k, n)$ de radio k centrada en el nodo n se define como el conjunto de nodos distantes de n no más que k -saltos:

$$Z(K, n) = \{i/H(n, i) \leq k\},$$

Donde $H(i, j)$ es la distancia en número de salto entre el nodo i y el nodo j . El nodo n se denomina nodo central de la zona de enrutamiento, mientras que los nodos para los cuales la distancia de n es igual a k se denominan nodos periféricos. La arquitectura del protocolo está organizada en cuatro componentes principales: el protocolo de enrutamiento de intrazona (*IntraZone Routing Protocol, IARP*), el protocolo de enrutamiento de interzona (*Interzone Routing Protocol, IERP*), el protocolo de difusión de bordes (*Bordercast Protocol, BRP*), el protocolo de descubrimiento/mantenimiento vecino (*Neighbor Discovery/maintenance Protocol, NDP*).

El protocolo IARP realiza proactivamente el enrutamiento dentro del área del nodo fuente. IARP utiliza el protocolo NDP para detectar nodos vecinos. Mientras que el protocolo IERP se utiliza para atender solicitudes de enrutamiento bajo demanda a nodos fuera de la zona. IERP usa una forma de inundación selectiva que explota la estructura subyacente generada por IARP. En la práctica, las inundaciones se basan en el envío de paquetes de consulta solo a los nodos periféricos, utilizando una especie de transmisión multidifusión especial, denominada bordercast. El protocolo BRP es un protocolo de inundación selectiva, que colabora con IARP y es utilizado por IERP para buscar enrutamiento a nodos fuera de la zona.

Cuando un nodo recibe el paquete de consulta, puede responder a la fuente, si el destino es miembro de su zona, o hacer que la consulta se dirija a sus nodos periféricos. La ruta al destino se puede acumular en el paquete de consulta durante el reenvío (como para el DSR) o, para reducir la duración del paquete de consulta, en el paquete de control de respuesta durante la fase de respuesta.

2.4.2. Enrutamiento de multidifusión.

El enrutamiento de multidifusión trata con la transmisión de paquetes a un grupo de nodos identificados por una sola dirección de destino. Un grupo se compone de un conjunto de entidades que tienen un objetivo común. Normalmente, el conjunto de miembros de un grupo es dinámico: en cualquier momento un nodo puede unirse al grupo a través de la función de unión o

puede salir de él a través de la función de licencia. No hay restricción en la posición o número de miembros en un grupo.

Una entidad puede pertenecer a múltiples grupos al mismo tiempo. Un nodo miembro de un grupo recibe todos los mensajes destinados a él. No es necesario que un nodo sea miembro del grupo para enviarle un mensaje. Los estudios para protocolos de multidifusión en MANET comenzaron a partir de los existentes para redes cableadas. Existen dos enfoques principales para el enrutamiento de multidifusión utilizados en redes cableadas: uno basado en el árbol de compartir grupos y el otro en el árbol específico de fuentes. En ambos casos, se crean árboles que interconectan a todos los miembros del grupo de multidifusión.

Los datos se entregan a lo largo de las rutas del árbol para llegar a todos los miembros del grupo. En el enfoque de fuente específica, cada nodo mantiene un árbol para todos los demás miembros del grupo. En el enfoque de compartir grupos, se construye un solo árbol para todo el grupo.

Se han propuesto muchos protocolos de multidifusión para redes ad-hoc basadas en árboles mediante la adaptación de los existentes para redes cableadas. Sin embargo, la topología de las redes MANET puede cambiar con mucha frecuencia y el mantenimiento de los árboles conectados puede causar una sobrecarga excesiva. Para evitar esto, se ha propuesto un enfoque diferente basado en malla.

Las mallas son más adecuadas para entornos dinámicos porque admiten más conexiones que árboles. Estos permiten evitar los inconvenientes de los árboles de multidifusión, como las conexiones intermitentes, la concentración del tráfico o la reconfiguración frecuente del eje. Aunque las mallas de multidifusión funcionan mejor que los árboles de multidifusión en redes dinámicas, el mecanismo de malla es más propenso a formar bucles de enrutamiento; Además, los enfoques de construcción de malla basada en inundaciones producen una sobrecarga excesiva en redes grandes.

Los ejemplos de protocolos de enrutamiento de multidifusión basados en malla incluyen el protocolo de enrutamiento de multidifusión bajo demanda (ODMRP). ODMRP es un protocolo de enrutamiento de multidifusión para redes móviles ad hoc basado en una estructura de distribución de malla construida mediante inundación. Cuando un nodo tiene la intención de enviar datos a un grupo, comienza a transmitir un paquete de control llamado JOIN_DATA. Cuando un nodo intermedio recibe este paquete, almacena el ID del remitente y el número secuencial en su caché para identificar cualquier mensaje duplicado. La tabla de enrutamiento se actualiza con la ID del nodo desde el cual se recibió el mensaje para construir la ruta inversa al remitente. Si el mensaje no es un duplicado y el TTL es mayor que cero, este se envía de vuelta a la transmisión.

Cuando el paquete JOIN_DATA llega al grupo de destinatarios, crea un JOIN_TABLE que envía a sus vecinos. Cuando un nodo recibe el JOIN_TABLE, verifica si está en esa tabla, su ID está presente y, en este caso, al darse cuenta de que es un nodo intermedio entre el origen y el grupo objetivo, activa el campo FG_FLAG, indicador de grupo de reenvío. JOIN_TABLE se propaga extrayendo información de la tabla de enrutamiento hasta que llega al origen JOIN_DATA a través de la ruta elegida. Al recibir el JOIN_TABLE, un nodo también debe construir su tabla de multidifusión, agregando el remitente como un próximo salto, para poder transmitir los mensajes de difusión futuros.

Una vez que se ha establecido el grupo de nodos de reenvío, la fuente puede enviar paquetes de multidifusión a los receptores y, siempre que tenga mensajes que enviar, envía periódicamente paquetes JOIN_DATA para actualizar el grupo de nodos de reenvío. ODMRP envía explícitamente paquetes de control para realizar operaciones de unión o abandono de un grupo. Si una fuente de multidifusión quiere abandonar un grupo, deja de enviar los paquetes JOIN_DATA, ya que no tiene más datos para enviar al grupo.

Si un miembro del grupo quiere dejar de recibir la información dirigida a ese grupo, deja de enviar la respuesta de unión para ese grupo. Los nodos que pertenecen al grupo de reenvío dejan de transmitir paquetes a nodos de los que no han recibido JOIN_TABLE dentro de un determinado intervalo de tiempo.

Capítulo 3: Simulación del componente práctico.

En el presente capítulo se lleva a cabo el diseño y simulación de una red WLAN utilizando el simulador OPNET Modeler. Se realiza la modelación de dos topologías de WLAN a través de dos escenarios. El primer escenario para el modo de infraestructura BSS y el segundo escenario para el modo de infraestructura ESS. Cada uno de los escenarios tendrá sus propias velocidades de datos, cantidad de usuarios (será modificable este dato), y los resultados se registran, pero la aplicación se mantiene constante para todos los escenarios y en este caso, se aplica videoconferencia.

3.1. Modelado del escenario 1: modo infraestructura BSS.

En este primer escenario, la red se modeló con un punto de acceso (*Access Point, AP*), un servidor Ethernet que aloja la aplicación. La figura 2.1 muestra el modelado BSS con ocho usuarios.

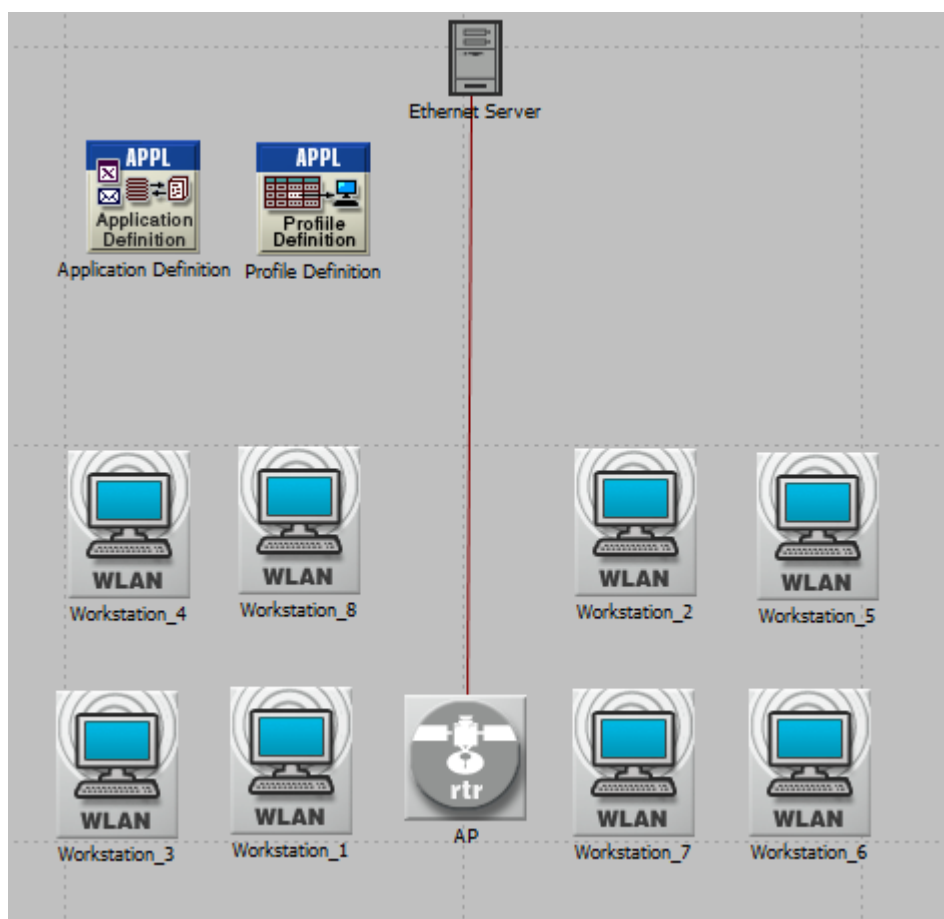


Figura 3. 1: Escenario de simulación del modo BSS.

Elaborado por: Autor.

Después de diseñar el modelado BSS, es necesario configurar tanto la definición del perfil como la definición de la aplicación. La definición de la aplicación se utiliza para definir o especificar el tipo de aplicación que se utilizará, mientras que la definición del perfil perfila la aplicación definida para que sea recibido por el servidor Ethernet. La configuración de ambos se puede mostrar a continuación en las figuras 3.2 y 3.23.

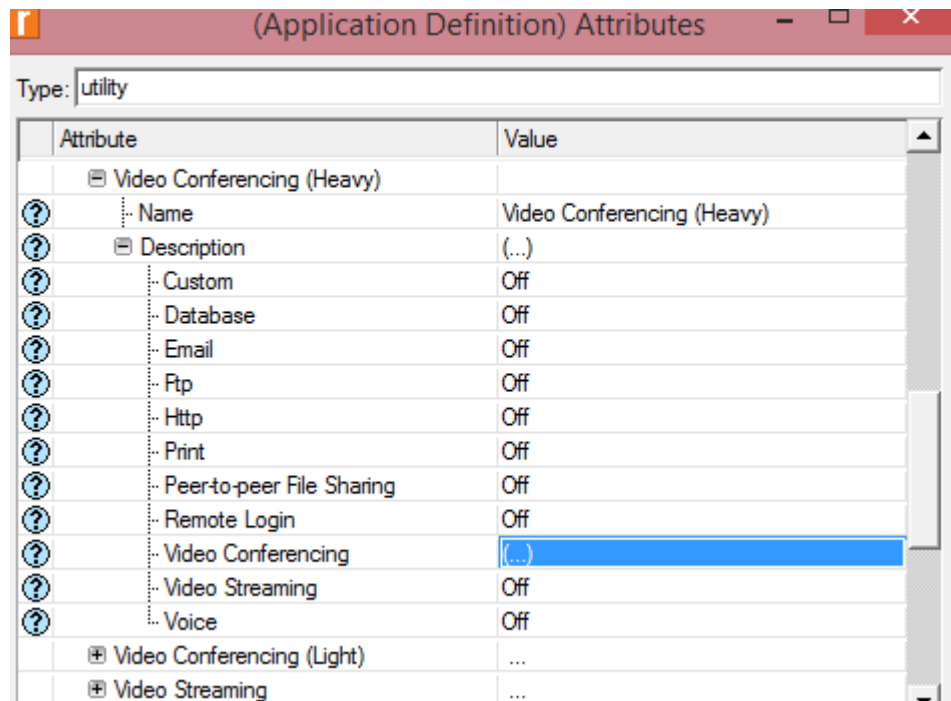


Figura 3. 2: Configuración de atributos para el escenario 1 del modo BSS.
Elaborado por: Autor

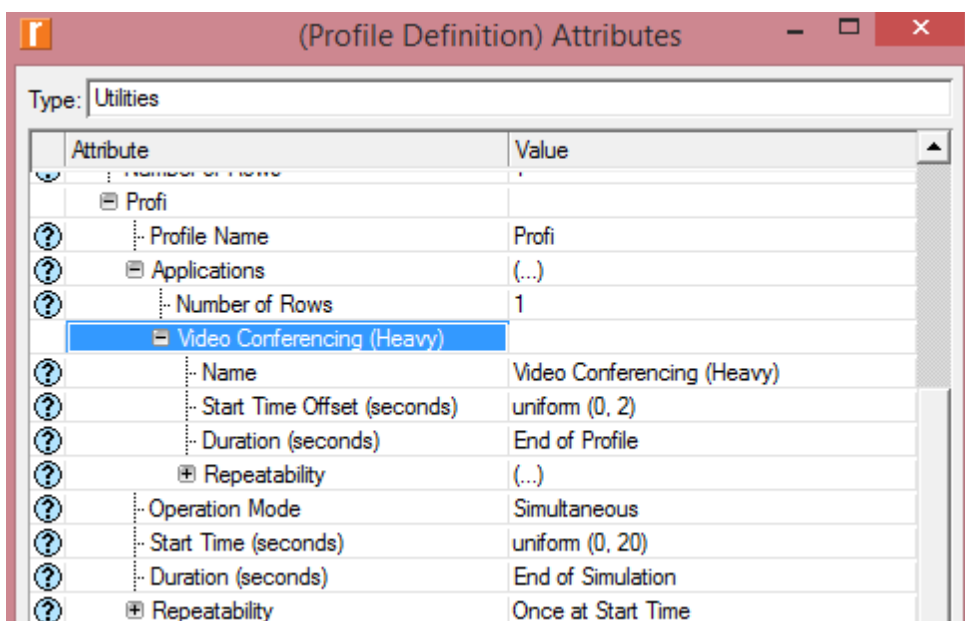


Figura 3. 3: Configuración de atributos de la definición de perfil del modo BSS.
Elaborado por: Autor.

El servidor Ethernet aloja la aplicación; tiene que configurarse con la misma aplicación que se especifica en la definición de la aplicación para poder desplegar la aplicación. La figura 3.4 muestra a continuación la configuración del servidor de aplicaciones.

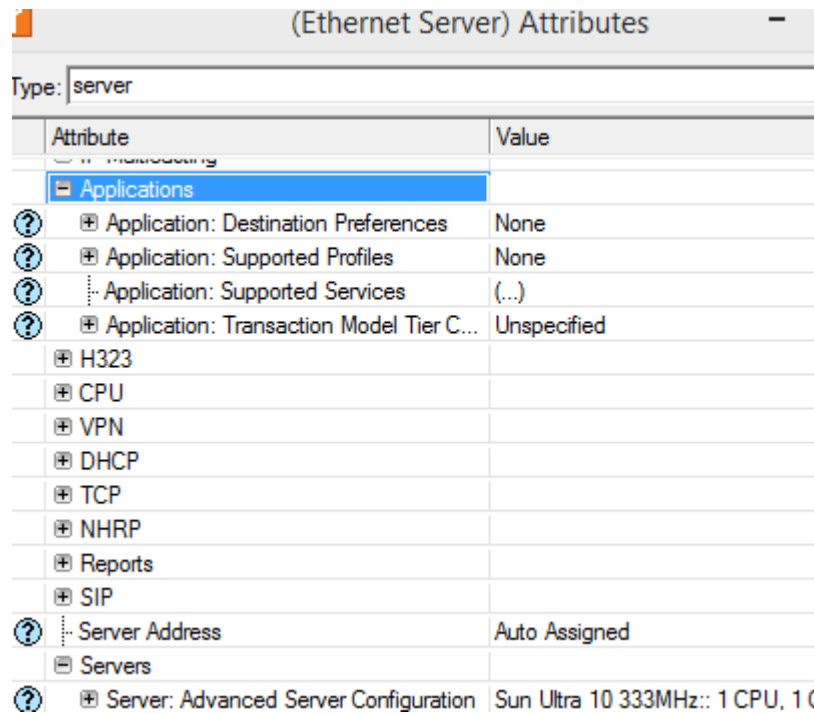


Figura 3. 4: Configuración de atributos del servidor Ethernet en el modo BSS.
Elaborado por: Autor.

Tanto el AP como la estación de trabajo también deben configurarse estableciendo ambos en el mismo identificador BSS, que permite la conexión entre el AP y la estación de trabajo de forma inalámbrica. Las velocidades de datos también están configuradas y se pueden cambiar desde los atributos de la estación de trabajo. Las figuras 3.5 y 3.6 muestran la configuración de AP, estaciones de trabajo y velocidades de datos.

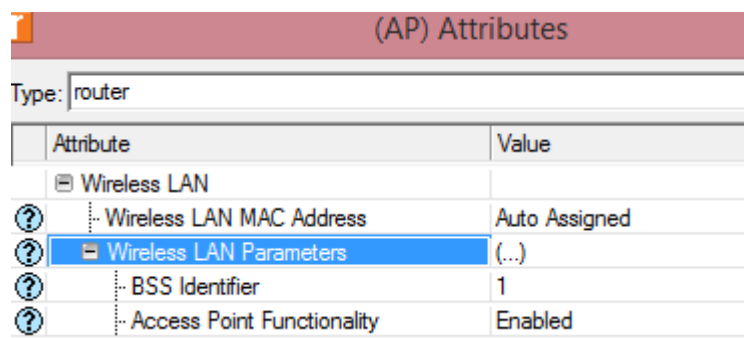


Figura 3. 5: Configuración de atributos del punto de acceso (AP) en el modo BSS.
Elaborado por: Autor.

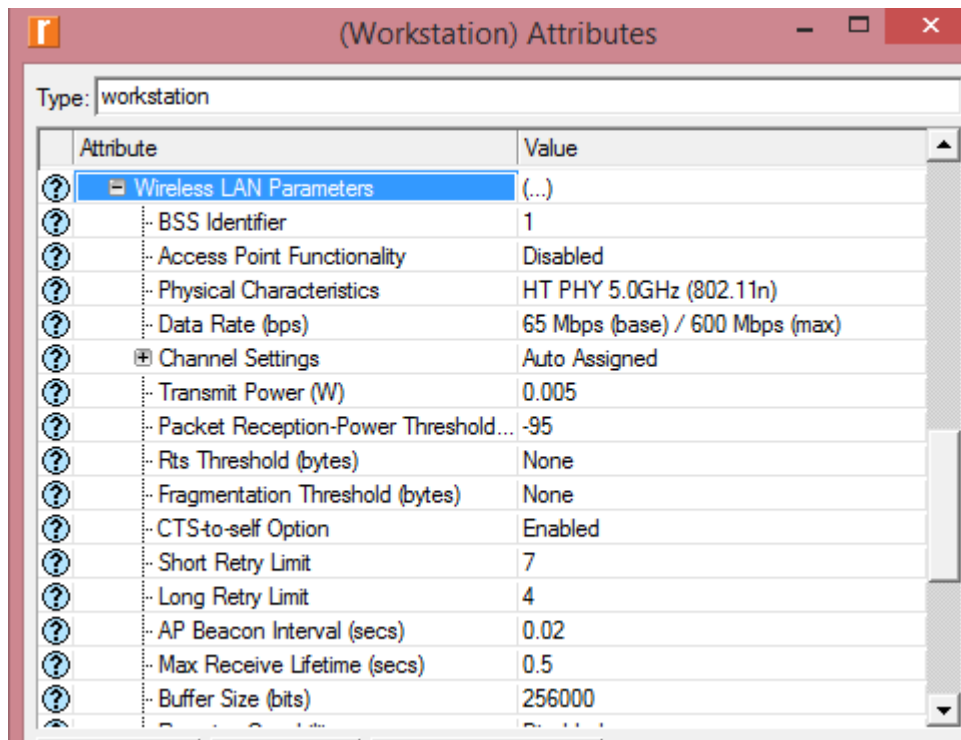


Figura 3. 6: Configuraciones de atributos de estaciones de trabajo y tasas de datos en el modo BSS.

Elaborado por: Autor.

3.2. Recopilación estadística y configuración del tiempo de simulación.

Después de configurar los modelos de red, lo siguiente es especificar las estadísticas que se recopilarán, que pueden ser estadísticas globales o de objeto. Las estadísticas globales son las medidas para toda la red, mientras que las estadísticas de objetos son específicamente para los nodos. Esto se puede hacer haciendo clic derecho en el editor del proyecto y hacer clic en elegir estadístico DES individual, en el cual los parámetros deseados para la medición serán seleccionados por el diseñador, tal como se muestra en la figura 3.7.

Posteriormente, es establecer el tiempo de simulación de la red modelada, es muy importante establecer correctamente el tiempo de simulación ya que afectará el resultado que se generará. En la figura 3.8 se muestra una vista previa del tiempo de simulación.

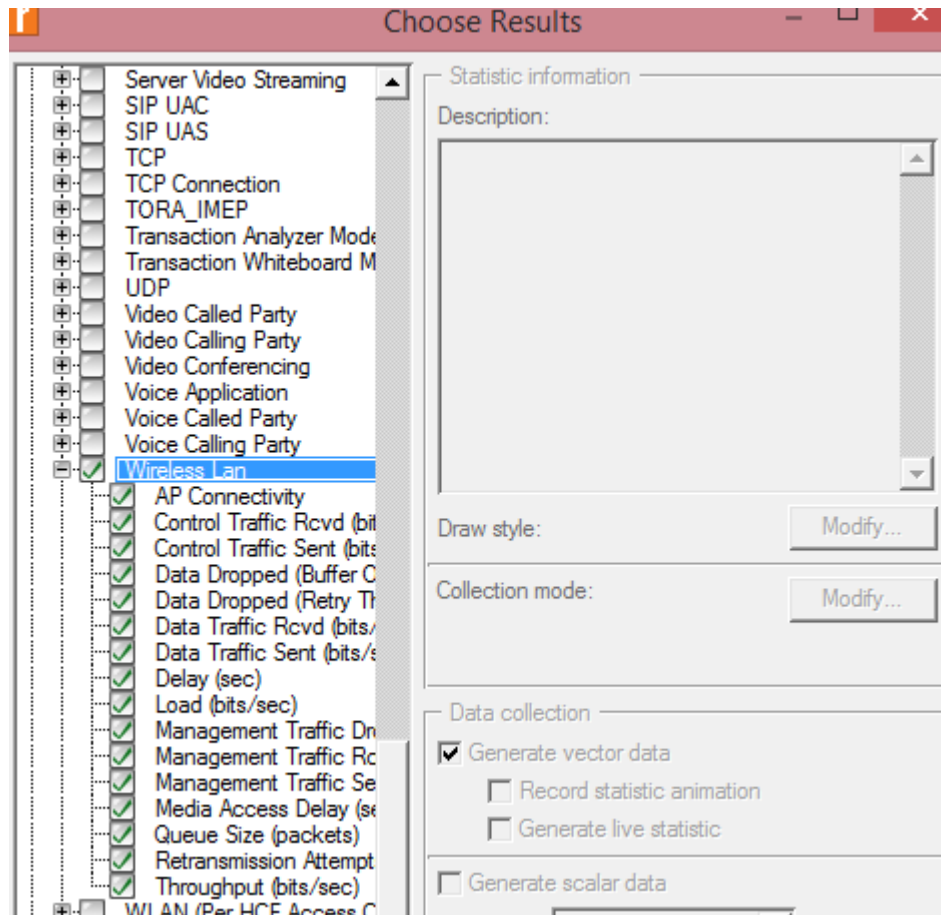


Figura 3. 7: Selección de parámetros estadístico para el modelo BSS.
Elaborado por: Autor.

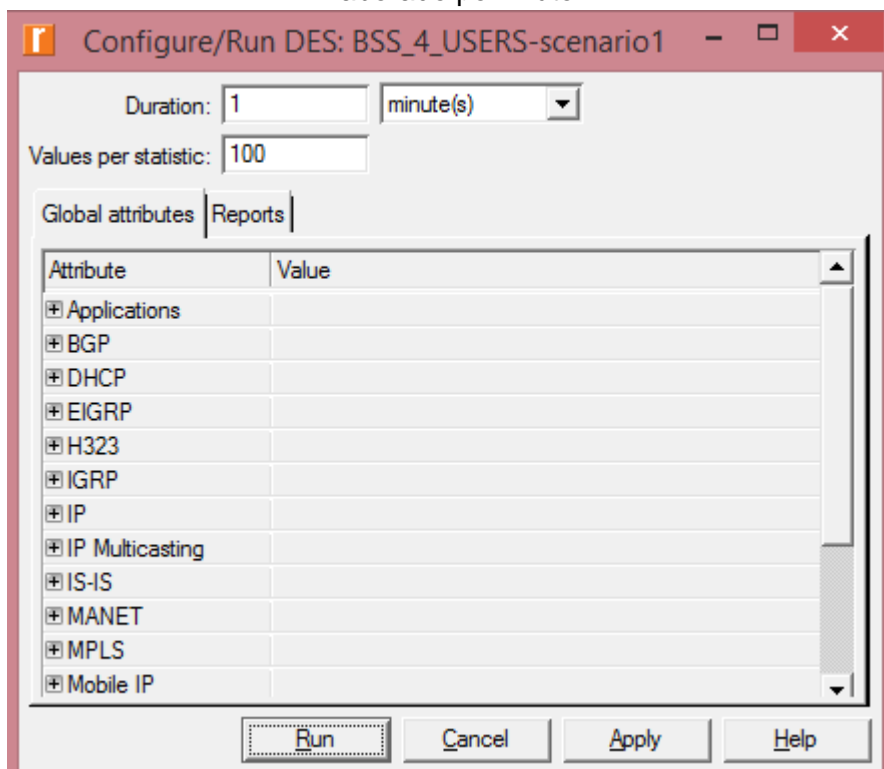


Figura 3. 8: Menu principal del tiempo de simulación para el modo BSS.
Elaborado por: Autor.

3.3. Configuración de parámetros del escenario 1 – caso 1.

En este caso, el número de usuarios va a variar entre 4 y 8, mientras que las velocidades de datos se mantienen constantes (65 Mbps), tal como se muestran en la tabla 3.1.

Tabla 3. 1: Parámetros de simulación para 4 y 8 usuarios del escenario 1 – caso 1.

Parámetros	Escenario 1 – Caso 1
# de usuarios	4 y 8
Velocidad de datos (Mbps)	65

Elaborado por: Autor

3.4. Configuración de parámetros del escenario 1 – caso 2.

En este caso, los usuarios se mantienen constantes mientras que las velocidades de datos varían tal como se muestran en la tabla 3.2.

Tabla 3. 2: Parámetros de simulación para 4 usuarios del escenario 1 – caso 2.

Parámetros	Escenario 1 – Caso 2
# de usuarios	4
Velocidad de datos (Mbps)	13 y 65

Elaborado por: Autor

3.5. Configuración de parámetros del escenario 2, modo de infraestructura (ESS).

En este escenario, se utilizan dos puntos de acceso (AP) en la red, con su identificador BSS configurado en 1 y 2, respectivamente. El AP y la estación de trabajo se configuran como en el caso de BSS con cuatro estaciones de trabajo configuradas con BSS Id 1 y la otra con BSS Id 2. Cada AP tiene cuatro usuarios cada uno, después se usa un conmutador Ethernet para conectar los dos AP junto con un servidor Ethernet. La figura 3.9 muestra la red ESS modelada con ocho usuarios.

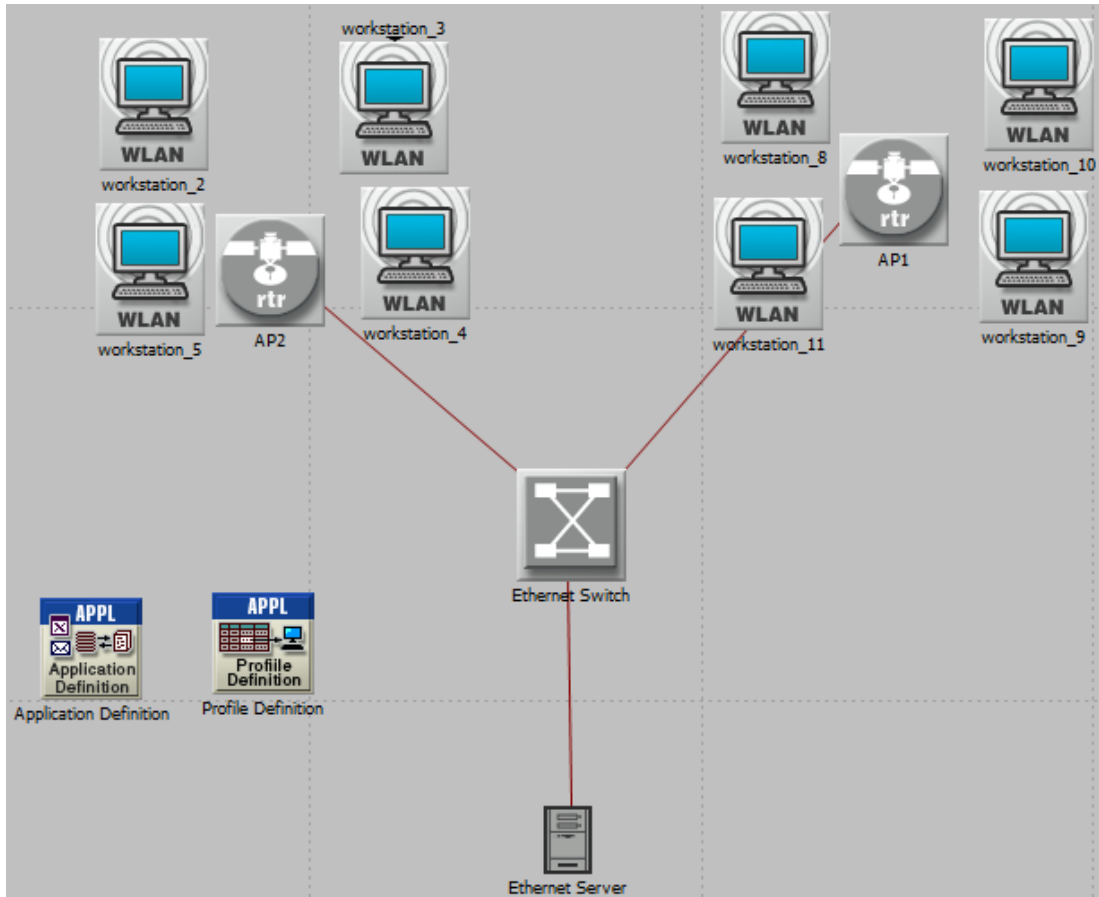


Figura 3. 9: Diseño de simulación del modo infraestructura ESS con 8 estaciones de trabajo.

Elaborado por: Autor.

3.6. Configuración de parámetros del escenario 2, caso 1.

En este caso, el número de usuarios va a variar para el ESS mientras que las velocidades de datos se mantienen constantes. En la tabla 3.3 se muestran los cambios en los parámetros.

Tabla 3. 3: Parámetros de simulación para 4 y 8 usuarios del escenario 2 – caso 1.

Parámetros	Escenario 2 – Caso 1
# de usuarios	4 y 8
Velocidad de datos (Mbps)	65

Elaborado por: Autor

3.7. Configuración de parámetros del escenario 2, caso 2.

En este caso, el número de usuarios se mantienen constantes mientras que la velocidad de datos va a variar, tal como la tabla 3.3 se muestran los cambios en los parámetros.

Tabla 3. 4: Parámetros de simulación para 4 y 8 usuarios del escenario 2 – caso 2.

Parámetros	Escenario 2 – Caso 2
# de usuarios	4 y 8
Velocidad de datos (Mbps)	65

Elaborado por: Autor

3.8. Análisis de resultados obtenidos para el modo de infraestructura BSS del escenario 1 – caso 1.

Después de ejecutar la simulación, los gráficos de la figura 3.10 y 3.11 se obtuvieron para el rendimiento y el retardo (delay) de las variaciones en el número de usuarios, es decir, escenario 1 – caso 1.

3.8.1. Análisis del rendimiento de WLAN para el escenario 1 – caso 1.

En este caso, la cantidad de usuarios sigue cambiando, mientras que la velocidad de datos y el tamaño del búfer permanecen constantes para cuatro y ocho usuarios. En la figura 3.10, el gráfico azul representa a los cuatro usuarios, mientras que el gráfico rojo representa a los ocho usuarios. Ambos gráficos aumentan considerablemente antes de que se estabilicen, pero el de cuatro usuarios supera el de ocho usuarios. Se observa al final del gráfico azul (en $t=60$ s) que el valor de la tasa de transferencia es aproximadamente 51000000 bits/seg, que corresponde a 51 Mbps.

Ahora, si al final del gráfico rojo (en $t=60$ s) que representa a ocho usuarios se remonta al mismo eje vertical, se encuentra que la tasa de transmisión es aproximadamente 23000000 bits/seg, que corresponde a 23 Mbps. Los resultados muestran que a medida que se duplica el número de

usuarios, el rendimiento también se reduce a más de la mitad de sus valores originales para la red WLAN de modo BSS.

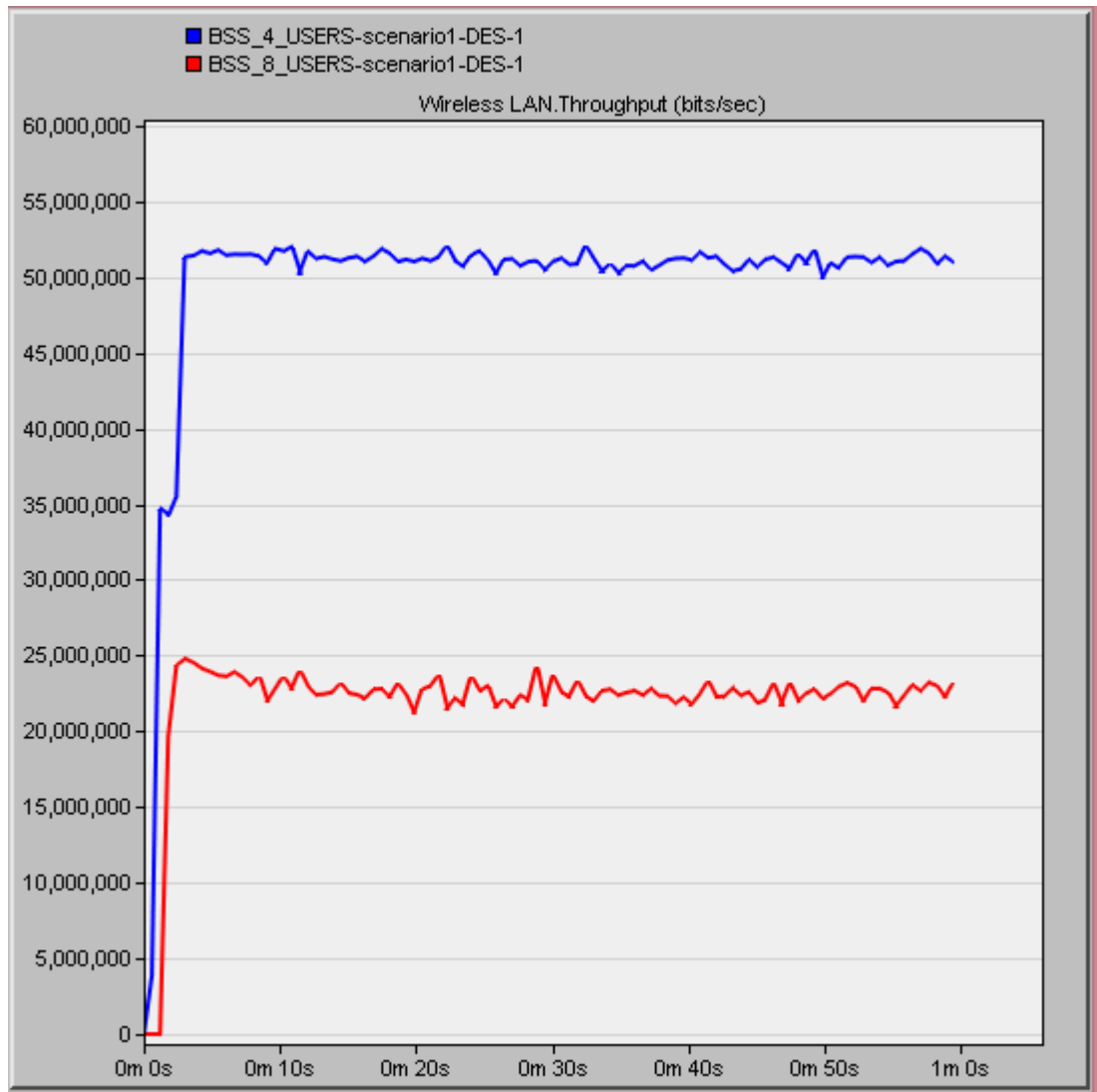


Figura 3. 10: Gráfica del rendimiento de WLAN para el escenario 1 – caso 1.
Elaborado por: Autor.

3.8.2. Análisis del retardo de WLAN para el escenario 1 – caso 1.

El gráfico de la figura 3.11 muestra el retardo de WLAN para 4 y 8 usuarios, el gráfico azul representa cuatro usuarios y el gráfico rojo representa ocho usuarios, si el final de ambos gráficos se remonta al eje vertical, se puede ver que el retraso para cuatro usuarios es de aproximadamente 7.5 ms mientras que el de ocho usuarios es de aproximadamente 23 ms. El resultado muestra que una mayor cantidad de usuarios experimenta mayor retardo, lo que eventualmente tiene un impacto en la red, ya que su rendimiento también se redujo a casi la mitad que el de un número menor de usuarios.

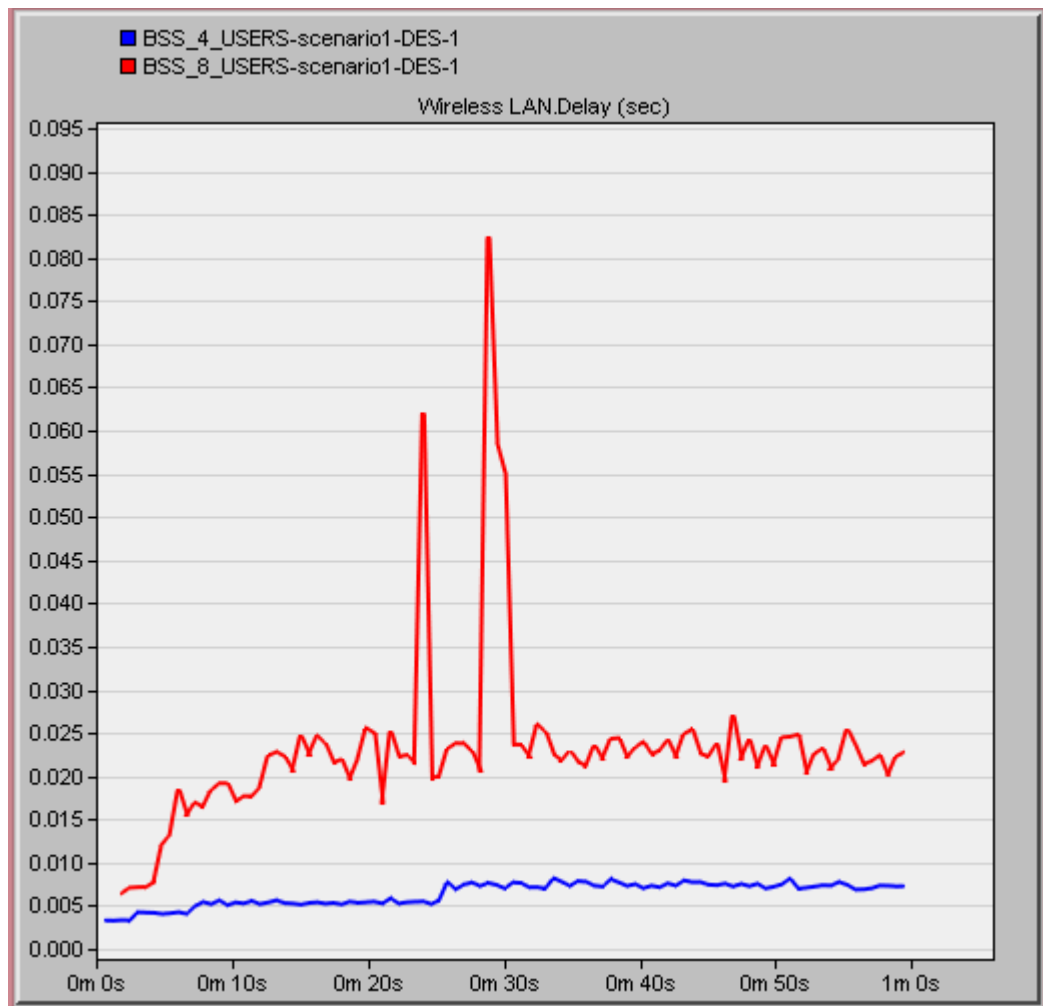


Figura 3. 11: Gráfica del retardo de WLAN para el escenario 1 – caso 1.
Elaborado por: Autor.

3.9. Análisis de resultados obtenidos para el modo de infraestructura BSS del escenario 1 – caso 2.

En este caso, la velocidad de datos se cambia (entre 13 y 65 Mbps) manteniendo la misma cantidad de usuarios (4 usuarios). Las gráficas en las figuras 3.12 y 3.13 muestran el rendimiento y retardo obtenidos de la red WLAN, respectivamente.

3.9.1. Análisis del rendimiento de WLAN para el escenario 1 – caso 2.

Como se puede ver en el gráfico de la figura 3.12, el gráfico azul representa la velocidad de datos a 13 Mbps, mientras que el gráfico rojo representa la velocidad de datos a 65 Mbps. Si al final (en $t=60$ s) de los gráficos rojo y azul se remonta al eje vertical, se puede ver que a 13 Mbps el rendimiento es de aproximadamente 12 Mbps, mientras que a 65 Mbps el

rendimiento es igual a 51 Mbps. El gráfico de la tasa de datos a 65 Mbps aumenta bruscamente por encima de la tasa de datos a 13 Mbps. Esto significa que a una velocidad de datos más baja para una red BSS, el rendimiento se reduce.

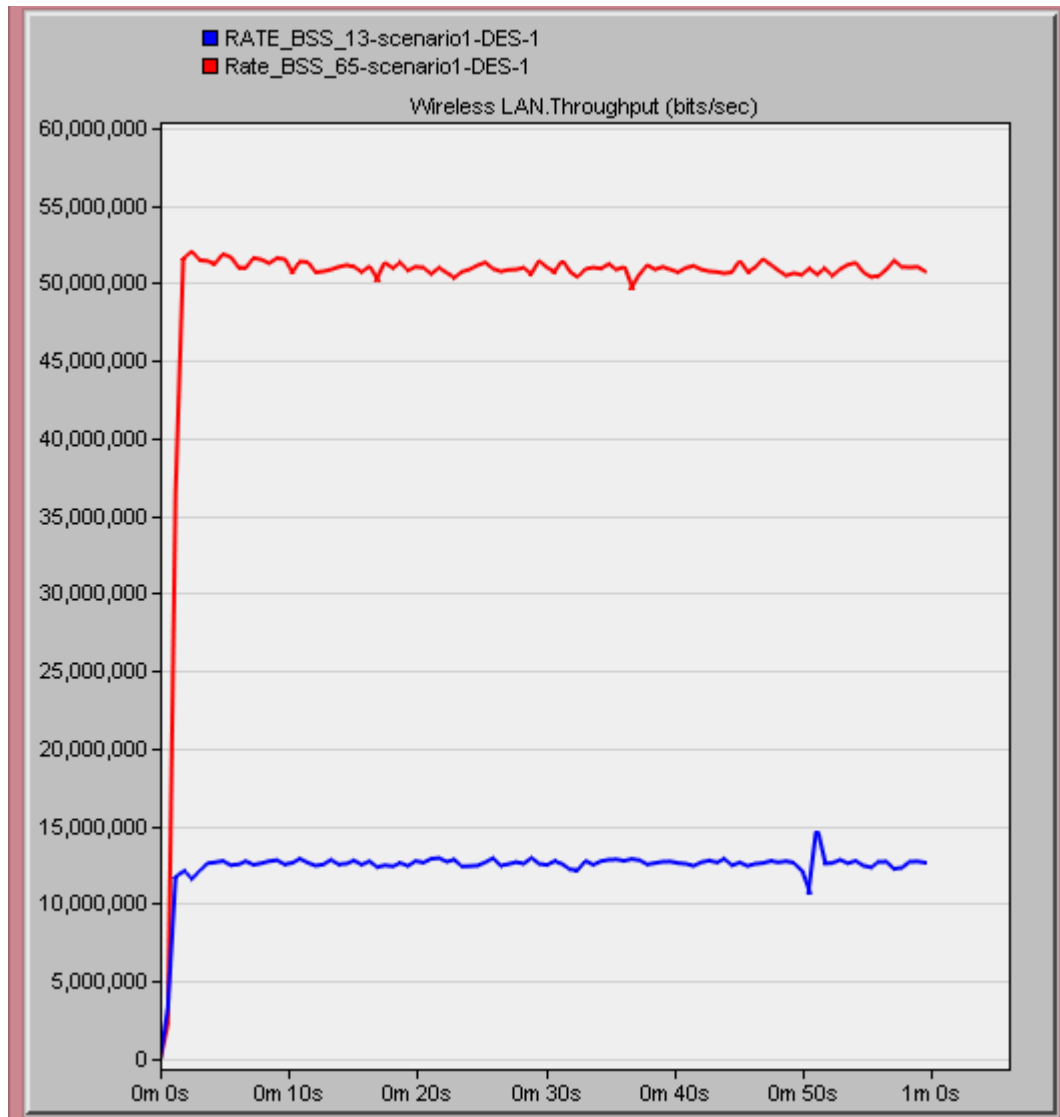


Figura 3. 12: Gráfica del rendimiento de WLAN para el escenario 1 – caso 2.
Elaborado por: Autor.

3.9.2. Análisis del retardo de WLAN para el escenario 1 – caso 2.

A continuación, la gráfica mostrada por la figura 3.13 se observa que la gráfica azul es la velocidad de datos más baja, es decir, tiene un retardo de aproximadamente 46 ms, mientras que la velocidad de datos más alta tiene un retardo de aproximadamente 7 ms. Esto muestra que la tasa de datos más baja cuanto menor es la velocidad a la que se transfieren los bits; por lo tanto,

conduce a mayor retardo en la red WLAN que eventualmente afecta el rendimiento.

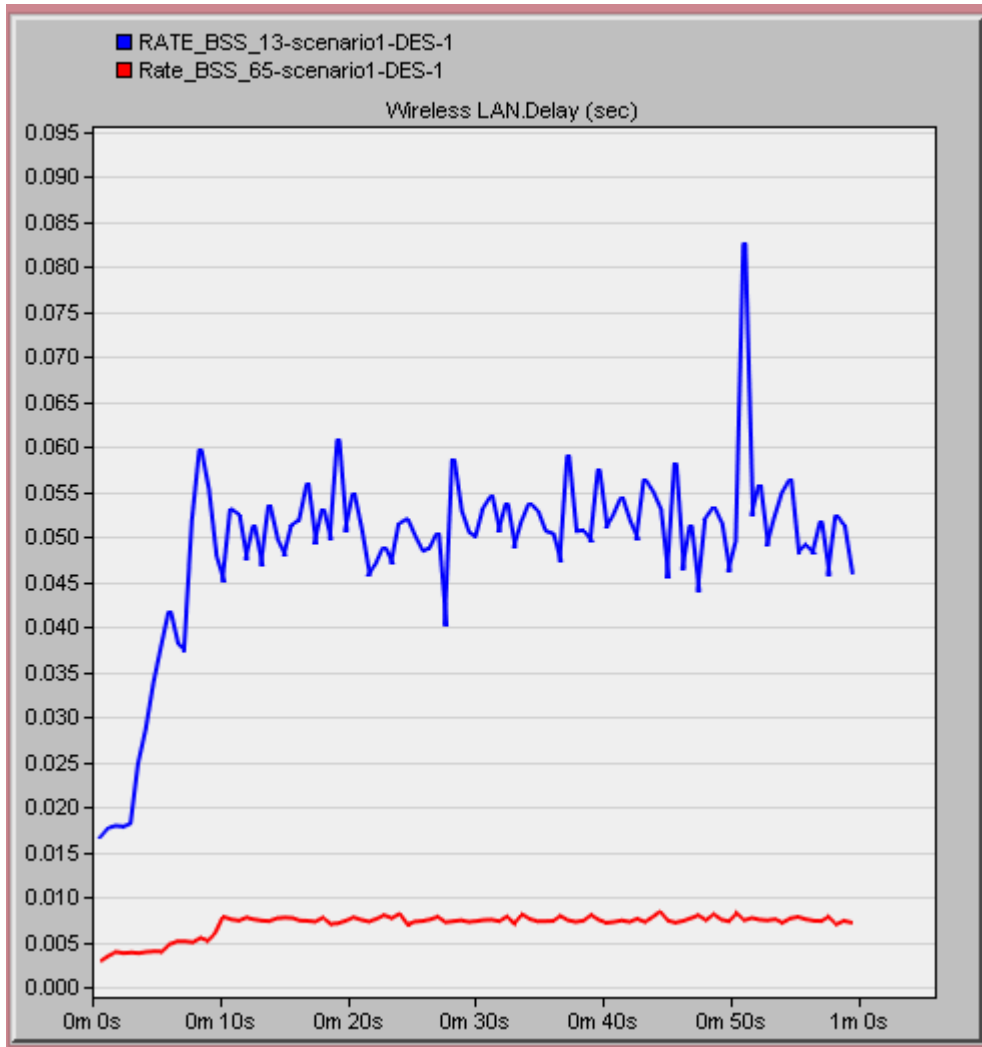


Figura 3. 13: Gráfica del retardo de WLAN para el escenario 1 – caso 2.
Elaborado por: Autor.

3.10. Análisis y resultados para el modo de infraestructura ESS del escenario 2 – caso 1.

Después de ejecutar la simulación del escenario 2 de la red WLAN con infraestructura ESS, se obtuvieron los gráficos de las figuras 3.14 y 3.15 para las métricas del rendimiento y del retardo para las variaciones en el número de usuarios, es decir, el caso 1 del escenario 2.

3.10.1. Análisis del rendimiento de WLAN para el escenario 2 – caso 1.

En la figura 3.14 se muestra la gráfica del rendimiento de la red WLAN con modo de infraestructura ESS, al rastrear los gráficos rojo y azul al eje

vertical, se puede ver que, para cuatro usuarios, el rendimiento es igual a 45 Mbps. A medida que el número de usuarios aumenta de cuatro a ocho, el rendimiento disminuye a 37 Mbps, lo que significa que a medida que más usuarios estuvieron en la red, su rendimiento se reduce. También se puede ver que ambas gráficas aumentan rápidamente antes de volverse estables.

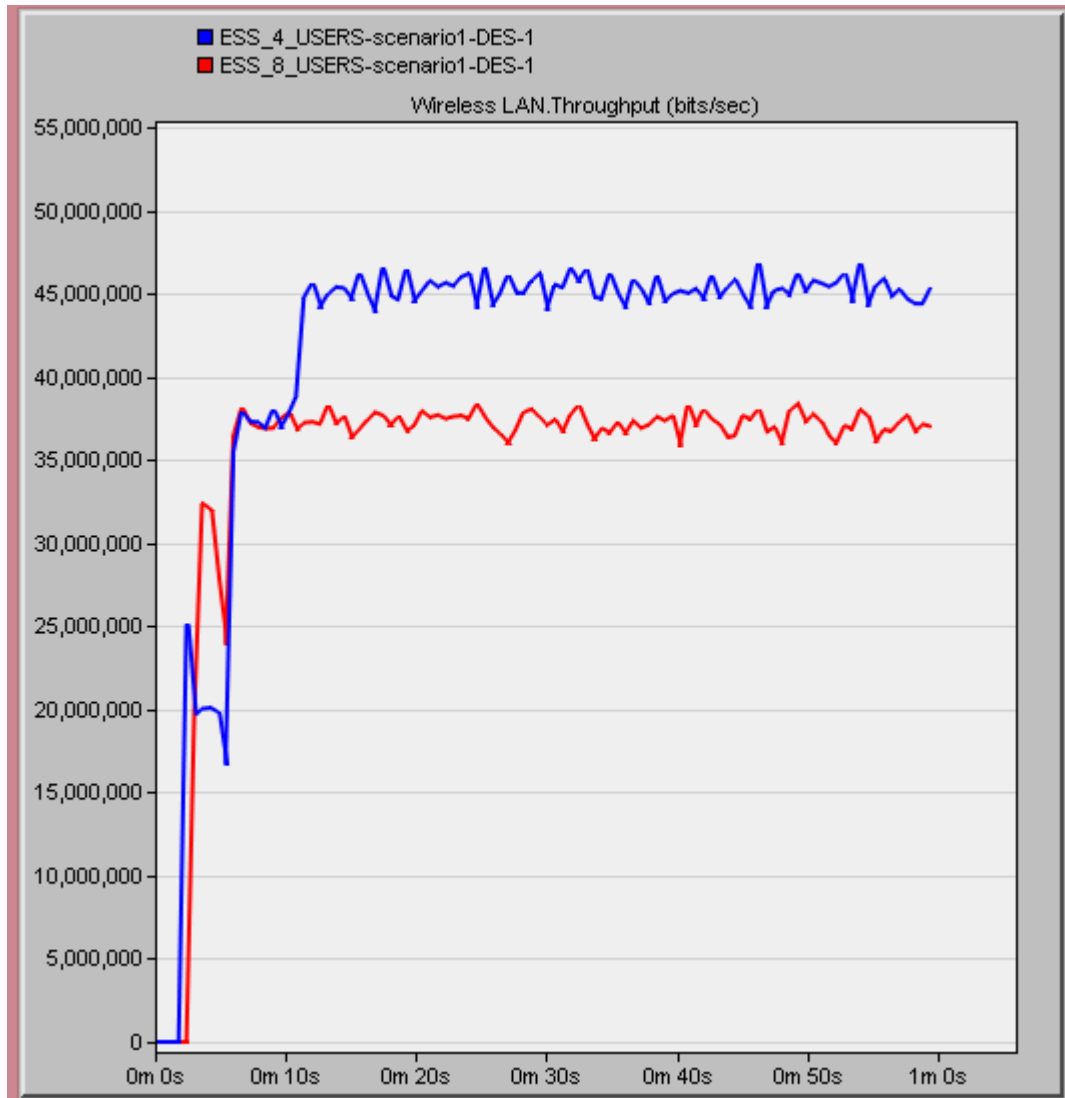


Figura 3. 14: Gráfica del rendimiento de WLAN para el escenario 2 – caso 1.
Elaborado por: Autor.

3.10.2. Análisis del retardo de WLAN para el escenario 2 – caso 1.

El gráfico de retardo para la red WLAN se muestra en la figura 3.15, se puede ver que, en cuatro usuarios, el retardo para el modo de infraestructura ESS es 5.4 ms. Pero, cuando la cantidad de usuarios aumenta de cuatro a ocho, el retardo se incrementa a 14 ms. Es decir, que a medida que más usuarios descienden en la red, la experiencia de retardo también aumenta.

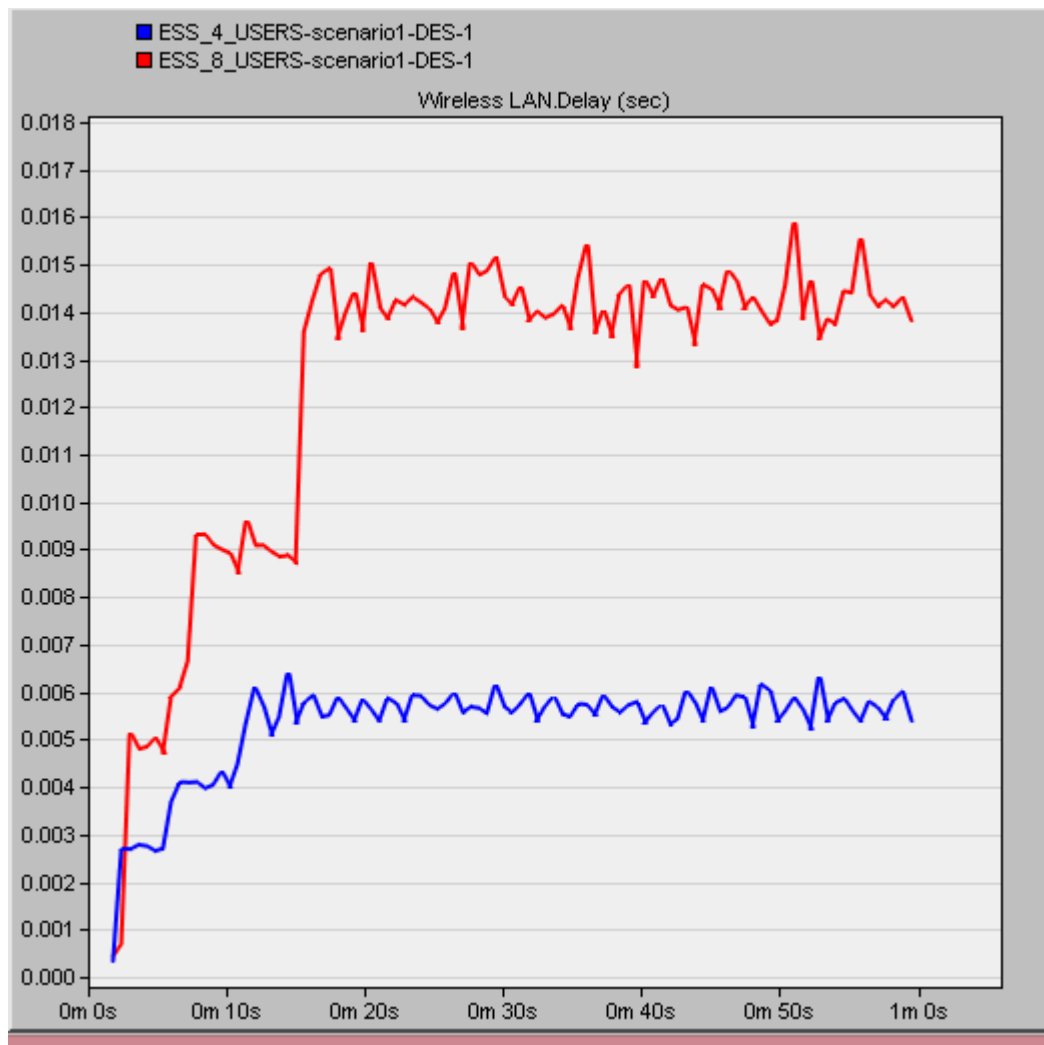


Figura 3. 15: Gráfica del retardo de WLAN para el escenario 2 – caso 1.
Elaborado por: Autor.

3.11. Análisis y resultados para el modo de infraestructura ESS del escenario 2 – caso 2.

Después de ejecutar la simulación del escenario 2 – caso 2 de la red WLAN con infraestructura ESS, se obtuvieron los gráficos de las figuras 3.16 y 3.17 para las métricas del rendimiento y del retardo para las variaciones en el número de usuarios, es decir, el caso 2 del escenario 2.

3.11.1. Análisis del rendimiento de WLAN para el escenario 2 – caso 2.

La figura 3.16 muestra el gráfico de rendimiento obtenido a una velocidad de datos variada (13 y 65 Mbps), trazando gráficos azules y rojos al eje vertical. Para una velocidad de datos a 65 Mbps, el rendimiento obtenido es igual a 35 Mbps y, a medida que la velocidad de datos cae a 13 Mbps, el

rendimiento también desciende a 12.5 Mbps. A velocidades de datos más altas, el gráfico se eleva rápidamente por encima del gráfico de velocidades de datos más bajas antes de volverse estable.

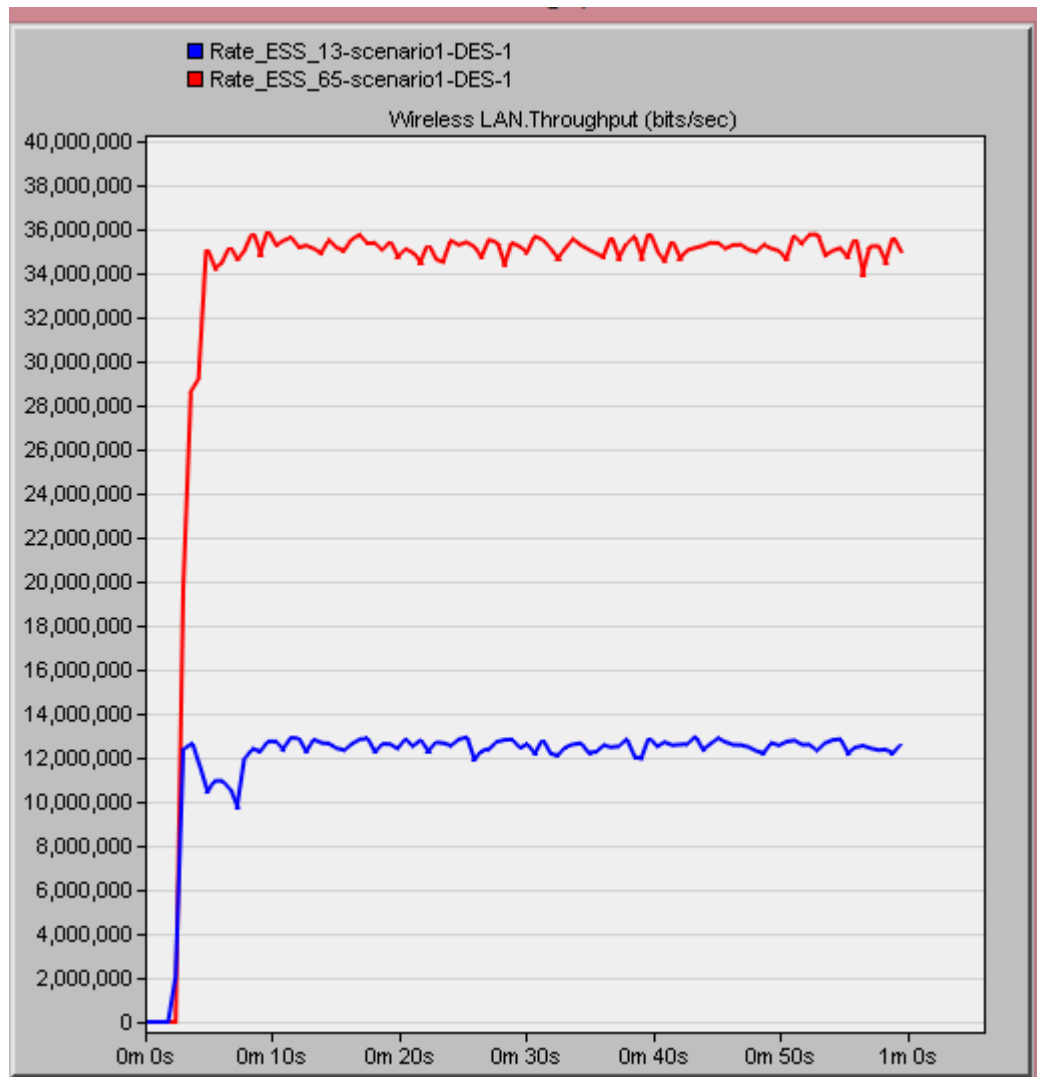


Figura 3. 16: Gráfica del rendimiento de WLAN para el escenario 2 – caso 2.
Elaborado por: Autor.

3.11.2. Análisis del retardo de WLAN para el escenario 2 – caso 2.

Observando el gráfico en la figura 22 a continuación, el retraso obtenido a 65 Mbps es igual a 0.0035, mientras que el obtenido a 13 Mbps es igual a 0.025. El resultado muestra que, para una red ESS, cuando la velocidad de datos es alta, los datos se transfieren a alta velocidad y, por lo tanto, experimentan un retraso bajo.

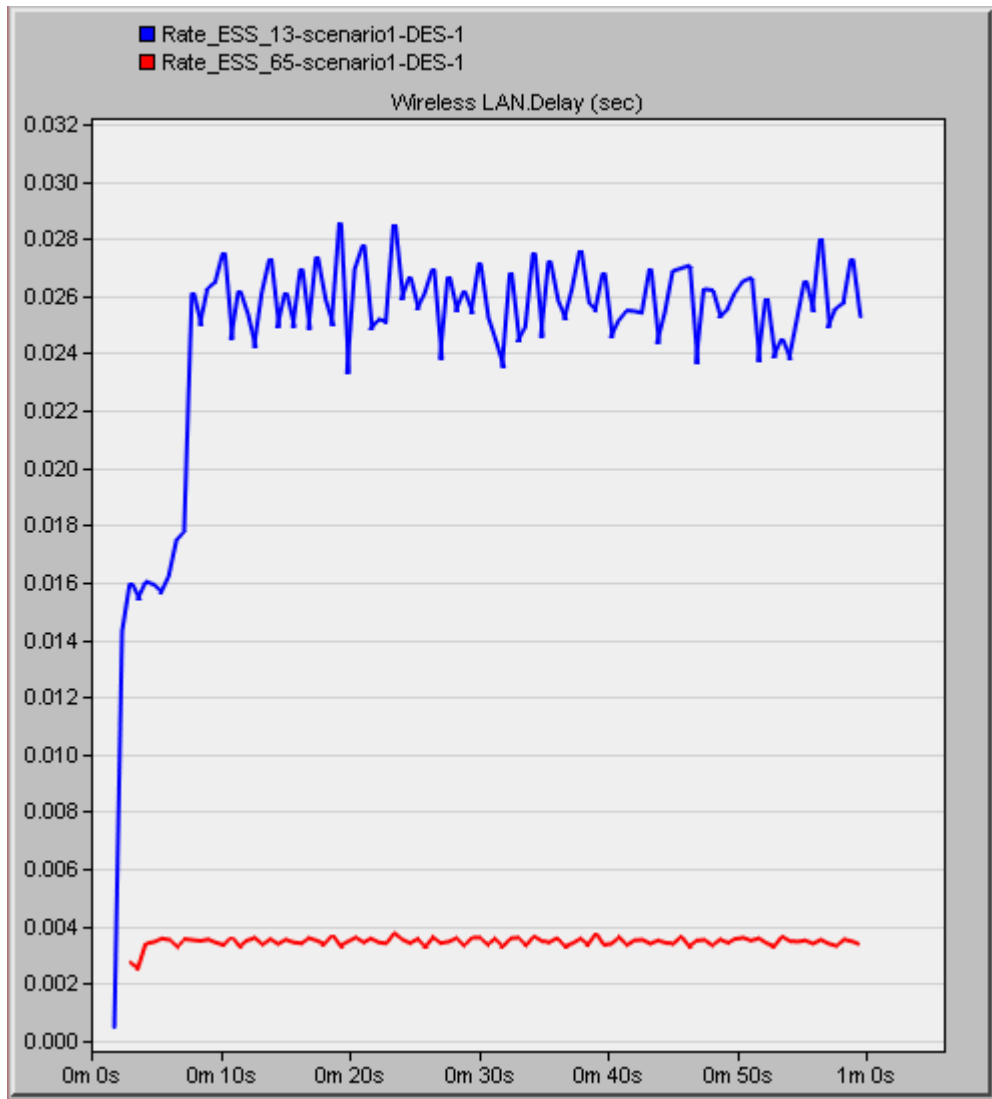


Figura 3. 17: Gráfica del retardo de WLAN para el escenario 2 – caso 2.
Elaborado por: Autor.

Conclusiones.

- En el desarrollo del componente práctico el examen complejo, las prestaciones de dos tipos de topologías WLAN, BSS y ESS, se han evaluado en función de las métricas de rendimiento y de retardo (delay). Se investigó cómo estos dos tipos de topologías WLAN responden a una aplicación que requiere entrega oportuna de paquetes y datos con suficiente ancho de banda. A partir de los resultados obtenidos después de la simulación, se demostró que, en diferentes escenarios, la métrica de rendimiento cambia.
- A medida que aumentaba el número de usuarios, el rendimiento disminuía tanto en el modo de infraestructura BSS como ESS. De manera análoga, a medida que aumenta el número de usuarios, hay un aumento en el retardo (delay) tanto para infraestructura BSS como ESS. Finalmente, cuando la velocidad de datos era incrementada tanto en los modos de infraestructura BSS como ESS, existía un incremento en el rendimiento a medida que los datos se entregan de manera más precisa y a un ritmo más rápido.
- Cuando el número de usuarios se duplica, el rendimiento en BSS se redujo aproximadamente un 50% mientras que al mismo tiempo en ESS, su rendimiento solo disminuyó en aproximadamente un 15%. El valor más bajo de la experiencia de retardo es para ESS a una velocidad de datos de 65 Mbps. El rendimiento general de BSS es alentador para cuatro usuarios, pero pierde gradualmente su QoS a medida que aumenta el número de usuarios.
- Ahora se puede concluir que ESS sería adecuado para una gran red con más usuarios y que ESS también ha logrado mantener su QoS.

Recomendaciones.

- Adquisición de herramientas de simulación, tales como, Opnet Modeler, OMNeT ++ entre otras plataformas de gran importancia en el modelamiento de sistemas de comunicaciones.
- Implementación de esquemas de modulación para redes WLANs usando el software Opnet Modeler.

Referencias bibliográficas.

- Dappuri, B., & Venkatesh, T. G. (2018). Design and Performance Analysis of Multichannel MAC protocol for Cognitive WLAN. *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, 1–1. <https://doi.org/10.1109/TVT.2018.2812823>
- Das, S., Kar, P., & Barman, S. (2017). Analysis of IEEE 802.11 WLAN frame aggregation under different network conditions (pp. 1240–1245). IEEE. <https://doi.org/10.1109/WiSPNET.2017.8299961>
- Dhanalakshmi, S., & Sathiya, M. (2015). An Overview of IEEE802.11 Wireless LAN Technologies. *International Journal of Computer Science and Mobile Computing*, 4(1), 85–93.
- Ghosh, T., Tiwari, S., & Sahay, J. (2017). Enhanced rate of wlan using different protocols in infrastructure and ad-hoc mode (pp. 405–409). IEEE. <https://doi.org/10.1109/CSPC.2017.8305879>
- Gyongyosi, K., Varga, P. J., & Illesi, Z. (2017). WLAN heat mapping in hybrid network (pp. 94–97). Presentado en 14th International Scientific Conference on Informatics, Propad, Slovakia: IEEE. <https://doi.org/10.1109/INFORMATICS.2017.8327228>
- Kurekar, P. R., & Khade, S. S. (2017). Design and implementation of MIMO antenna for WLAN application (pp. 0477–0480). Presentado en International Conference on Communication and Signal Processing (ICCSP), India: IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICCSP.2017.8286403>
- Mittal, I., & Anand, A. (2014). WLAN Architecture. *International Journal of Computer Trends and Technology (IJCTT)*, 8(3), 148–151.
- Monteagudo P., J. L., Moreno G., O., García P., J., & Reig R., J. (2004). Redes inalámbricas para los nuevos servicios personales e-salud basados en tecnologías de inteligencia ambiental. *Informática y Salud*, (44), 31–36.

Sapna, S., & Kartik, S. (2016). A Review Paper on Wireless Body Area Network for Health Care Applications. *International Journal of Computer Science and Mobile Computing*, 5(10), 1–11.

Wang, H., Mei, J., & Jiang, T. (2017). A novel compact Tri-band antenna for WLAN application (pp. 664–666). IEEE. <https://doi.org/10.1109/PIERS.2017.8261824>



Presidencia
de la República
del Ecuador



Plan Nacional
de Ciencia, Tecnología,
Innovación y Saberes



SENESCYT
Secretaría Nacional de Educación Superior,
Ciencia, Tecnología e Innovación

DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **SOLANO ARGUELLO, CRISTHIAN JAVIER** con C.C: # 0803831288 autor del Trabajo de Titulación: **Evaluación de las métricas de rendimiento y retardo para una red WLAN con modos de infraestructura BSS y ESS** previo a la obtención del título de **INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, 03 de Mayo de 2018

f. _____

Nombre: SOLANO ARGUELLO, CRISTHIAN JAVIER

C.C: 0803831288



Presidencia
de la República
del Ecuador



Plan Nacional
de Ciencia, Tecnología,
Innovación y Saberes



SENESCYT
Secretaría Nacional de Educación Superior,
Ciencia, Tecnología e Innovación

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN

TÍTULO Y SUBTÍTULO:	Evaluación de las métricas de rendimiento y retardo para una red WLAN con modos de infraestructura BSS y ESS		
AUTOR(ES)	SOLANO ARGUELLO, CRISTHIAN JAVIER		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES)	M. Sc. EDWIN F. PALACIOS MELÉNDEZ		
INSTITUCIÓN:	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
FACULTAD:	Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo		
CARRERA:	Ingeniería en Telecomunicaciones		
TÍTULO OBTENIDO:	Ingeniero en Telecomunicaciones		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	03 de Mayo de 2018	No. DE PÁGINAS:	59
ÁREAS TEMÁTICAS:	Fundamentos de Comunicación, Comunicaciones Inalámbricas, Transmisiones		
PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:	Métricas, rendimiento, retardo, BSS, ESS, Simulación.		
RESUMEN/ABSTRACT (150-250 palabras):			
<p>La propuesta presentada en el documento consistió en desarrollar la evaluación de las métricas de rendimiento y retardo para una red WLAN que utiliza dos modos de infraestructura, que son el conjunto de servicios básico (Basic Service Set, BSS) y conjunto de servicios extendidos (Extended Service Set, ESS) utilizando el programa de simulación Opnet Modeler. Al inicio se especifica los antecedentes de trabajos relacionados con el tema del componente práctico, así como la definición del problema a investigar, objetivo general y objetivos específicos. En la segunda parte se fundamenta la teoría relacionada a las redes inalámbricas, que incluye una descripción de los modos de con o sin infraestructura. Después, en la plataforma de simulación Opnet Modeler se realizaron los cuatros escenarios de simulación de una WLAN, es decir, dos escenarios con infraestructura BSS y dos escenarios con infraestructura ESS. Finalmente, se realiza la evaluación de métricas de rendimiento y de retardo de la red WLAN.</p>			
ADJUNTO PDF:	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: +593-9-85064010	E-mail: cristhianjavier182@gmail.com	
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN: COORDINADOR DEL PROCESO DE UTE	Nombre: Palacios Meléndez Edwin Fernando		
	Teléfono: +593-9-68366762		
	E-mail: edwin.palacios@cu.ucsg.edu.ec		
SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA			
Nº. DE REGISTRO (en base a datos):			
Nº. DE CLASIFICACIÓN:			
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):			