



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

SISTEMA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN TELECOMUNICACIONES

TEMA:

Análisis comparativo entre protocolos de multidifusión nativa oportunista (MNO) y capa de aplicación de multidifusión (CAM) en redes punto a punto (P2P) utilizando OMNeT++

AUTOR:

Ing. Mora Bocca, Ricardo Alfredo

Trabajo de Titulación previo a la obtención del Grado Académico de
MAGÍSTER EN TELECOMUNICACIONES

TUTOR:

M. Sc. Palacios Meléndez, Edwin Fernando

Guayaquil, Ecuador

21 de febrero del 2020



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

SISTEMA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN TELECOMUNICACIONES

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por el Magíster **Mora Bocca, Ricardo Alfredo** como requerimiento parcial para la obtención del Grado Académico de **MAGÍSTER EN TELECOMUNICACIONES**.

TUTOR

M. Sc. Palacios Meléndez, Edwin Fernando

DIRECTOR DEL PROGRAMA

M. Sc. Romero Paz, Manuel de Jesús

Guayaquil, 21 de febrero del 2020



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

SISTEMA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN TELECOMUNICACIONES

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, **Mora Bocca, Ricardo Alfredo**

DECLARÓ QUE:

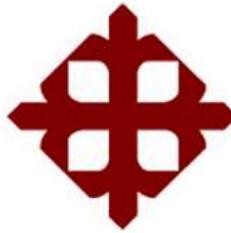
El trabajo de titulación: **“Análisis comparativo entre protocolos de multidifusión nativa oportunista (MNO) y capa de aplicación de multidifusión (CAM) en redes punto a punto (P2P) utilizando OMNeT++”**, previa a la obtención del grado Académico de **Magíster en Telecomunicaciones**, ha sido desarrollado, 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 científico del trabajo de titulación del Grado Académico en mención.

Guayaquil, 21 de febrero del 2020

EL AUTOR

Mora Bocca, Ricardo Alfredo



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

SISTEMA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN TELECOMUNICACIONES

AUTORIZACIÓN

Yo, **Mora Bocca, Ricardo Alfredo**

Autorizó a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, la publicación, en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación de Maestría titulada: **“Análisis comparativo entre protocolos de multidifusión nativa oportunista (MNO) y capa de aplicación de multidifusión (CAM) en redes punto a punto (P2P) utilizando OMNeT++”**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, 21 de febrero del 2020

EL AUTOR

Mora Bocca, Ricardo Alfredo

REPORTE DE URKUND

URKUND

Fernando Palacios Meléndez (edwin_palacios)

Documento	Mora_Ricardo_MET.docx.docx (D61912378)
Presentado	2020-01-06 10:50 (-05:00)
Presentado por	fernandopm23@hotmail.com
Recibido	edwin.palacios.ucsg@analysis.orkund.com
Mensaje	Revisión Ricardo Mora Mostrar el mensaje completo

1% de estas 22 páginas, se componen de texto presente en 1 fuentes.

Categoría	Enlace/nombre de archivo
	https://docplayer.es/82280358-Universidad-catolica-d...
	DEVY_MORA.docx
	https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.50...

Fuentes alternativas

Fuentes no usadas

0 Advertencias, Reiniciar, Exportar, Compartir

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL SISTEMA DE POSGRADO MAESTRÍA EN TELECOMUNICACIONES

TEMA: Análisis comparativo entre protocolos de multidifusión nativa oportunista (MNO) y capa de aplicación de multidifusión (CAM) en redes punto a punto (P2P) utilizando OMNeT++

AUTOR: Ing. Mora Bocca, Ricardo Alfredo

Trabajo de Titulación previo a la obtención del Grado Académico de Magister en Telecomunicaciones

TUTOR: M. Sc. Palacios Meléndez, Edwin Fernando

Guayaquil, Ecuador

20 de Noviembre del 2019

Dedicatoria

Mi agradecimiento a la Universidad Politécnica Salesiana, institución en la cual trabajo, que me brindó la oportunidad a través de su aporte técnico y económico para poder realizar mis estudios de cuarto nivel y de la cual siempre he recibido apoyo.

Agradezco también a todo el personal docente de la Maestría en Telecomunicaciones de la Universidad Católica Santiago de Guayaquil, quienes fueron mis formadores académicos durante este proceso, y tuvieron la predisposición de transmitir sus conocimientos.

Mora Bocca, Ricardo Alfredo

Agradecimientos

Dedico este trabajo a mi familia que fue mi apoyo y motivación constante para emprender y continuar este camino al crecimiento profesional.

Mora Bocca, Ricardo Alfredo



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

SISTEMA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN TELECOMUNICACIONES

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

f. _____

M. Sc. Palacios Meléndez, Edwin Fernando
TUTOR

f. _____

M. Sc. Córdova Rivadeneira, Luis Silvio
REVISOR

f. _____

M. Sc. Zamora Cedeño, Néstor Armando
REVISOR

f. _____

M. Sc. Romero Paz, Manuel de Jesús
DIRECTOR DEL PROGRAMA

ÍNDICE GENERAL

Capítulo 1: Descripción del proyecto de intervención	2
1.1. Introducción.....	2
1.2. Antecedentes del problema a investigar.	3
1.3. Definición del problema.	3
1.4. Justificación del problema.	3
1.5. Objetivos.	3
1.5.1. Objetivo general.....	3
1.5.2. Objetivos específicos.....	3
1.6. Hipótesis.....	4
1.7. Metodología de investigación.	4
Capítulo 2: Fundamentación Teórica.	5
2.1. Visión general de redes P2P.....	5
2.2. Tecnologías P2P.....	5
2.2.1. Descripción general de los sistemas P2P.....	5
2.2.2. Historia de los sistemas P2P.....	8
2.3. Redes punto a punto (P2P).....	9
2.4. Tipos de redes punto a punto (P2P).....	10
2.5. Topologías de sistemas P2P.....	11
2.5.1. Topología de árbol único.	11
2.5.2. Topología de árbol múltiple.	12
2.5.3. Topología de malla.	12
CAPÍTULO 3: Desarrollo y Resultados obtenidos.....	14
3.1. Introducción.....	14
3.2. Metodología experimental	14
3.2.1. Preguntas de investigación.....	14
3.2.2. Selección del punto de referencia.....	14
3.2.3. OMNeT ++ y Framework INET	16
3.2.4. Simulador OverSim.....	16
3.2.5. Configuración de simulación.....	18

3.2.6. Modelo de simulación.....	19
3.3. Túneles de multidifusión automática - AMT.....	20
3.3.1. Cambios en el entorno de simulación.....	20
3.3.1.1. Puerta de enlace (Gateway) – AMT.....	21
3.3.1.2. Retardo de AMT.	22
3.3.1.3. Cambios en OverSim.....	23
3.3.1.4. Mensajes de red	23
3.3.2. El modelo de red.....	24
3.4. Diseño del sistema a implementarse.....	24
3.4.1. Visión general del sistema.....	24
3.4.2. Escenarios de simulación	25
3.4.2.1. Pequeña prueba de concepto de red.....	25
3.4.2.2. Aplicaciones.....	26
3.5. Comparativa entre multidifusión nativa oportunista (MNO) y capa de aplicación de multidifusión (CAM).	27
3.6. Número de nodos secundarios.....	32
3.6.1. Introducción	32
3.7. Enfoques para seleccionar nodos primarios y secundarios.....	37
3.7.1. Heterogeneidad.	37
3.7.2. Distinguir los nodos de baja rotación	37
3.7.3. Prioridad manual.....	39
3.7.4. Prioridad pasiva	41
3.7.5. Prioridad basada en la edad.....	44
3.7.6. Comparación de tipos de prioridad.....	46
Conclusiones	48
Recomendaciones	50
Bibliografía.....	51

Índice de Figuras

Capítulo 2:

Figura 2. 1: Diagrama esquemático del modelo de redes P2P.....	6
Figura 2. 2: Diagrama esquemático de comunicación tradicional cliente/servidor.....	7
Figura 2. 3: Diagrama esquemático de la topología de árbol único en sistemas P2P.....	11
Figura 2. 4: Diagrama esquemático de la topología de árbol múltiple en sistemas P2P.....	12
Figura 2. 5: Diagrama esquemático de la topología de malla en sistemas P2P.	13

Capítulo 3:

Figura 3. 1: Estructura OverSim.....	17
Figura 3. 2: Vista general del diseño del componente Host Estándar en INET.....	19
Figura 3. 3: Vista del componente de la capa de red – módulo compuesto..	20
Figura 3. 4: La pila de componentes en AMT Gateway.	21
Figura 3. 5: Reenvío geográfico y XMAC.....	22
Figura 3. 6: Parámetros para el número de islas de multidifusión.	25
Figura 3. 7: Parámetros para el número de clientes que se dispersa aleatoriamente en diferentes islas.	25
Figura 3. 8: Un ejemplo de red con dos islas habilitadas para multidifusión.	26
Figura 3. 9: Aplicación de túneles de multidifusión automática.....	27
Figura 3. 10: Comparando el tramo de diferentes enfoques de multidifusión.....	29
Figura 3. 11: Esfuerzo promedio del backbone.....	29
Figura 3. 12: Comparativa del tráfico generado en cada isla para diferentes enfoques de multidifusión.	30

Figura 3. 13: Comparación del tráfico que cruza la red troncal para diferentes enfoques de multidifusión.	31
Figura 3. 14: Comparando el retraso para diferentes enfoques de multidifusión.....	31
Figura 3. 15: Efecto del promedio de vida e intervalos de tiempo en la tasa de éxito.	33
Figura 3. 16: El efecto de los intervalos de vida y latidos en los gastos generales.	35
Figura 3. 17: Efecto del número de nodos secundarios en la tasa de éxito.	36
Figura 3. 18: Efecto del número de nodos secundarios en la sobrecarga de mensajes/segundos.	36
Figura 3. 19: Efecto de la selección manual de la tasa de éxito de los NP... ..	40
Figura 3. 20: Efecto de la selección manual de NP en la sobrecarga.....	41
Figura 3. 21: Efecto de la duración del tiempo de simulación en la tasa de éxito.	42
Figura 3. 22: Efecto de la duración del tiempo de simulación en la sobrecarga (Overhead).....	43
Figura 3. 23: El efecto de factorizar la edad en la tasa de éxito.	44
Figura 3. 24: El efecto de la edad de factoraje en la sobrecarga.....	45
Figura 3. 25: El efecto de diferentes métodos de selección de los nodos primarios con diferentes frecuencias de latidos y número de segundos.....	47

Índice de Tablas

Capítulo 3:

Tabla 3. 1: Lista de parámetros por defecto para las simulaciones.	17
Tabla 3. 2: Contenido de la tabla Peers para puertas de enlace AMT.....	22
Tabla 3. 3: Ejemplo de contenido de una tabla de Peers de retransmisión AMT	23
Tabla 3. 4: Tiempo promedio de vida útil de los nodos de baja rotación.	39

Resumen

El presente trabajo de posgrado consiste en realizar el análisis comparativo entre protocolos de multidifusión nativa oportunista y capa de aplicación de multidifusión sobre redes punto a punto (P2P) utilizando la plataforma de simulación OMNeT++. Los sistemas punto a punto o P2P permiten el intercambio de datos, así como, los usuarios envían consultas y reciben resultados (como datos o punteros a los datos) a cambio, a través del mecanismo de búsqueda. Los datos compartidos en el sistema pueden ser de cualquier tipo. En la mayoría de los casos, los usuarios comparten diferentes tipos de archivos, tales como, archivos de música, imágenes, artículos de noticias, páginas web, etc. La evaluación real de redes P2P es una limitante, para lo cual fue necesaria el modelo de simulación en tiempo real de los protocolos de multidifusión aplicadas a redes P2P. Los resultados obtenidos durante la ejecución en el simulador dan al protocolo de multidifusión oportunista como el mejor protocolo por su robustez, eficacia y eficiencia.

Palabras claves: SISTEMAS, P2P, DATOS, REDES, PROTOCOLOS, MULTIDIFUSIÓN

Abstract

This postgraduate work consists in carrying out the comparative analysis between opportunistic native multicast protocols and multicast application layer on point-to-point networks (P2P) using the OMNeT ++ simulation platform. The point-to-point or P2P systems allow the exchange of data, as well as, users send queries and receive results (such as data or pointers to the data) in return, through the search mechanism. The data shared in the system can be of any type. In most cases, users share different types of files, such as music files, images, news articles, web pages, etc. The actual evaluation of P2P networks is a limitation, for which the real-time simulation model of multicast protocols applied to P2P networks was necessary. The results obtained during the execution in the simulator give the opportunistic multicast protocol as the best protocol for its robustness, effectiveness and efficiency.

Keywords: SYSTEMS, P2P, DATA, NETWORKING, PROTOCOLS, MULTICAST

Capítulo 1: Descripción del proyecto de intervención

1.1. Introducción

Los sistemas punto a punto (P2P) se han convertido recientemente en un área de investigación muy activa, debido a la popularidad y el uso generalizado de los sistemas P2P en la actualidad, y sus posibles usos en futuras aplicaciones. Recientemente, los sistemas P2P se han convertido en una forma popular de compartir grandes cantidades de datos (por ejemplo, (Ripeanu, 2002)). En el futuro, el advenimiento a la computación ubicua a gran escala hace que P2P sea un modelo natural para la interacción entre dispositivos (por ejemplo, a través del marco de servicios web).

Los sistemas P2P son populares debido a los muchos beneficios que ofrecen: adaptación, autoorganización, equilibrio de carga, tolerancia a fallas, disponibilidad mediante replicación masiva y la capacidad de combinarse y aprovechar grandes cantidades de recursos. Por ejemplo, los sistemas P2P de intercambio de archivos distribuyen el costo principal de compartir datos (ancho de banda y almacenamiento) entre todos los pares de la red, permitiéndoles escalar sin la necesidad de servidores costosos y potentes. (Daswani et al., 2003)

Diferentes aplicaciones de Internet, como IpTV y llamadas de conferencia, dependen de la distribución de contenido en un enfoque de uno a muchos o de muchos a muchos. Esta forma de entrega de contenido se llama multidifusión. La multidifusión es una forma muy poderosa y eficiente de entregar contenido en Internet. Fue diseñado para ahorrar ancho de banda y administrar el enrutamiento y la entrega de contenido a múltiples destinos, como la entrega de medios y el envío de actualizaciones. Esto hizo que la multidifusión fuera crítica ya que se espera que el 91% del tráfico de Internet sea video de acuerdo con el índice de redes visuales de Cisco.

Sin embargo, a pesar de sus muchos puntos fuertes, los sistemas P2P también presentan varios desafíos que son obstáculos recurrentes para su

amplia aceptación y uso, por ejemplo, garantías de seguridad, eficiencia y rendimiento como la atomicidad y la semántica transaccional.

1.2. Antecedentes del problema a investigar.

En la búsqueda de información relacionada a las redes punto a punto, se pudo encontrar trabajos que evalúan sistemas de comunicaciones alámbricos e inalámbricos, pero sin emplear protocolos de multidifusión.

1.3. Definición del problema.

Necesidad de simular redes punto a punto para analizar comparativamente los protocolos de multidifusión nativa oportunista (MNO) y capa de aplicación de multidifusión (CAM) utilizando la plataforma de simulación OMNeT++.

1.4. Justificación del problema.

El entorno P2P es particularmente difícil de trabajar debido a la escala de la red y la naturaleza poco confiable de los pares que caracterizan la mayoría de los sistemas P2P en la actualidad. Muchas técnicas desarrolladas previamente para sistemas distribuidos de decenas o cientos de servidores pueden dejar de aplicarse; para lo cual se necesitan nuevas técnicas para enfrentar estos desafíos en los sistemas P2P.

1.5. Objetivos.

1.5.1. Objetivo general.

Análisis comparativo entre protocolos de multidifusión nativa oportunista (MNO) y capa de aplicación de multidifusión (CAM) en redes punto a punto (P2P) utilizando OMNeT++

1.5.2. Objetivos específicos.

- ✓ Describir los fundamentos teóricos de las redes punto a punto y sus topologías.
- ✓ Diseñar los modelos de simulación de redes P2P utilizando los protocolos de multidifusión nativa oportunista y capa de aplicación de multidifusión.

- ✓ Evaluar los resultados obtenidos mediante la comparación de los protocolos diseñados en redes P2P.

1.6. Hipótesis.

Demostrar mediante modelos de simulación en redes punto a punto (P2P) como evaluar comparativamente protocolos de multidifusión nativa oportunista (MNO) y capa de aplicación de multidifusión (CAM) utilizando el software OMNeT++.

1.7. Metodología de investigación.

El presente trabajo de titulación se utiliza un enfoque cuantitativo, ya que analiza los valores numéricos que se obtienen durante la simulación de los escenarios propuestos en el capítulo 3. El método empleado es la simulación, ya que esto permite una observación del comportamiento dinámico de un sistema (o subsistema) bajo condiciones controladas. Dados los valores de las condiciones iniciales, los parámetros y las variables exógenas, un proceso de tiempo representa la simulación. El enfoque de simulación también puede ser útil en la construcción de modelos para comprender las condiciones futuras.

Capítulo 2: Fundamentación Teórica.

Este capítulo analiza los antecedentes de las tres principales tecnologías relacionadas: punto a punto (*Peer to Peer, P2P*), multidifusión y túnel de multidifusión automática (*Automatic Multicast Tunnelling, AMT*). Para P2P, se ofrecerá una descripción general de sus diferentes tipos: estructurado y no estructurado.

2.1. Visión general de redes P2P.

Las redes P2P se dividen en 2 tipos principales: estructuradas y no estructuradas. Las redes estructuradas, utilizan algoritmos distribuidos que aseguran que todos los pares se adhieran a una estructura particular (por ejemplo, círculo o árbol). (Maymounkov & Mazières, 2002; Stoica et al., 2001)

La presencia de una estructura asegura que 2 pares puedan contactarse entre sí y compartir recursos simplemente siguiendo el camino dictado por la estructura. Como resultado, si existe un recurso en la red, se encontrará.

La forma más popular de redes estructuradas es las tablas Hash distribuidas (DHT). En una red no estructurada, por otro lado, no existe tal estructura. Los pares se unen a la red simplemente contactando pares aleatorios. Los pares buscan recursos inundando la red. Para que las inundaciones sean sostenibles, las redes no estructuradas imponen un límite de conteo de saltos, más allá de las inundaciones no se produce. Como resultado, incluso si un recurso dado existe en la red, no hay garantía de que se encuentre porque puede residir más allá del alcance de las inundaciones. El trabajo de los autores Ripeanu, (2002) es el ejemplo más popular de redes no estructuradas.

2.2. Tecnologías P2P.

2.2.1. Descripción general de los sistemas P2P.

La tecnología punto a punto (P2P) permite que cualquier dispositivo conectado a la red brinde servicios a otro dispositivo conectado a la red, tal como se muestra en la figura 2.1. Un dispositivo en una red P2P puede

proporcionar acceso a cualquier tipo de recurso que tenga a su disposición, ya sea documentos, capacidad de almacenamiento, potencia informática o incluso su propio operador humano. El dispositivo en una red P2P podría ser cualquier cosa, desde una supercomputadora hasta un PDA simple. La tecnología P2P es una extensión robusta e impresionante de la filosofía de robustez de Internet a través de la descentralización.

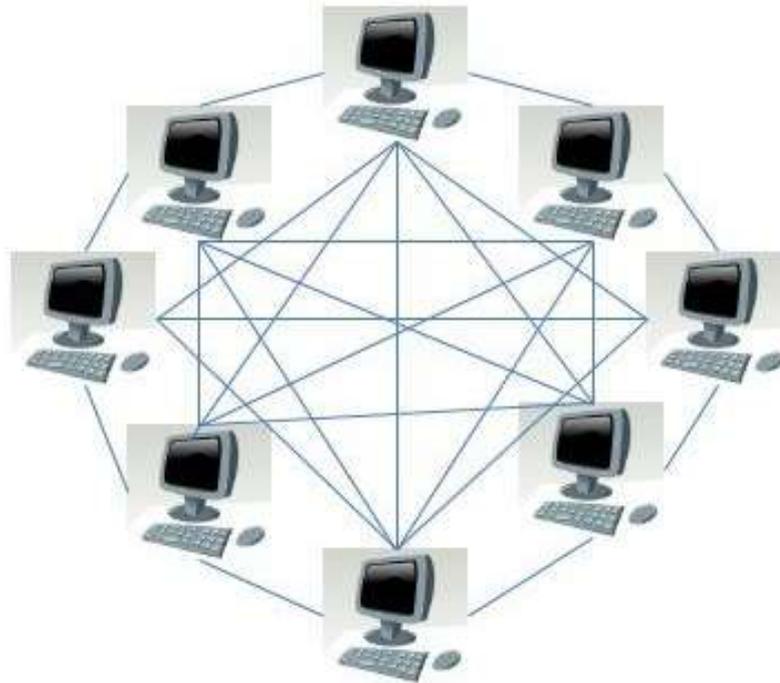


Figura 2. 1: Diagrama esquemático del modelo de redes P2P.
Fuente: (Masood et al., 2018; Techdifferences, 2017)

La principal ventaja de las redes P2P es que distribuye la responsabilidad de proporcionar servicios entre todos los pares de la red; Esto elimina las interrupciones del servicio debido a un único punto de falla y proporciona una solución más escalable para ofrecer servicios. Además, las redes P2P explotan el ancho de banda disponible en toda la red mediante el uso de una variedad de canales de comunicación y llenando el ancho de banda hasta el borde de Internet. (Dharanipragada & Haridas, 2012)

A diferencia de las comunicaciones tradicionales de cliente/servidor (véase la figura 2.2), en las que las rutas específicas a destinos populares pueden sobrecargarse (por ejemplo, la ruta a google.com), P2P permite la comunicación a través de una variedad de rutas de red, reduciendo así la

sobrecarga de la red. P2P tiene la capacidad de servir recursos con alta disponibilidad a un costo mucho más bajo, a la vez que maximiza el uso de los recursos de cada par conectado a una red P2P. (Calderón et al., 2014)

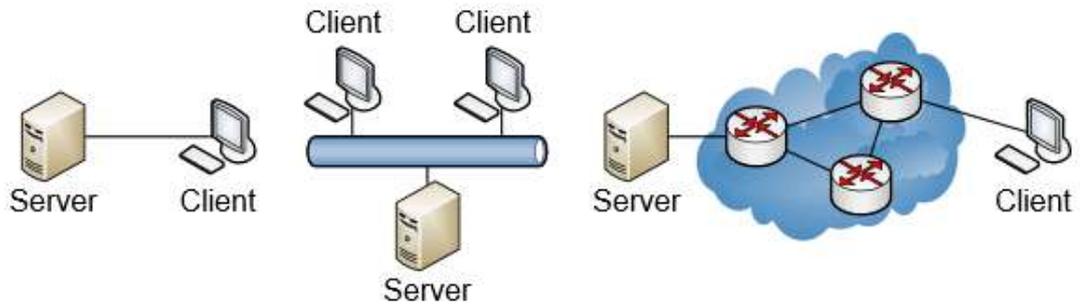


Figura 2. 2: Diagrama esquemático de comunicación tradicional cliente/servidor.
Fuente: (Moltchanov, 2015)

Mientras que, las soluciones cliente/servidor se basan en la adición de costosas instalaciones de ancho de banda, equipos e instalaciones compartidas para mantener una solución sólida. P2P puede ofrecer un nivel similar de robustez al difundir la red y las demandas de recursos a través de la red P2P. Aunque, las redes P2P proporcionan una solución maravillosa a una red completamente descentralizada, todavía hay algunos problemas que requieren atención. Uno de los principales inconvenientes en las redes P2P es la carga de contenido sin supervisión. Esto deja un espacio para infectar la red con virus y gusanos (worms).

Una red de investigación colaborativa debe ser precisa al proporcionar información buscada por un usuario. Por lo tanto, un sistema que proporciona la respuesta a una consulta de búsqueda debe ser lo suficientemente inteligente como para clasificarlos en el orden de relevancia. Este parte de la sección 2.1 aborda esta problemática y proporciona un posible modelo de dicho sistema adjuntando la calificación a los documentos cargados en la red. Las calificaciones adjuntas serán emitidas por el autor y podrían ser revisadas por otros miembros de la red. Mientras se planifica un sistema de este tipo, se tiene cuidado de restringir el derecho de modificación en la calificación del documento a pocas personas solamente.

El término sistemas P2P abarca un amplio conjunto de aplicaciones distribuidas que permiten compartir recursos informáticos mediante el intercambio directo entre sistemas. El objetivo de un sistema P2P es agregar los recursos disponibles en el borde de Internet y compartirlo cooperativamente entre los usuarios. Los sistemas P2P para compartir archivos se han vuelto particularmente populares como un nuevo paradigma para el intercambio de información entre un gran número de usuarios en Internet.

Estos sistemas son más robustos, escalables, tolerantes a fallas y ofrecen una mejor disponibilidad de recursos que los sistemas tradicionales basados en el modelo cliente-servidor. Dependiendo de la presencia de un servidor central, los sistemas P2P pueden clasificarse como centralizados o descentralizados. En la arquitectura descentralizada, tanto el descubrimiento de recursos como la descarga de recursos ocurren de manera distribuida.

2.2.2. Historia de los sistemas P2P.

Durante los últimos años, en el área de comunicaciones inalámbricas y redes, un nuevo paradigma llamado internet de las cosas (*Internet of Things, IoT*) fue presentado por primera vez por Kevin Ashton en el año 1998, ha ganado cada vez más atención en la academia y la industria. (Matta & Pant, 2019)

Al incorporar transceptores móviles de corto alcance en una amplia gama de dispositivos adicionales y elementos cotidianos, permitiendo nuevas formas de comunicación entre personas y cosas, y entre las cosas mismas, IoT agregaría una nueva dimensión al mundo de la información y la comunicación. Sin lugar a duda, la principal fortaleza de la visión de IoT es el alto impacto que tendrá en varios aspectos de la vida cotidiana y el comportamiento de los usuarios potenciales. Desde el punto de vista de un usuario privado, los efectos más obvios del IoT serán visibles tanto en el campo laboral como en el doméstico.

El verdadero poder de IoT reside en la conectividad universal entre todos los dispositivos y objetos. Los solicitantes de servicios deberían poder comprender lo que los proveedores de servicios tienen para ofrecer mediante el modelado semántico. Este es un tema clave para avanzar hacia los servicios públicos, donde los servicios nuevos o modificados pueden aparecer en cualquier momento, y hacia redes de dispositivos que sean capaces de adaptarse dinámicamente a los cambios de contexto que pueda imponer la aplicación. Esto requiere un middleware que se interconecte entre los dispositivos y las aplicaciones.

Dado que los dispositivos necesitan comunicarse entre sí, existe la necesidad de un esquema de nomenclatura y direccionamiento, y un mecanismo de búsqueda y descubrimiento. Además, dado que cada dispositivo se asigna a una identidad (a través de nombres y direcciones), existen serias preocupaciones de seguridad y privacidad. En un sistema distribuido de forma masiva como el IoT, varias plataformas de agentes tendrán un conjunto de agentes en ejecución y registrados con un facilitador de directorio (*Directory Facilitator, DF*).

Sin embargo, el problema surge cuando los agentes de diferentes plataformas tengan que buscar los DF remotos e interactuar con los agentes ubicados en las plataformas remotas. En estos escenarios, los agentes tendrán que usar protocolos de descubrimiento de recursos que son similares a los protocolos de búsqueda de archivos en una red P2P puramente no estructurada. Por lo tanto, la búsqueda eficiente en una red P2P no estructurada tiene una relevancia contextual directa para el descubrimiento de recursos en aplicaciones IoT.

2.3. Redes punto a punto (P2P).

La publicación y distribución de contenido a menudo se realiza de manera costosa e ineficiente a través de los modelos Cliente/Servidor. Los modelos Cliente/Servidor proporcionan externalidades de red negativas ya que cada usuario causa mayores costos al congestionar cada vez más el sistema debido al consumo de recursos escasos. Si se define el modelo como

una red distribuida donde el servidor es la unidad central de registro y el único proveedor de contenido y servicio. Un cliente solo solicita contenido o la ejecución de servicios, sin compartir ninguno de sus propios recursos. (Himani, 2012)

Durante la década de 1990, el internet consistía principalmente en modelos cliente/servidor. En los últimos años, ha surgido una cantidad considerable de nuevas técnicas que atrajeron a los clientes a desear más que solo texto e imágenes. Varios aspectos, como el auge generalizado de internet de banda ancha (broadband), la confiabilidad de conexión mejorada, una mejor tecnología de compresión, más capacidad de almacenamiento, más potencia de CPU y el hecho de que una gran cantidad de contenido reside en las computadoras personales de los usuarios finales cambió la forma en que se consumía Internet. Todos estos aspectos hacen de las redes P2P, donde los usuarios pueden compartir sus recursos, una solución prometedora para diversas áreas. (Damiani et al., 2004)

2.4. Tipos de redes punto a punto (P2P).

Un sistema P2P no está estructurado cuando los usuarios y los datos se colocan sin ciertas reglas y de manera Ad-hoc en la red. La mayoría de los sistemas no estructurados se caracterizan por un gran consumo de ancho de banda en términos de tráfico de mensajes. Sin embargo, este tipo de sistema es principalmente muy resistente. En las redes estructuradas, los usuarios y los datos se colocan de manera estructurada en toda la red de acuerdo con reglas específicas, esto aumenta la localización de los datos y la escalabilidad. (Yang & Yang, 2008)

Muchos sistemas de transmisión en vivo operan con soluciones P2P para proporcionar a los usuarios contenido multimedia en tiempo real entregado por Internet, siendo CoolStreaming [13] y PPLive [14] ejemplos. Estos sistemas se construyen de manera no estructurada con intercambios de información que ocurren en un estilo epidémico, y los usuarios deciden con quién interactuar de manera interactiva.

Se cree que los sistemas no estructurados están ganando contra las contrapartes estructuradas debido a su simplicidad operativa y su relativa solidez a las poblaciones cambiantes de usuarios. Los sistemas estructurados requieren una sobrecarga considerable al reconfigurar su topología local debido a las llegadas o salidas de los usuarios.

2.5. Topologías de sistemas P2P.

Los sistemas punto a punto (P2P) generalmente operan con topologías de árbol único, árbol múltiple o malla, por ejemplo, para transmisión de video en vivo.

2.5.1. Topología de árbol único.

La topología de árbol único es una topología estructurada. Los usuarios que participan en una sesión de transmisión en vivo forman una estructura de árbol en la capa de aplicación, donde el servidor de origen de video actúa como una raíz del árbol. Cada par recibe el contenido transmitido de su par principal ubicado un nivel por encima de sí mismo, y reenvía el contenido recibido a sus pares menores ubicados un nivel por debajo.

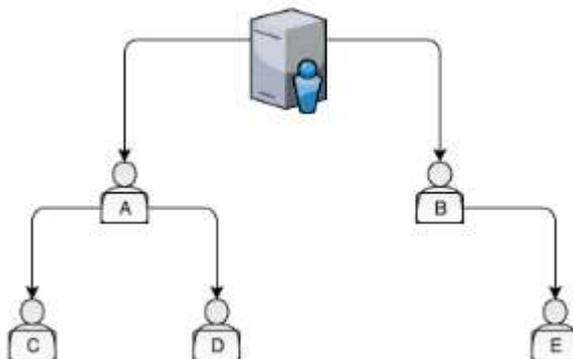


Figura 2. 3: Diagrama esquemático de la topología de árbol único en sistemas P2P.
Elaborado por: Autor.

Esta topología se enfoca en minimizar la profundidad del árbol al aumentar el número de pares en cada nivel, tal como se muestra en la figura 2.3. La razón de esto es minimizar el número de saltos tomados por los trozos, reduciendo así el retardo del video, especialmente en los niveles más bajos. Aunque la topología de árbol proporciona una buena estructura para la transmisión en vivo, viene con inconvenientes. Los problemas ocurren cuando

un compañero abandona la sesión de transmisión, es decir, sus compañeros hijos y compañeros descendientes también se van.

2.5.2. Topología de árbol múltiple.

Multi-árbol es una topología no estructurada, lo que hace que este tipo de topología consista en más de un subárbol en lugar de un árbol de transmisión. El servidor divide la transmisión del contenido en múltiples subtransmisiones, donde cada subtransmisión proporciona uno de los subárboles. En la figura 2.4 se muestra el diagrama esquemático de la topología de árbol múltiple.

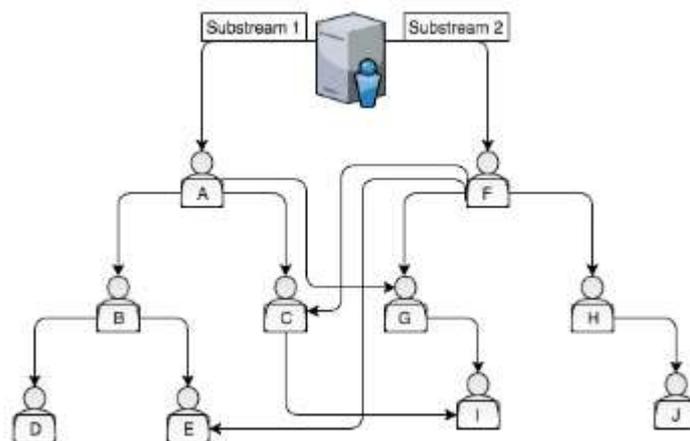


Figura 2. 4: Diagrama esquemático de la topología de árbol múltiple en sistemas P2P.

Elaborado por: Autor.

La topología de varios árboles tiene la intención de contrarrestar las hojas pasivas que ocurren en la topología de un solo árbol, esto se logra mediante una hoja en un subárbol que es un par medio en otro subárbol. La topología de varios árboles también resuelve los problemas que ocurren cuando un par se va, debido a que sus hijos reciben de pares en otro subárbol. Sin embargo, un inconveniente aumenta la sobrecarga de transmisión en comparación con un solo árbol, y cuando un par se convierte en una hoja en todos los subárboles.

2.5.3. Topología de malla.

La topología de malla es una topología no estructurada, tal como se muestra en la figura 2.5. En la topología de malla, los pares descargan y

cargan en múltiples pares. La topología de malla proporciona robustez contra los compañeros que a menudo cambian entre estado activado y desactivado. Aunque la mayoría de los sistemas P2P con topología de malla forman vecindades al azar, otros sistemas implementan reglas de selección con el objetivo de mejorar la estructura de la red.

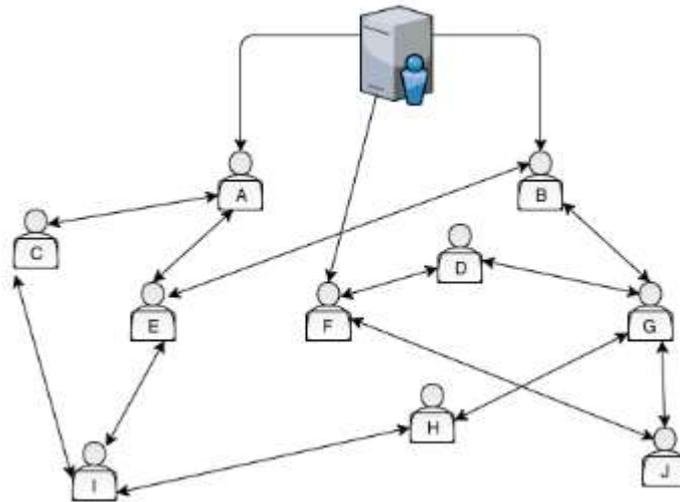


Figura 2. 5: Diagrama esquemático de la topología de malla en sistemas P2P.
Elaborado por: Autor.

Estas reglas de selección pueden comprender las funciones de los pares, la disponibilidad de recursos, el ancho de banda, el uso de CPU y memoria. Los pares en la topología de malla no se limitan a hacer conexiones cuando los compañeros vecinos se van, cambian de vecinos opcionalmente para lograr un rendimiento mejorado.

CAPÍTULO 3: Desarrollo y Resultados obtenidos

3.1. Introducción.

En el esfuerzo por investigar y verificar el marco propuesto, este capítulo se realizan las pruebas. Esto se puede hacer utilizando diferentes enfoques, como bancos de pruebas, simulación o implementación de la vida real. Como la escalabilidad y la flexibilidad son una de las principales preocupaciones, se eligió para el presente trabajo un enfoque de simulación.

3.2. Metodología experimental

3.2.1. Preguntas de investigación

Las preguntas que intentará responder la experimentación se basan en los objetivos de investigación del capítulo 1. En particular, esta sección se centra en:

- Demostrar y verificar el funcionamiento del enfoque propuesto.
- Probar la eficiencia y fiabilidad de entrega. Además, probar cómo el enfoque enfrentará diferentes niveles de rotación de nodos en la red.
- Verificar el proceso de elección del nodo primario (NP).
- Monitorear cómo pueden detectar las islas cuando el NP ya no está disponible. Además, ¿cómo puede la isla reaccionar ante este evento y seleccionar otro NP.
- Medir la eficiencia y velocidad de recuperación de la falla del NP introducida al permitir que el NP seleccione un nodo secundario (NS).
- Investigar la frecuencia de los mensajes de latidos intercambiados y encontrar la frecuencia óptima de comunicación entre los nodos, entre los nodos y NP y entre el NP y el NS.
- Probar diferentes métodos introducidos para permitir que las islas detecten la estabilidad de la red y cambien la frecuencia.

3.2.2. Selección del punto de referencia.

Las redes P2P pueden ser estudiadas utilizando diferentes enfoques, estos enfoques pueden resumirse en:

- a) Rastreadores: son Peers especialmente diseñados que participan en la red. Estos nodos están diseñados para recopilar datos y estadísticas sobre toda la red. Se utilizan múltiples rastreadores para proporcionar más cobertura y velocidad. Sin embargo, la precisión de este enfoque se ve comprometida debido al hecho de que los rastreadores solo conocen las regiones que se han rastreado.
- b) Emulación: el uso de la emulación puede ser más efectivo y completo que los rastreadores. Al implementar una pequeña red P2P en un entorno controlado, la emulación nos permite estudiar la red como un todo. Sin embargo, las limitaciones de escalabilidad de tal enfoque no permitirían ningún análisis serio para una red grande.
- c) Simulación: al simplificar algunas suposiciones acerca de la red, las plataformas de simulación pueden brindarnos un estudio bastante claro y reproducible de la red P2P.

En el caso de rastreador, este no se puede utilizar para probar su rendimiento, ya que la multidifusión nativa oportunista (MNO) aún no está implementado en el mundo real. Además, la emulación puede proporcionar resultados más precisos. Sin embargo, la simulación fue elegida por las siguientes razones:

- La simulación es más barata y más fácil de implementar que la emulación.
- Permite más espacio para probar, ajustar y cambiar configuraciones para experimentar con diferentes sesiones.
- El grupo de investigación de multidifusión adaptable escalable (SAM RG) dentro del grupo de trabajo de investigación de Internet (IRTF) ha identificado a Oversim como una de las formas para evaluar la multidifusión híbrida.

Además, la simulación se utiliza para probar otros algoritmos similares en la literatura. Por ejemplo, isla multidifusión (*Island Multicast, IM*) y multicast universal (*Universal Multicast, UM*). En consecuencia, la presente investigación, se ha elegido el enfoque de simulación.

3.2.3. OMNeT ++ y Framework INET

Después de revisar diferentes opciones para simular redes de computadoras, se decidió que las mejores opciones para el presente trabajo investigativo son los simuladores OMNeT ++ y Oversim por las siguientes razones:

- a) Extensible: esta es una característica obligatoria ya que no hay implementación para túneles de multidifusión automática (*Automatic Multicast Tunnelling, AMT*) en ningún simulador existente a partir de esta fecha.
- b) Modular: esto ayuda al código utilizando algunos de los códigos existentes para otros modelos y para devolver a la comunidad de código abierto un código de trabajo que se haya alcanzado.
- c) Basado en C++: permite un control más granular.
- d) Modelo INET: este modelo proporciona una amplia gama de modelos de varios protocolos de Internet.
- e) Oversim: que proporciona una manera de simular superposiciones de igual a igual.

Sin embargo, no es compatible con la funcionalidad necesaria para los escenarios. Si bien Oversim admite los protocolos P2P, carece de la capacidad de admitir los protocolos de multidifusión nativos. Además, no tenía soporte para túneles AMT. Estas dos partes son muy esenciales en el funcionamiento de MNO. Entonces, se modificó el simulador Oversim para que sea compatible con los túneles nativos de multidifusión y AMT.

Se han estudiado los cambios realizados en el simulador y se realizaron algunos resultados de la experimentación inicial con multidifusión y las pruebas de AMT.

3.2.4. Simulador OverSim

OverSim es un simulador de superposición de fuente abierta P2P y está basado en el simulador OMNeT ++. Oversim contiene varios modelos para protocolos P2P estructurados (por ejemplo, Chord, Kademia, Pastry) y no estructurados (por ejemplo, GIA). Debido a su diseño modular, es muy fácil

experimentar con diferentes protocolos de manera sencilla. En la figura 3.1 se muestra la arquitectura del software OverSim y se puede observar que la capa de aplicación se ha dividido en dos capas o niveles. Esto aumentará la modularidad del simulador. En la tabla 3.1 se muestran los parámetros por defecto de las simulaciones del presente proyecto.

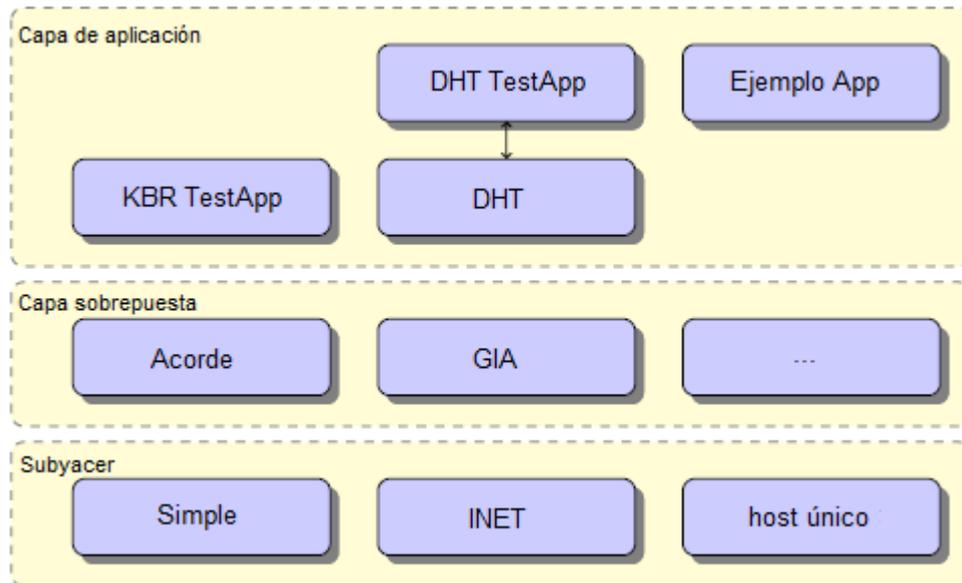


Figura 3. 1: Estructura OverSim.

Elaborado por: Autor

Tabla 3. 1: Lista de parámetros por defecto para las simulaciones.

Parámetros	Valores por defecto
Tamaño de red	1000 nodos
Vida útil del nodo promedio	3000 s
Modelo	Distribución de Weibull
Intervalo de envío de tráfico generado	5 s
Tamaño del mensaje de tráfico generado	1400 bytes
Topología de la red	Estrella
Tiempo de medición	7200 s
Repeticiones	5
Conjunto de nodos de Pastry	32 nodos
Configuración del tamaño de nodos vecinos	16 nodos
Bits de Pastry por dígito	4 bits
Búsqueda de nodos redundantes de Pastry	4 nodos

Elaborado por: Autor

3.2.5. Configuración de simulación

A menos que se indique lo contrario, estos son los parámetros que se utilizan:

- **Tamaño de red:** el número predeterminado de nodos participantes en la multidifusión son 1000 nodos.
- **Tiempo de vida promedio de los nodos:** la mayoría de las siguientes simulaciones usan valores múltiples del tiempo de vida promedio de los nodos, que definen el tiempo promedio de los nodos en la red antes de que se produzcan. Para la mayoría de los escenarios, la simulación se repite con diferentes valores que van desde 1500 a 6000 s. Sin embargo, al tratar de distinguir entre nódulos de alta y baja rotación, se utilizan tres tiempos de vida diferentes para representar el tiempo de vida alto, normal y bajo, que son 1000, 3000 y 10,000, respectivamente.
- **Modelos de rotación:** para la simulación, se asumen tres generadores de rotación basados en la distribución de Weibull. Se eligió debido a que se ha demostrado que la distribución de Weibull modela con precisión el Peer To Peer (P2P) de la vida real.
- **Tráfico generado:** para probar el funcionamiento de MNO, un nodo genera tráfico y lo envía al resto del grupo de multidifusión. El nodo de origen envía un mensaje de 1400 bytes cada 5 segundos.
- **Topología de red:** el diseño de los nodos y la forma en que se conectan entre sí puede tener algún efecto en los resultados. Por ejemplo, tener un cuello de botella para el tráfico podría hacer que los buffers se desborden, lo que resulta en una baja tasa de éxito. Por otro lado, tener recursos abundantemente irreales podría no hacer surgir algunos problemas. Por ejemplo, suponiendo que las conexiones rápidas y perfectas no probarán las condiciones en las que se tienen paquetes caídos o demoras prolongadas. Entonces, con el propósito de simular MNO, la topología en forma de estrella se utilizó para abstraer las conexiones entre islas. Aquí, cada isla se conecta a la red troncal.
- **Tiempo de medición:** la red se simula durante 2 horas.

- **Repetición:** cada configuración se repitió 10 veces. Luego, se tomó el promedio de estos resultados.
- **Parámetros de Pastry:** como la configuración específica está fuera del alcance del trabajo de grado, se eligió el valor predeterminado establecido en la tabla 3.1.

3.2.6. Modelo de simulación.

Una de las características más importantes de OMNeT ++ es su diseño modular. Los módulos en OMNeT ++ pueden ser un módulo simple o un modelo compuesto. Un módulo compuesto agrupa otros módulos dentro de él y describe cómo están conectados. Estos modelos se escriben utilizando el lenguaje de descripción de red (*NETwork Description, NED*), que es el lenguaje de descripción de topología. Por otro lado, los modelos simples están escritos en C ++ y forman la lógica de la red propuesta. Generalmente, la forma en que estos componentes se conectan refleja al modelo de red OSI. Por ejemplo, un componente host estándar es una colección de otros componentes, tal como se muestra en la figura 3.2.

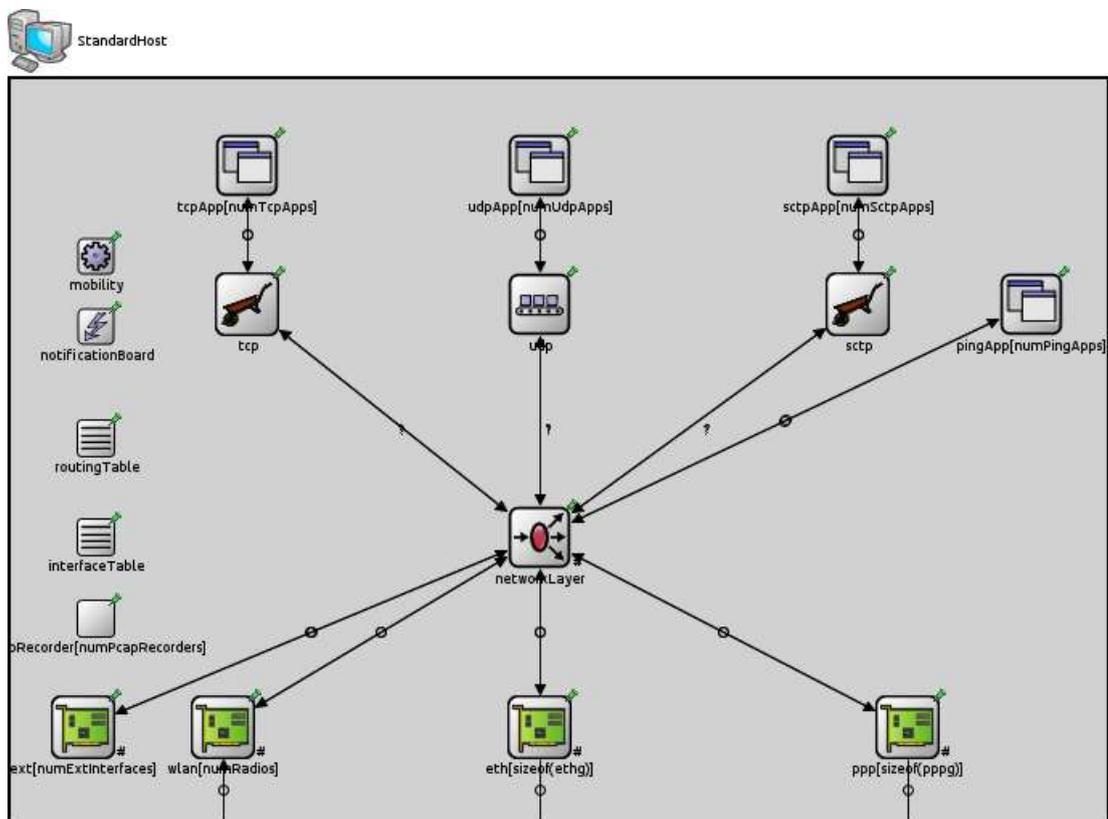


Figura 3. 2: Vista general del diseño del componente Host Estándar en INET.

Elaborado por: Autor

Cada componente en esa figura puede contener más componentes. Por lo tanto, si se observa con más detalle el componente de la capa de red, sería solo otro módulo compuesto, tal como se muestra en la figura 3.3. Esto continuará hasta que se alcance un componente simple. Además, se espera que los hosts estándar tengan la pila OSI completa. Así que, en la figura 3.2 se observa qué tan similar es a la pila OSI completa.

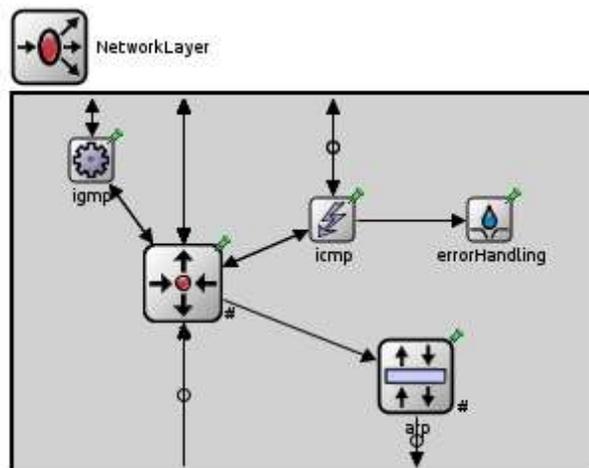


Figura 3. 3: Vista del componente de la capa de red – módulo compuesto.
Elaborado por: Autor

3.3. Túneles de multidifusión automática - AMT

3.3.1. Cambios en el entorno de simulación.

Actualmente, no existen componentes de AMT en funcionamiento y soporte en OMNeT ++. Los componentes que se intentan implementar y simular se basan en el borrador IETF de AMT. Se pueden hacer algunos cambios para simplificar y abstraer la simulación. Se daría una justificación cuando ocurra tal cambio. Para esta investigación, el objetivo es tener una red que consiste en múltiples islas de multidifusión interconectadas mediante AMT. Después de estudiar OMNeT ++ y sus modelos disponibles, se necesitarán los siguientes componentes para ser programados en el simulador:

- Puerta de enlace (gateway) de AMT: este componente se comportará como una puerta de enlace AMT.
- Retardo AMT: este componente se comportará como un relé AMT.
- Mensajes de red de AMT: se implementan diferentes tipos de mensajes necesarios en la operación de AMT.

- Host de puerta de enlace (Gateway) de AMT: este host podrá conectarse al retardo AMT directamente.
- Señales de simulación: requiere agregar algunas señales para recopilar diferentes resultados relevantes.

3.3.1.1. Puerta de enlace (Gateway) – AMT.

Para diseñar la puerta de enlace AMT se necesita implementar una gama de componentes. Los componentes necesarios se pueden ver en la sección 3.4. A continuación, se describen los componentes de la puerta de enlace – AMT.

- Aplicación AMT-GW: la mayor parte de la lógica para la compuerta de enlace AMT se la realizará en la aplicación AMT-GW. Esta aplicación utiliza el protocolo de datagramas de usuario (*User Datagram Protocol, UDP*) para comunicarse con otro nodo en la red.

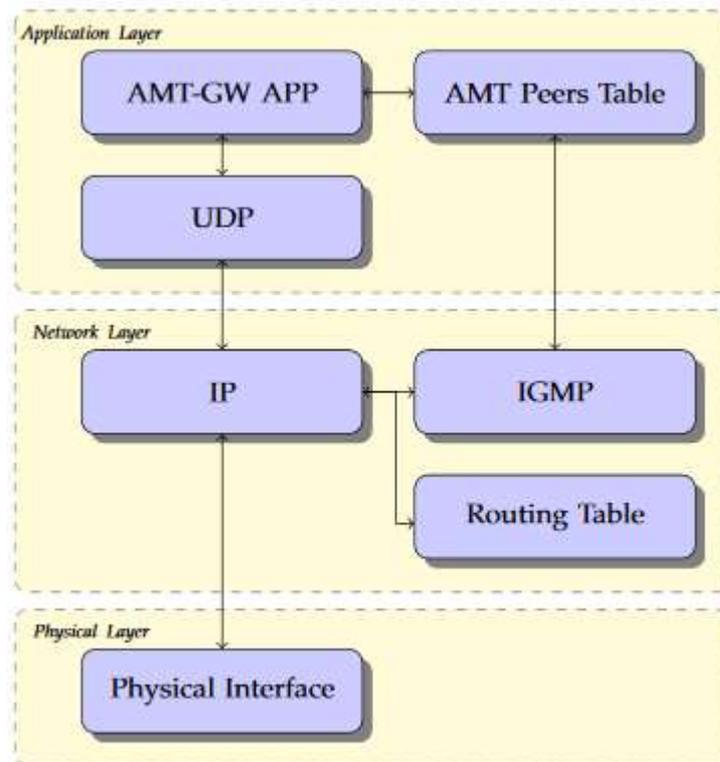


Figura 3. 4: La pila de componentes en AMT Gateway.
Elaborado por: Autor

- Tabla Peer de AMT: esta tabla almacenará los Peers conocidos y los hosts utilizando la operación de AMT. Si bien el funcionamiento de la tabla Peer de AMT no está especificado en el borrador, está será

implementada. En este estado de implementación, la tabla se completará manualmente para cada simulación, tal como se muestra en la tabla 3.2.

Tabla 3. 2: Contenido de la tabla Peers para puertas de enlace AMT.

Peer IP	Tipo	Grupo de multidifusión
192.168.1.109	Host	Array {224.223.21.21}
10.2.1.12	Retardo (Delay)	Array {224.223.21.21}

Elaborado por: Autor

3.3.1.2. Retardo de AMT.

Los componentes del modelo de retardo de AMT consta de diferentes componentes. Estos componentes se pueden ver en la figura 3.5.

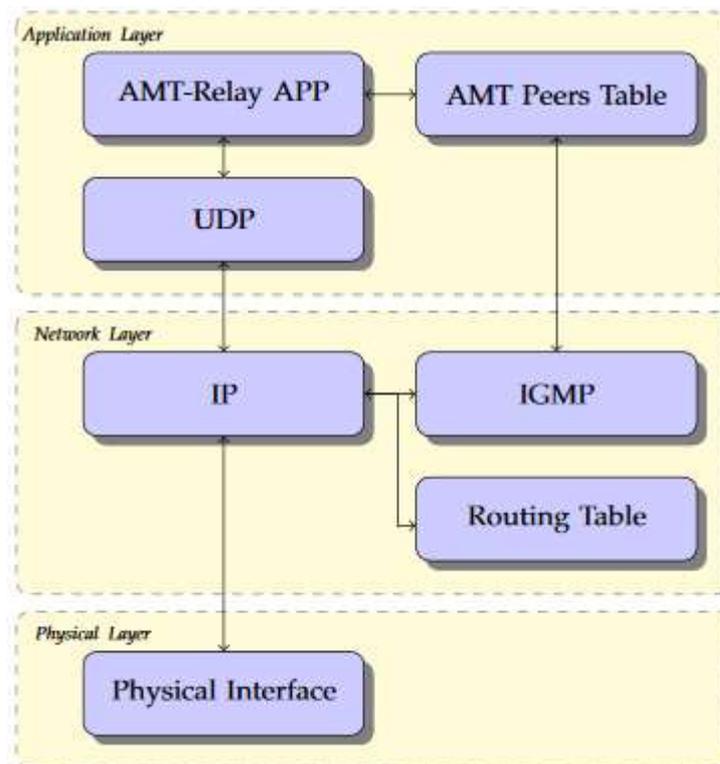


Figura 3. 5: Reenvío geográfico y XMAC.

Elaborado por: Autor

- Aplicación AMT-Relay: el comportamiento de la retransmisión de AMT será controlado por la aplicación de retransmisión AMT que utiliza el protocolo UDP. La aplicación escuchará y esperará la conexión desde una puerta de enlace AMT. Además, escuchará los mensajes de multidifusión locales y los reenviará según corresponda.

- Tabla Peer de AMT: al igual que el diseño de la tabla Peers en la puerta de enlace de AMT, las tablas Peers en AMT-Relay realizarán un seguimiento de los Peers de AMT diferentes en las redes. Sin embargo, en esta tabla, solo se realizará el seguimiento de las diferentes pasarelas de AMT y los grupos de multidifusión en los que estén interesados. En este estado de implementación, la tabla se completará manualmente para cada simulación. Un ejemplo de esta tabla se muestra en la tabla 3.3.

Tabla 3. 3: Ejemplo de contenido de una tabla de Peers de retransmisión AMT

Peer IP	Tipo	Grupo de multidifusión
10.2.1.12	Entrada	Array {224.223.21.21}
10.3.8.24	Entrada	Array {224.223.21.19}

Elaborado por: Autor

3.3.1.3. Cambios en OverSim.

El desarrollo de simulaciones para evaluar el software OverSim es muy sencillo. Sin embargo, para el presente trabajo de titulación dado que la multidifusión híbrida utiliza la superposición punto a punto (P2P) y que será implementada, para lo cual es necesaria realizar algo de programación. En general, OverSim es un sistema muy modular y para esto se utilizará la superposición de P2P disponible en la misma. Además, se planeó implementar la multidifusión híbrida en Oversim.

3.3.1.4. Mensajes de red

A continuación, se definirá el siguiente mensaje de AMT que será utilizado para la negociación del túnel de AMT:

- Retardo de descubrimiento de ATM: un mensaje de descubrimiento de la puerta de enlace AMT a una retransmisión AMT.
- Anuncio de retransmisión de AMT: una respuesta de retransmisión de AMT al mensaje de descubrimiento de AMT.
- Solicitud de AMT: un mensaje desde la puerta de enlace de AMT al retransmisor de AMT que inicia la secuencia de negociación de tres vías.

- Consulta de membresía de AMT: un mensaje de retransmisión AMT a la puerta de enlace AMT que encapsula un mensaje de consulta de membresía IGMP. Este mensaje es el segundo mensaje en el saludo de tres vías.
- Actualización de membresía de AMT: un mensaje de la puerta de enlace de AMT al retardo de AMT. Este mensaje encapsulará un mensaje de actualización de membresía IGMP.
- Datos de multidifusión de AMT: un mensaje de la retransmisión de AMT a la puerta de enlace de AMT que encapsula un mensaje de fecha de multidifusión.

3.3.2. El modelo de red

Como el funcionamiento del componente y soporte del túnel de multidifusión automático (AMT) aún no está disponible para OMNeT ++, pero será necesaria su implementación sobre el mismo. Se pueden hacer algunos cambios para simplificar y abstraer la simulación, para lo cual se daría una justificación cuando ocurra tal cambio. Para esta investigación, el objetivo es tener una red que conste de varias islas de multidifusión. Estas islas están interconectadas utilizando AMT.

3.4. Diseño del sistema a implementarse.

3.4.1. Visión general del sistema.

Con el fin de validar la implementación de los módulos, se ha construido y simulado una red de islas habilitadas para multidifusión interconectadas. Un número de clientes ha sido dispersado y asignado a islas al azar. Además, cada isla tiene un servidor AMT que ejecuta una aplicación AMT genérica. Esta aplicación puede actuar como un servidor AMT o una puerta de enlace AMT dependiendo del tipo de tráfico recibido. En esta etapa de desarrollo, la mayor parte del funcionamiento de AMT se realiza de forma estática. El principal objetivo es tener una operación AMT completamente automática al final del desarrollo.

En cada ejecución de este escenario, se establecerán el número de islas habilitadas para multidifusión y el número de clientes, tal como se puede ver

en las figuras 3.6 y 3.7. Esto permitirá probar la red propuesta en diferentes tamaños de manera sencilla. Uno de los clientes comenzará a generar tráfico de multidifusión y enviarlo a sus islas. El servidor de AMT en esa isla recibirá el tráfico y lo encapsulará en paquetes UDP de unidifusión y los reenviará a los otros servidores de AMT en las otras islas.

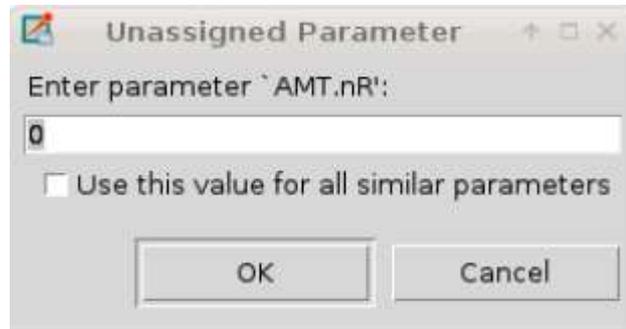


Figura 3. 6: Parámetros para el número de islas de multidifusión.

Elaborado por: Autor

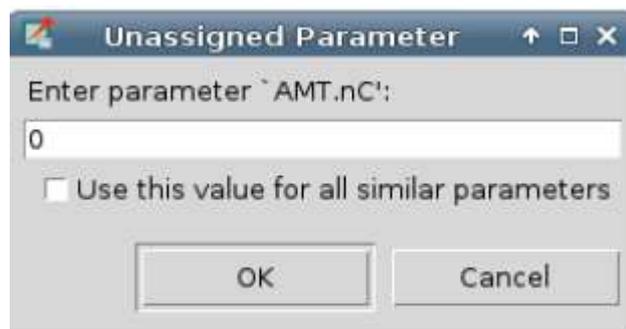


Figura 3. 7: Parámetros para el número de clientes que se dispersa aleatoriamente en diferentes islas.

Elaborado por: Autor

3.4.2. Escenarios de simulación

3.4.2.1. Pequeña prueba de concepto de red.

En esta simulación, se pretende verificar el diseño propuesto, para cual se ha creado una red con dos islas habilitadas para multidifusión, tal como se muestra en la figura 3.8. En esta red, los servidores de AMT encapsulan y envían cualquier mensaje de multidifusión que reciba a la otra isla. Hacer que las dos islas se comporten como si fueran una única red habilitada para multidifusión. Además, se puede ver en la figura 3.9 una mirada más cercana a uno de los servidores de AMT, y se observa que la aplicación UDP está recibiendo mensajes de AMT.

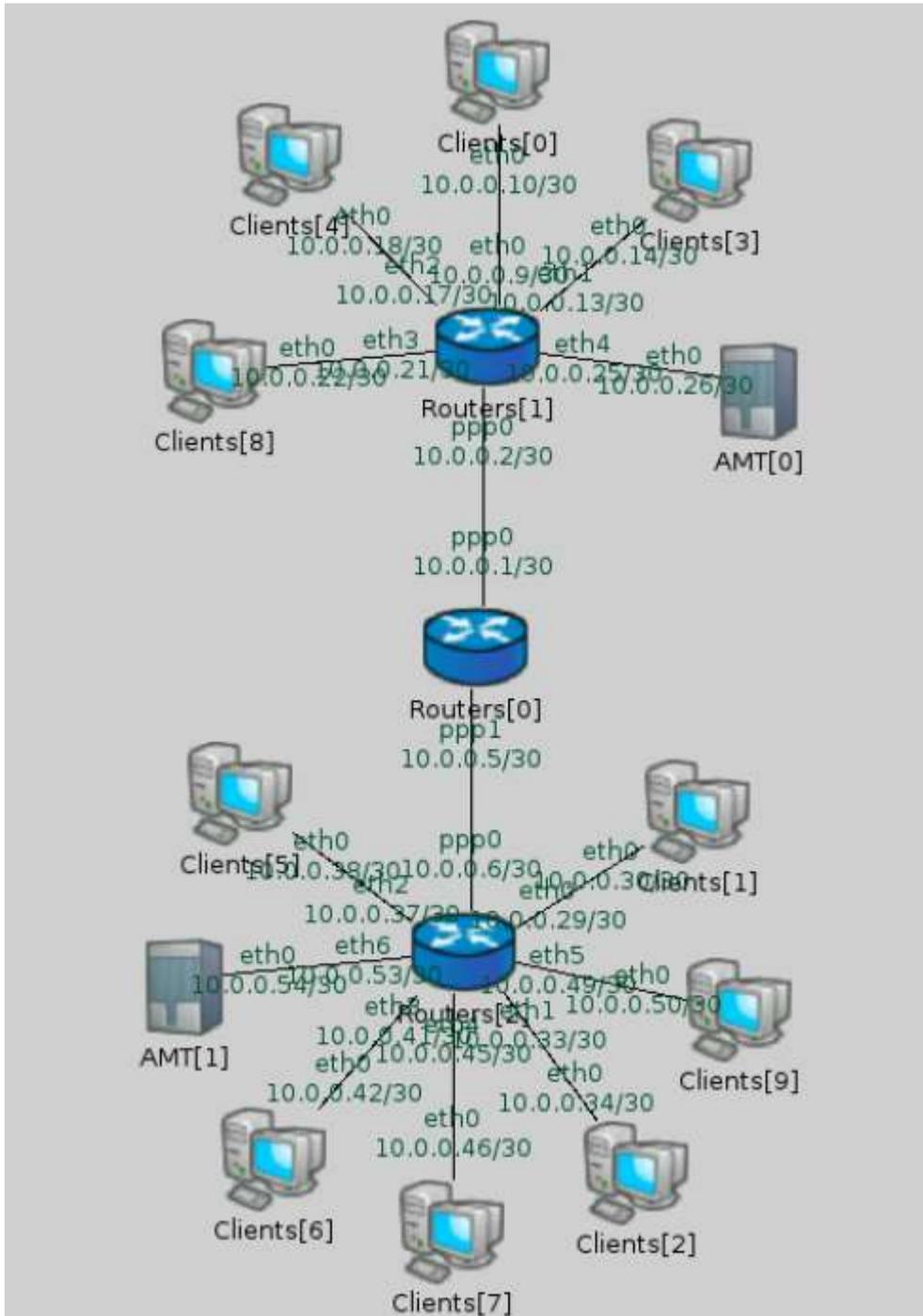


Figura 3. 8: Un ejemplo de red con dos islas habilitadas para multidifusión.
Elaborado por: Autor

3.4.2.2. Aplicaciones.

La lógica y el procesamiento de AMT se realizan en la aplicación AMT. Esta aplicación se ejecuta tanto en AMT Gateway como en AMT Relay. Esta aplicación utilizará UDP según el borrador de AMT. Además, habrá una tabla de Peers que almacenará diferentes direcciones de AMT.

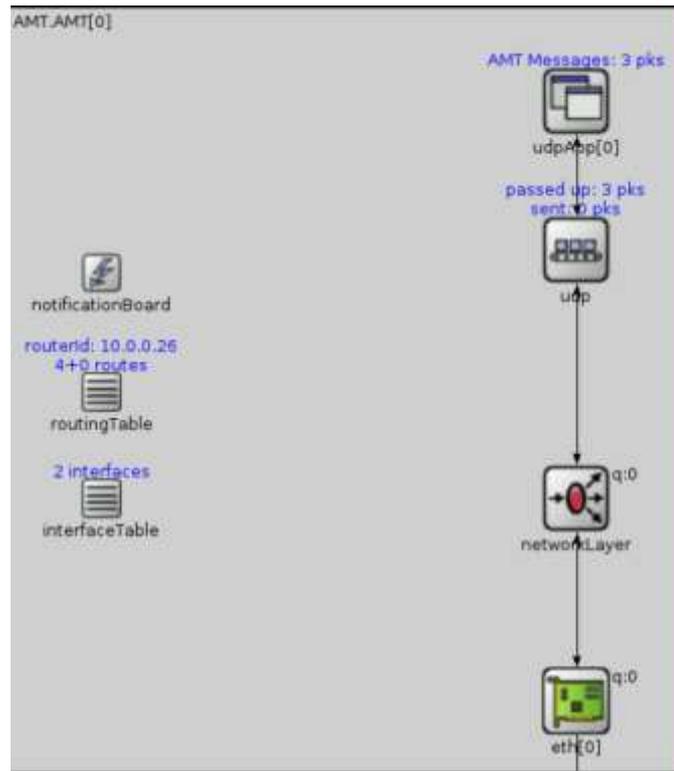


Figura 3. 9: Aplicación de túneles de multidifusión automática.
Elaborado por: Autor

3.5. Comparativa entre multidifusión nativa oportunista (MNO) y capa de aplicación de multidifusión (CAM).

Se diseñó e implementó la operación básica del protocolo MNO. Para probar el marco de multidifusión híbrido propuesto y de la implementación en Omnet ++/Oversim, se ha configurado varios experimentos. Estos utilizan una red de 1000 nodos con un tamaño de grupo de multidifusión que va desde 200 hasta 1000 nodos. Un nodo de origen envía tráfico de multidifusión a 1 paquete cada 5 segundos. También, se utiliza una configuración que tiene 50 redes que se pueden utilizar como islas de multidifusión que se encuentran interconectadas por una red troncal de enrutadores. En consecuencia, se han realizado las siguientes configuraciones:

- a) **Únicamente CAM:** se utiliza para administrar el grupo y distribuir los datos de multidifusión. No hay soporte de multidifusión nativo en ninguna parte de la red.
- b) **Únicamente Nativo:** IGMPv2 se utiliza para administrar los grupos y distribuir datos de multidifusión. Las 50 redes y los enrutadores troncales soportan IGMP.

c) MNO: este es el modelo propuesto.

Se ha presentado el enfoque de ofrecer multidifusión en un entorno que no brinda soporte universal para la multidifusión nativa. Para lo cual el enfoque crea un árbol CAM y conecta hosts que no pueden conectarse al origen del árbol de forma nativa. Para optimizar el rendimiento de la entrega, los nodos que están presentes en la misma isla habilitada para multidifusión elegirán a uno de los nodos para que actúe como un dispositivo AMT permitiendo que otros nodos utilicen la multidifusión nativa para propagar la información dentro de la isla. Claramente, esto disminuirá el número de copias del mismo mensaje para cruzar la red troncal.

Para el propósito de la evaluación, se han identificado cinco métricas: esfuerzo, tramo, tráfico dentro de la isla, tráfico entre islas y tasa de entrega. El enfoque ha mostrado los mejores resultados que CAM puro en cada una de las métricas. Sin embargo, como se puede esperar, el rendimiento disminuye con el aumento del número de islas. En el caso extremo, si el número de islas es demasiado grande, el MNO producirá resultados similares a los de CAM (es decir, que cada nodo formará su propia isla de un solo nodo).

La extensión del mensaje de multidifusión depende en gran medida del número de nodos que participan en la superposición. En el caso del CAM puro, no hay diferencia en el número de islas en que se dividen los nodos. Por lo tanto, esperamos que la CAM no se vea afectada por el número de islas. Sin embargo, en el caso de MNO, el tamaño del árbol CAM, y posteriormente el esfuerzo, depende de cuántas islas posea la topología. Entonces, se estima que el tramo aumente a medida que existan más islas.

En la figura 3.10, con un pequeño número de islas, se observa que el MNO da como resultado un mejor tramo en la superposición. Sin embargo, se puede ver que el tramo depende poco del número de islas en el caso de CAM puro. Después de un cierto umbral, el tramo de MNO convergería para dar resultados similares al tramo de CAM.

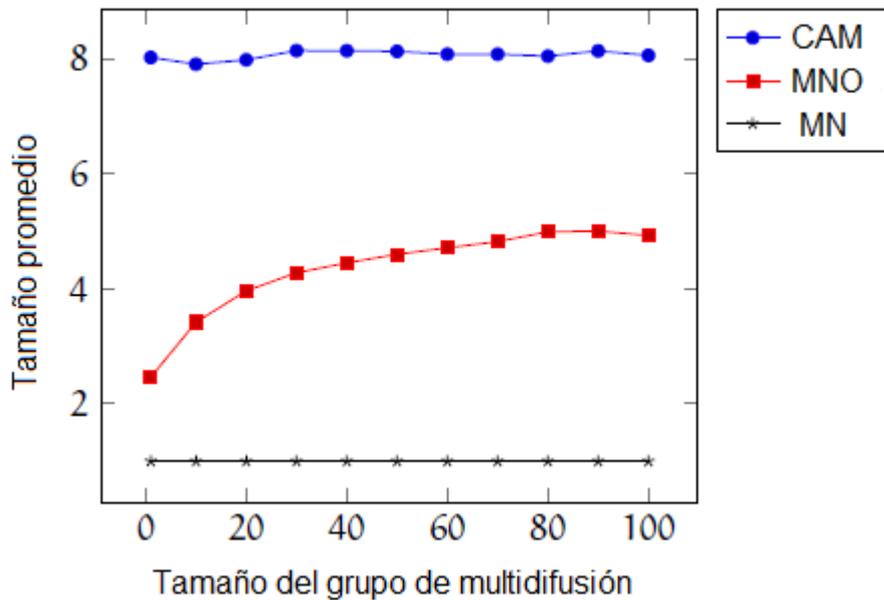


Figura 3. 10: Comparando el tramo de diferentes enfoques de multidifusión.
Elaborado por: Autor

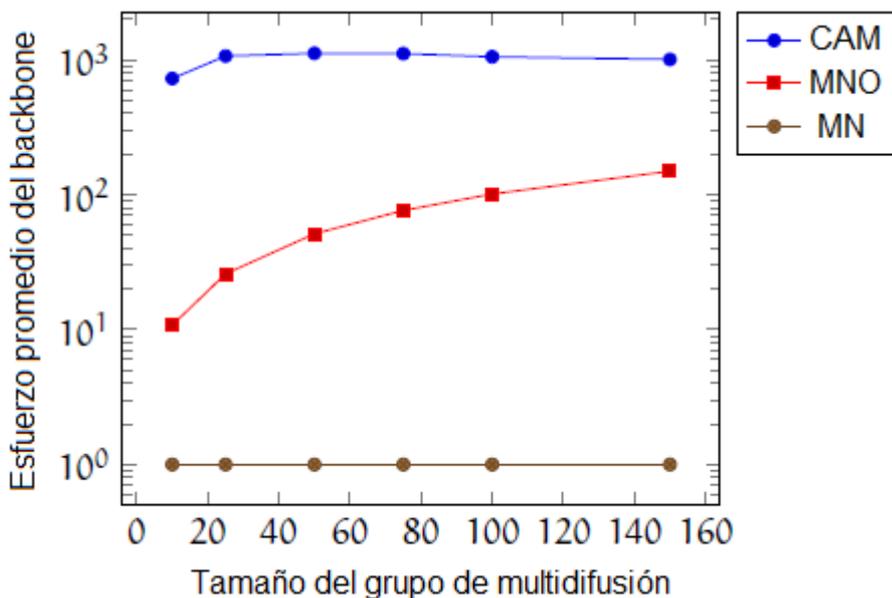


Figura 3. 11: Esfuerzo promedio del backbone.
Elaborado por: Autor

En la figura 3.11, se observa que el esfuerzo de CAM en la red troncal (backbone) es exponencialmente mayor que en la MNO. Esto sucede debido a la menor cantidad de copias enviadas entre islas. En el caso de CAM, se tiene una correlación lineal entre el número de receptores y la tensión en la red troncal. Sin embargo, MNO se correlaciona con el número de islas y finalmente, MNO produce un esfuerzo mucho menor en la red troncal 0 backbone.

La figura 3.12 muestra el número de paquetes enrutados dentro de cada isla. Con un número fijo de nodos como nuestro caso, a medida que aumenta el número de islas, el número promedio de nodos por isla disminuye. Esto daría como resultado un menor tráfico dentro de la red. Además, se puede ver que MNO produce significativamente menos tráfico dentro de la isla en comparación con CAM.

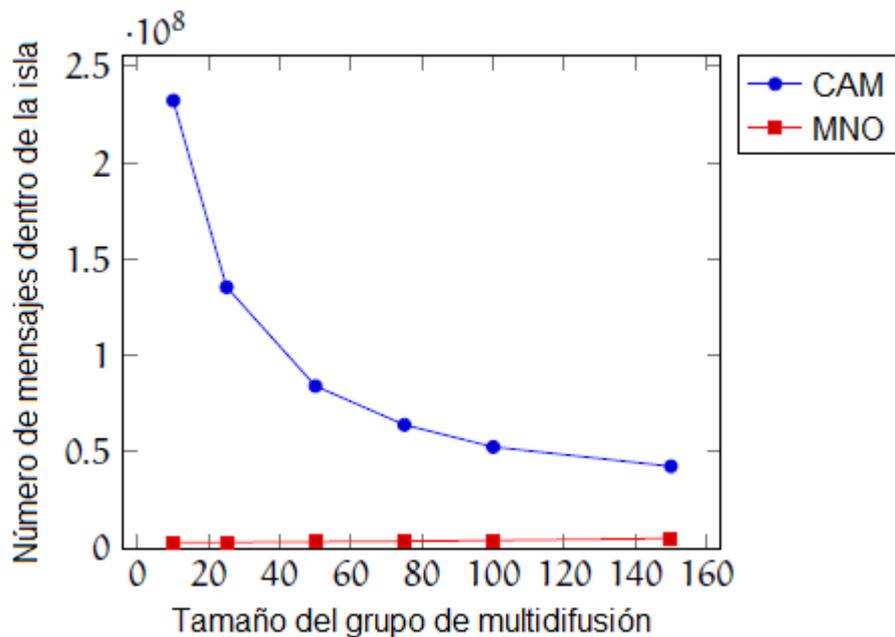


Figura 3. 12: Comparativa del tráfico generado en cada isla para diferentes enfoques de multidifusión.

Elaborado por: Autor

En la figura 3.13, el tráfico que cruza la red troncal es alto independientemente del número de islas en el caso de CAM. Sin embargo, en el caso de MNO, el tráfico en la red troncal aumenta con el aumento del número de islas y es mucho menor que la capa de aplicación de multidifusión (CAM).

La figura 3.14 muestra el efecto del uso de diferentes enfoques de multidifusión en el retardo promedio de los mensajes de multidifusión. Se puede ver en la figura 3.14 que CAM tiene el mayor retardo, independientemente del tamaño del grupo de multidifusión. Por otro lado, multidifusión nativa (MN) tiene el retardo promedio más bajo que no muestra un aumento significativo a medida que el grupo de multidifusión aumenta de tamaño.

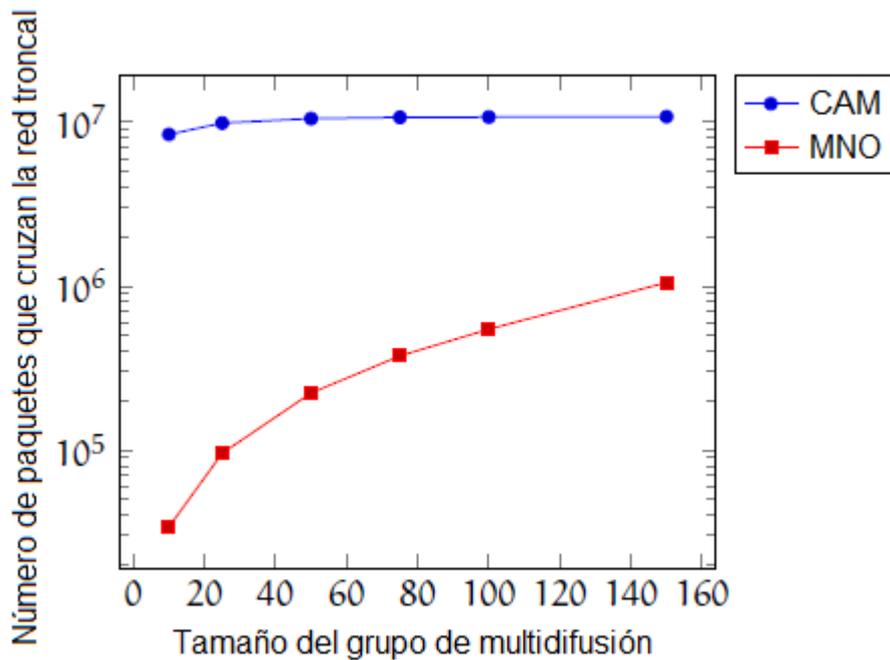


Figura 3. 13: Comparación del tráfico que cruza la red troncal para diferentes enfoques de multidifusión.
Elaborado por: Autor

Además, el uso de multidifusión nativa oportunista (MNO) ha resultado un retardo mejor que la capa de aplicación de multidifusión (CAM) y más cercano a multidifusión nativa (MN). A medida que aumenta el tamaño del grupo de multidifusión, la cantidad de pares en la superposición aumentará, ya que más islas producen más nodos primarios.

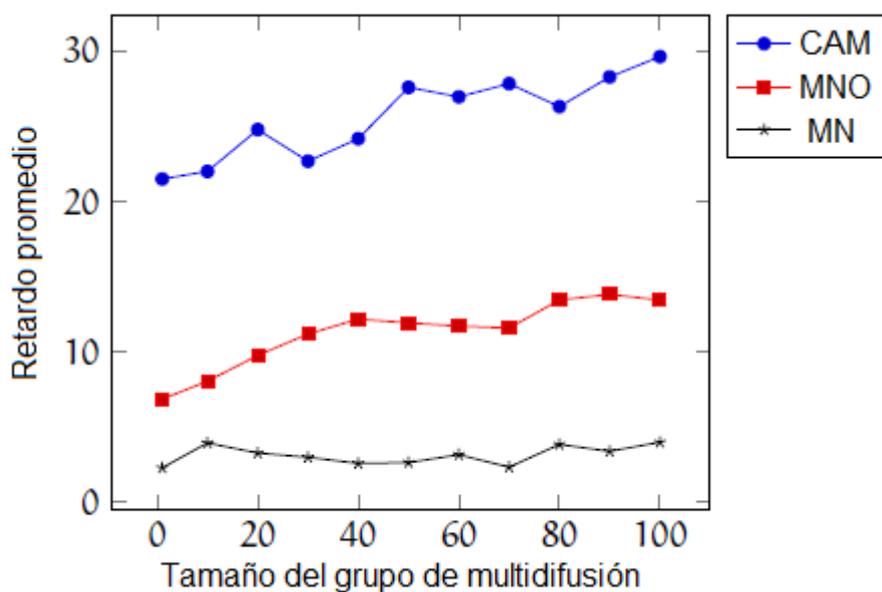


Figura 3. 14: Comparando el retraso para diferentes enfoques de multidifusión.
Elaborado por: Autor

3.6. Número de nodos secundarios.

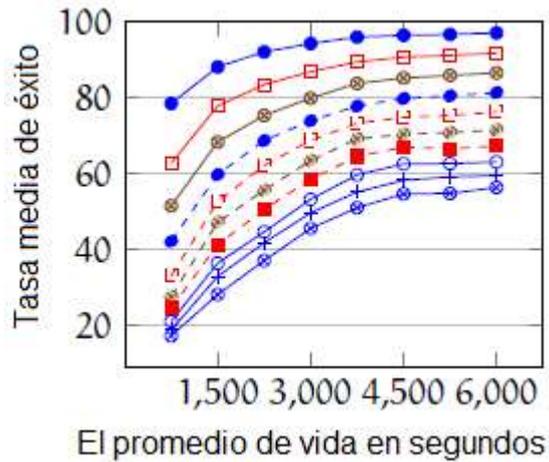
3.6.1. Introducción

Se han ejecutado simulaciones del protocolo en tres configuraciones diferentes. En primer lugar, se configura cada isla para seleccionar solo un nodo primario. En esta configuración, no se utilizan nodos secundarios. En la segunda configuración, el nodo primario selecciona un solo nodo secundario. En la tercera configuración, el nodo primario selecciona dos nodos secundarios: el nodo secundario 1 y el nodo secundario 2. El nodo primario se comunica con el nodo secundario 1 con mayor frecuencia que con el nodo secundario 2.

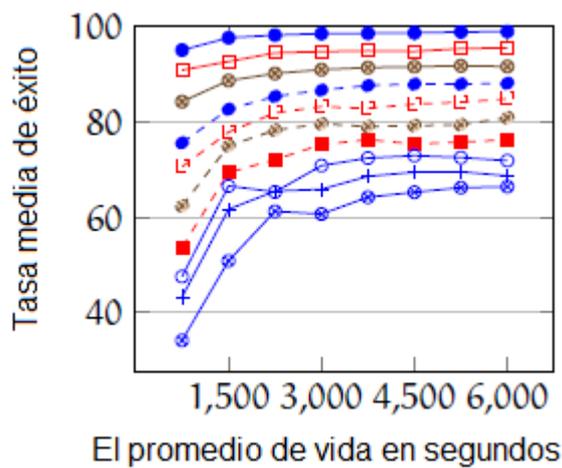
La razón para seleccionar dos nodos secundarios es reducir la necesidad de ejecutar una secuencia de elección completa cuando falla el nodo primario. Tal reelección es costosa en términos de tiempo y ancho de banda y, por lo tanto, debe evitarse tanto como sea posible. Crucialmente, durante la reelección, la isla se desconecta de la superposición. En consecuencia, cualquier período de este tipo debe ser minimizado.

Fueron simuladas estas tres configuraciones con diferentes valores de rotación de nodos (vida útil) y diferentes intervalos de latidos. La figura 3.15 se muestra los resultados, el gráfico a) con un nodo primario solamente, el gráfico b) con un solo nodo secundario y el gráfico c) con dos nodos secundarios. El gráfico a) indica que al usar solo el nodo primario sin nodo secundario hace que las islas sean muy susceptibles a la rotación de nodos y, en consecuencia, a desconectarse del árbol de multidifusión principal.

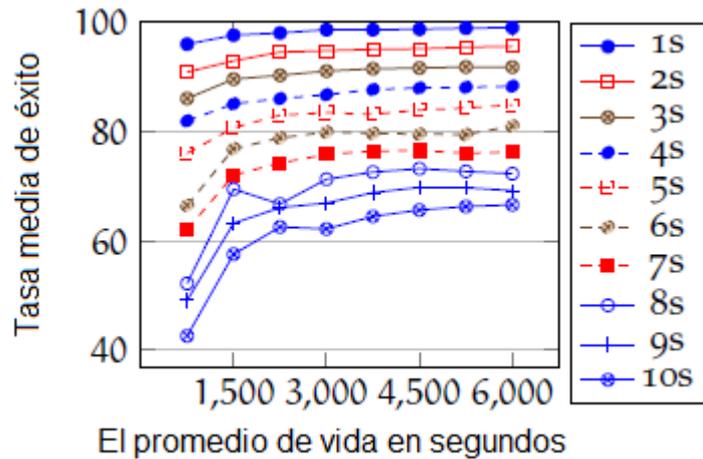
Esto es especialmente notable con una frecuencia de latido baja. Cuando se introduce un nodo secundario como en el gráfico b), se puede ver que la red es considerablemente más resistente a la alta rotación de nodos. Mientras que, con solo un nodo primario, el mejor rendimiento posible fue de aproximadamente el 80% en la rotación de nodo más alta, con un nodo secundario se puede lograr un 95% +. En los niveles más bajos de abandono, la diferencia es menos pronunciada pero todavía evidente.



(a) sin nodos secundarios



(b) un nodo secundario



(c) dos nodos secundarios

Figura 3. 15: Efecto del promedio de vida e intervalos de tiempo en la tasa de éxito.
Elaborado por: Autor

El gráfico c) representa el rendimiento del sistema cuando se emplean dos nodos secundarios. En comparación con el rendimiento de un solo nodo secundario, solo hay una ligera mejora en el rendimiento. Sin embargo, la

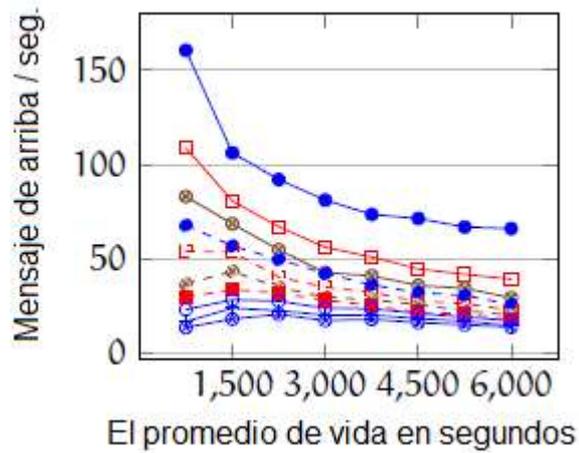
diferencia es más notable con una mayor rotación y menor frecuencia de latidos.

Para analizar el efecto total del uso de nodos secundarios, se investigó la entrega de mensajes lograda y la sobrecarga de control. Si bien el uso de otro nodo especial que se comunica intuitivamente con el nodo primario significaría un mayor tráfico de control a la red, es evidente en la figura 3.16 que, de hecho, da como resultado una disminución neta en el tráfico de la isla.

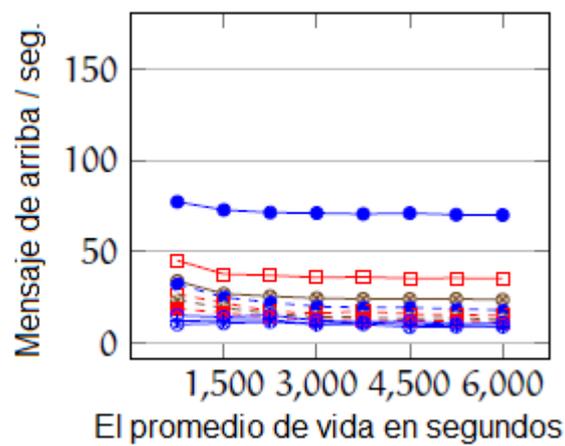
Este resultado aparentemente contrario a la intuición se debe al hecho de que el uso de un nodo secundario mejora la estabilidad de la red y, por lo tanto, da como resultado menos eventos de reelección costosos. En otras palabras, el ligero aumento en el tráfico de control se compensa con una reducción en el tráfico.

Para observar mejor los beneficios de elegir dos nodos secundarios en la tasa de éxito, se debe centrarse en el entorno donde esta configuración se puede utilizar más, es decir, con una alta rotación y largos intervalos de tiempo. En la figura 3.17, las tres configuraciones se combinan en un gráfico. Se configuró una frecuencia de temporal baja de 10 segundos. Se puede ver que los efectos de elegir dos nodos secundarios solo son notables hasta un tiempo de vida máximo de nodo de 3000.

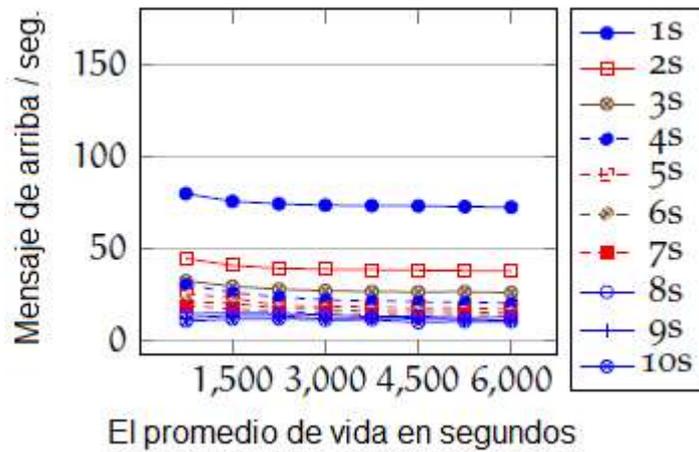
Sin embargo, las medidas para el mismo entorno, como se muestra en la figura 3.18, indican una reducción en la sobrecarga con un aumento de la vida útil promedio de los nodos. Las figuras 3.17 y 3.18 muestran que el uso de un nodo secundario adicional en redes estables no mejora la tasa de éxito, pero incurre en un aumento de la sobrecarga.



(a) sin nodos secundarios



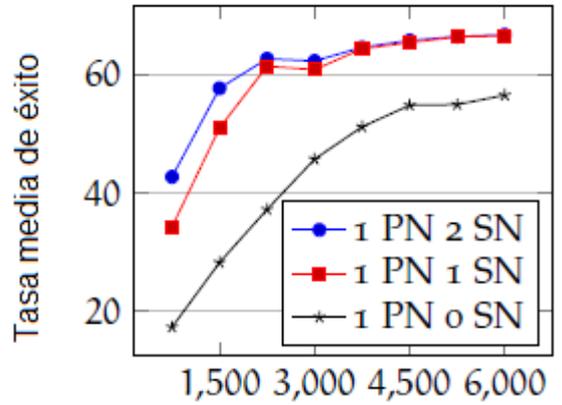
(b) un nodo secundario



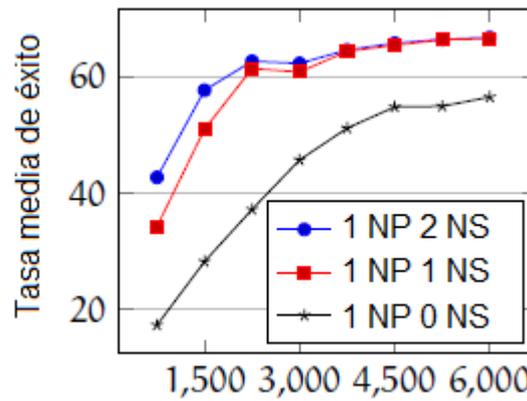
(c) dos nodos secundarios

Figura 3. 16: El efecto de los intervalos de vida y latidos en los gastos generales.

Elaborado por: Autor



El promedio de vida en segundos



Promedio de vida en segundos

Figura 3. 17: Efecto del número de nodos secundarios en la tasa de éxito.
Elaborado por: Autor

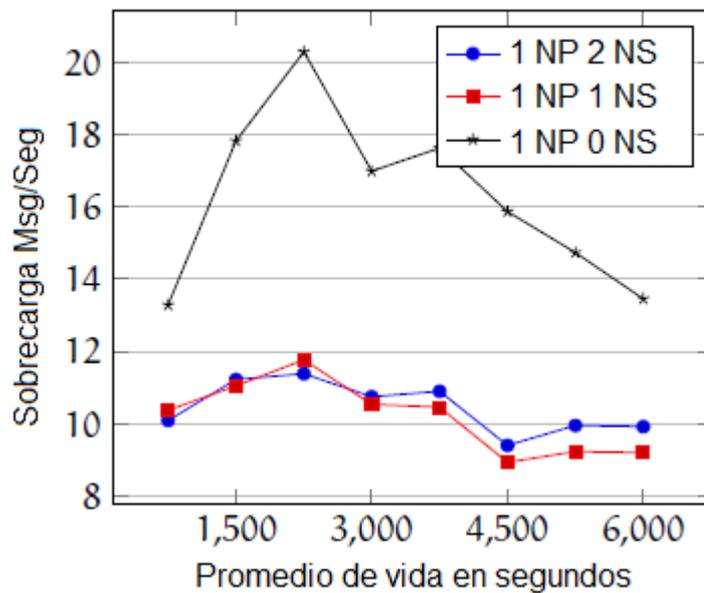


Figura 3. 18: Efecto del número de nodos secundarios en la sobrecarga de mensajes/segundos.
Elaborado por: Autor

3.7. Enfoques para seleccionar nodos primarios y secundarios

3.7.1. Heterogeneidad.

Hasta ahora, los experimentos fueron asumidos con valores para el tiempo de vida de todos los nodos en la red que fueron extraídos de la misma distribución de probabilidad. Sin embargo, es mucho más probable que en redes reales, se conecten diferentes tipos de dispositivos a la superposición. Por ejemplo, los P2P móviles conectados a la isla tendrán un promedio de vida útil más bajo que los dispositivos fijos instalados por los administradores de red. Como se ha discutido anteriormente, la selección de nodos con menor expectativa de vida útil para actuar como nodos primarios llevará a tasas de éxito de multidifusión más bajas.

Esto se debe a que la isla se desconectó del resto del árbol de multidifusión principal hasta que otro nodo primario haya sido elegido y se haga cargo. Claramente, para lograr los mejores resultados posibles, los nodos que se espera que tengan una menor probabilidad de producirse deben seleccionarse como nodos primarios (y secundarios). Para simular una red de nodos con diferentes tasas de abandono se deberá considerar a tres tipos de dispositivos de:

- **infraestructura:** son nodos que tienen pocas probabilidades de salir de la red. Sin embargo, normalmente hay muy pocos de ellos presentes en la red, por ejemplo, estos tipos de nodos son los servidores y los enrutadores.
- **común:** estos son los nodos más comunes en la red, ya que tienen una tasa de rotación promedio, por ejemplo, las computadoras personales caen en esta categoría.
- **corta-duración:** estos son nodos que no son muy confiables y es muy probable que se produzcan, por ejemplo, los dispositivos móviles son parte de este grupo.

3.7.2. Distinguir los nodos de baja rotación

En el conjunto de resultados anterior, los nodos se seleccionaron al azar para que funcionen como nodos primarios y secundarios. En consecuencia, las islas no necesariamente utilizan nodos con la vida útil más larga. Para

permitir que las islas seleccionen mejores nodos, se identifican tres prioridades:

- **Manual:** los administradores de red pueden asignar un valor de prioridad a los nodos. Se seleccionan nodos con mayor valor de prioridad. Este método requiere la configuración manual de los nodos, pero se espera que produzca los mejores resultados, ya que se conoce de antemano la vida útil esperada de cada nodo. El uso de este método ofrece las siguientes ventajas:
 - Permitirá que las islas utilicen de forma rápida y determinista los nodos elegidos por los administradores de red.
 - Los administradores de red pueden incluir otros factores como la seguridad, el ancho de banda y la capacidad de procesamiento en su consideración.

Sin embargo, este enfoque tiene los siguientes inconvenientes importantes:

- Requiere configuración manual de cada nodo.
- Requiere reconfiguración manual cuando las circunstancias cambian.
- Requiere que los administradores de red tengan control sobre los nodos.
- Requiere que los administradores de red conozcan la vida útil esperada de los nodos.
- No puede manejar eventos en los que los administradores de la red aún no clasifican los nodos.

Este enfoque no es práctico, pero se ha incluido como referencia para fines de comparación, ya que dará los mejores resultados posibles.

- **Prioridad pasiva:** a medida que aumenta el tiempo de simulación de la red, aumentará la probabilidad de que se elija un nodo de baja rotación. Este método depende del concepto de supervivencia del más apto. Dado que los nodos activos con una vida útil baja se producirán rápidamente, mientras que los nodos de larga vida durarán más como nodos activos. Finalmente, la isla seleccionará un nodo de baja rotación. Cuando esto suceda, el nuevo nodo elegido tendrá una

mayor probabilidad de durar más tiempo. Cuando se introducen nodos secundarios, el nodo primario buscará otro nodo para que actúe como secundario. Esto permitirá utilizar el mismo proceso de pasar por diferentes nodos posibles hasta que se seleccione otro nodo con una baja tasa de abandono. Esto permitirá que la red minimice la necesidad de una nueva reelección.

- **Prioridad basada en la edad:** aquí se selecciona el nodo más antiguo. A medida que los nodos envejecen, será más probable que pertenezcan a la distribución con el tiempo de vida medio más alto. Se asume que cuanto más tiempo se deje funcionando la red, mejores resultados se obtendrán.

A continuación, cada uno de los tres enfoques se discute y evalúa de acuerdo con sus fortalezas y debilidades. Para probar la efectividad de estos enfoques, se simulará una red con 10 islas y 500 nodos participantes. Para la presente simulación se asumen tres generadores de abandono basados en la distribución de Weibull. La vida útil de estos nodos se proporciona en la tabla 3.4. Configuramos la prioridad de los nodos para reflejar la expectativa de vida útil de los nodos. Como antes, variamos la frecuencia con la que los nodos se comunican cambiando los intervalos de latidos del corazón de 1s a 10s. Hemos ejecutado la simulación para diferentes tiempos de simulación que van desde 1800 hasta 7200. La simulación se realizó con 5 repeticiones.

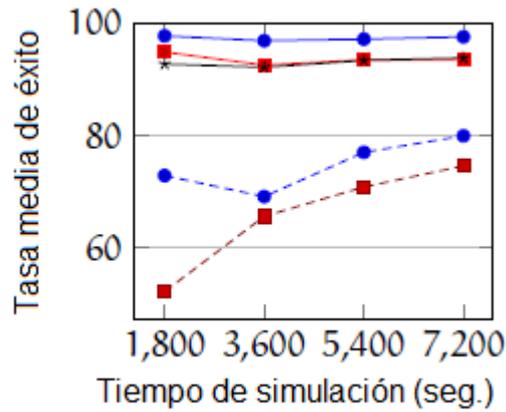
Tabla 3. 4: Tiempo promedio de vida útil de los nodos de baja rotación.

Tipo de nodo	Porcentaje	Tiempo de vida media
De corta duración	10%	1000s
Común	80%	3000s
Infraestructura	10%	10,000s

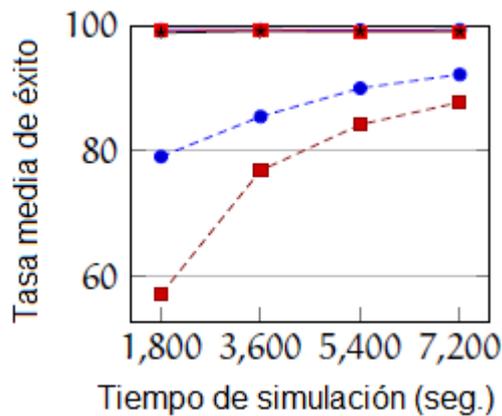
Elaborado por: Autor

3.7.3. Prioridad manual

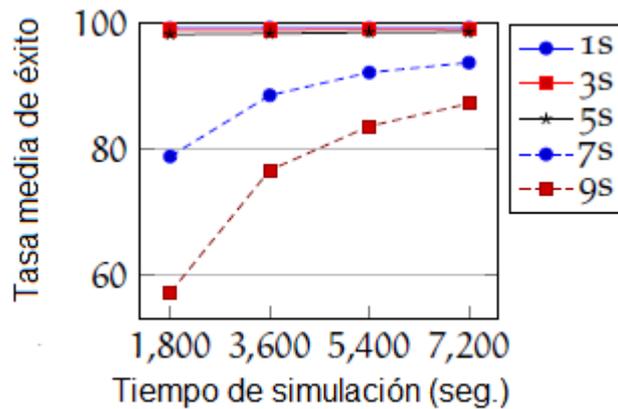
Para la selección manual del nodo primario, los resultados se muestran en la Figura 4.19 (a), (b) y (c) que representan sin nodos secundarios, un nodo secundario y dos nodos secundarios respectivamente.



(a) sin nodos secundarios



(b) un nodo secundario



(c) dos nodos secundarios

Figura 3. 19: Efecto de la selección manual de la tasa de éxito de los NP.

Elaborado por: Autor

En la figura 3.19(a), se tiene una tasa de éxito de 90%+ con un intervalo de tiempo menor de 5 s. Sin embargo, con intervalos más largos, la tasa de éxito cae por debajo del 80%. Con un nodo secundario presente (ver figura 3.19(b)), hay una mejora considerable, especialmente con tiempos de simulación más largos. Se puede observar una ligera mejora con la introducción de otro nodo secundario, tal como en la figura 3.19(c).

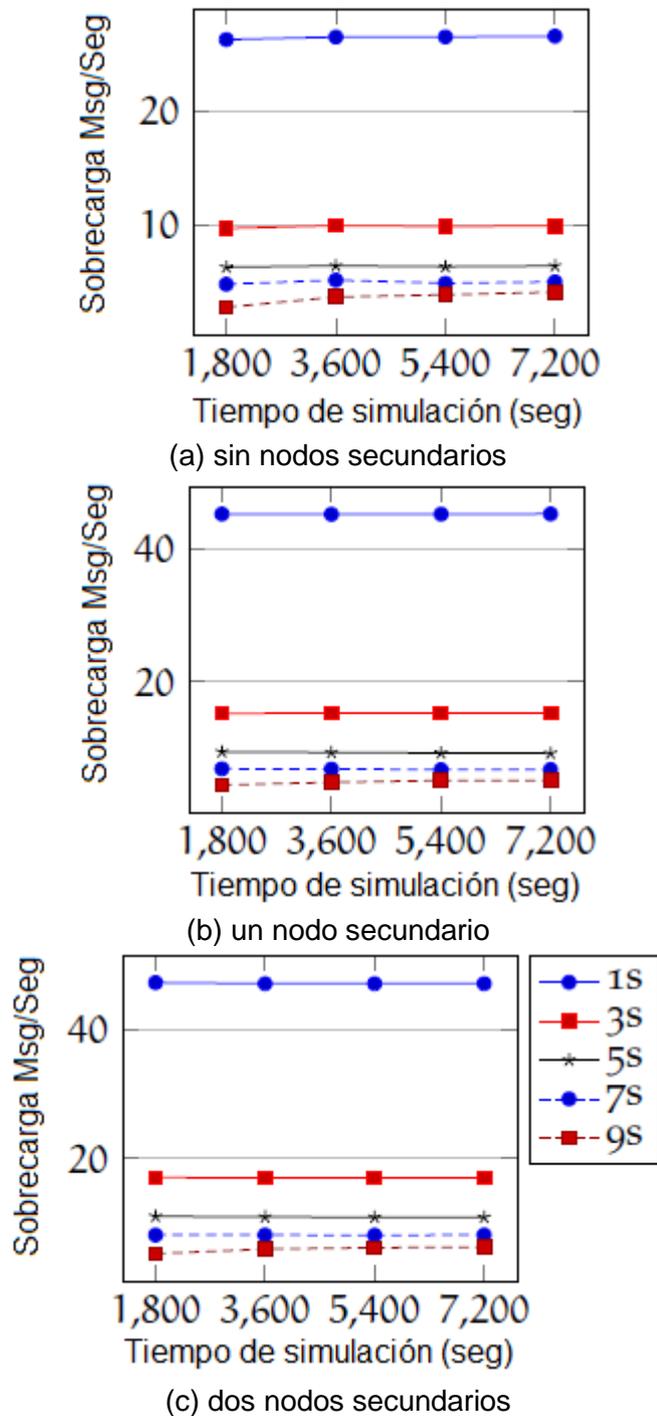
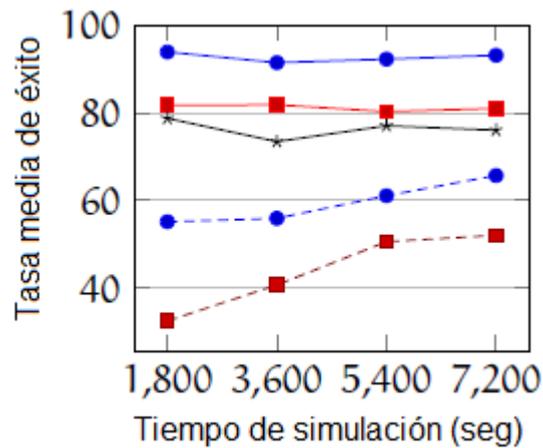


Figura 3. 20: Efecto de la selección manual de NP en la sobrecarga.
Elaborado por: Autor

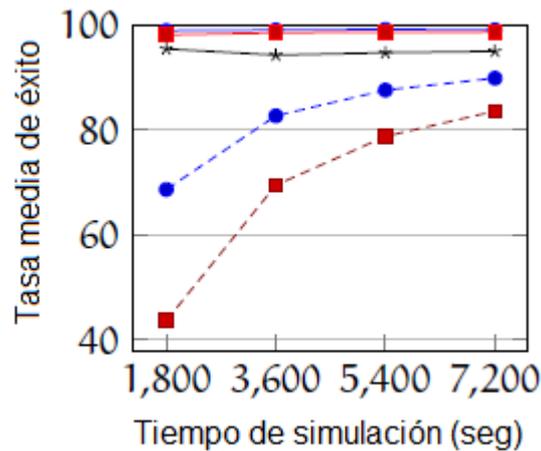
3.7.4. Prioridad pasiva

La figura 3.21 muestra resultados del enfoque de prioridad pasiva. En la figura 3.21(a), el rendimiento de la red muestra muy poca mejora a medida que aumenta el tiempo de simulación. Sin embargo, las mejoras son más notables con intervalos mayores. Con un intervalo de 9s, la tasa de éxito

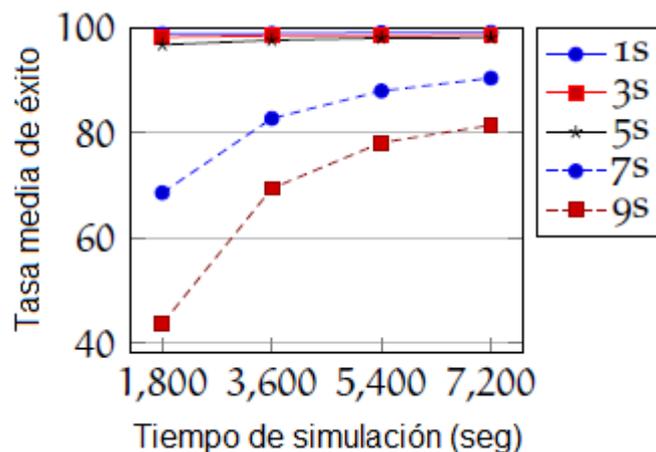
aumenta de 30% a más de 50% en el tiempo de simulación. En la figura 3.21(b) los resultados son considerablemente mejores. Para intervalos de tiempo más cortos se consigue un rendimiento de 90% . Incluso con intervalos de tiempo mayores, se logra un rendimiento de 80% en ejecuciones de simulación mayor. La figura 3.21(c) muestra resultados similares a los de (b).



(a) sin nodos secundarios



(b) un nodo secundario

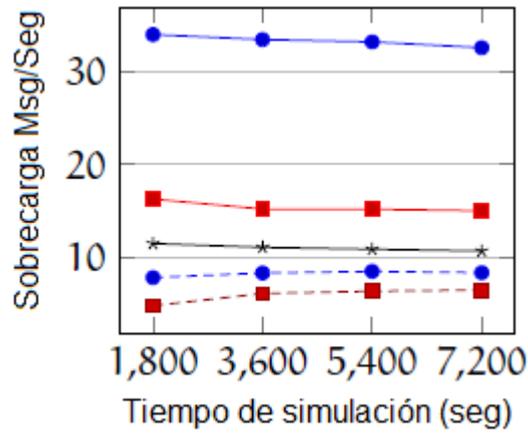


(c) dos nodos secundarios

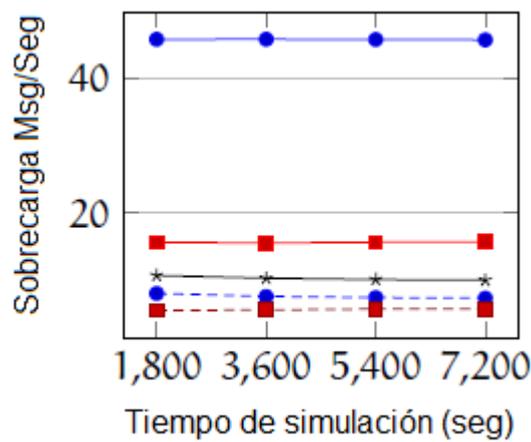
Figura 3. 21: Efecto de la duración del tiempo de simulación en la tasa de éxito.

Elaborado por: Autor

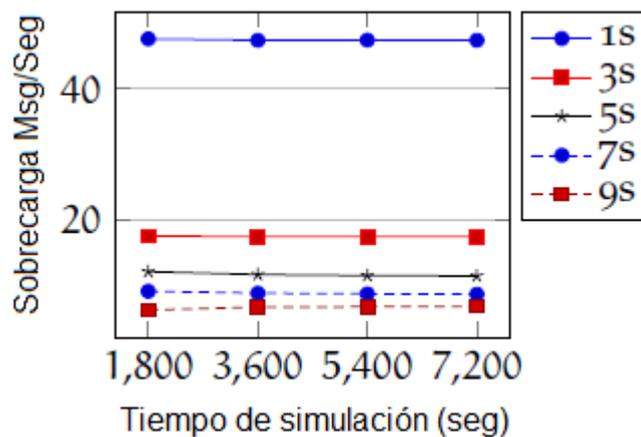
La figura 3.22 muestra la sobrecarga nativa en la isla. Nuevamente, el intervalo de tiempo es un factor decisivo, y un nodo secundario adicional tiene poco impacto en la sobrecarga (Overhead), así como también sucedió en las tasas promedio de éxito.



(a) sin nodos secundarios



(b) un nodo secundario



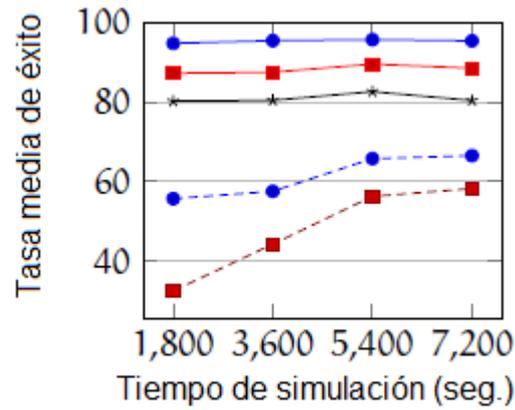
(c) dos nodos secundarios

Figura 3. 22: Efecto de la duración del tiempo de simulación en la sobrecarga (Overhead).

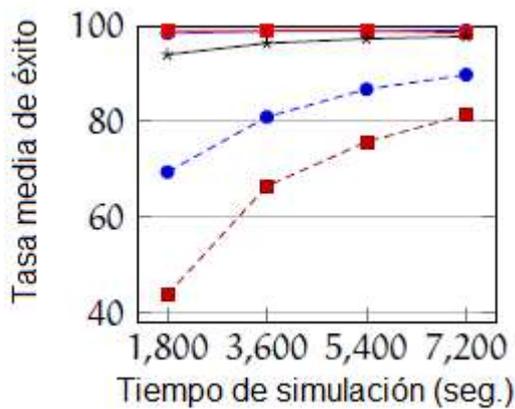
Elaborado por: Autor

3.7.5. Prioridad basada en la edad

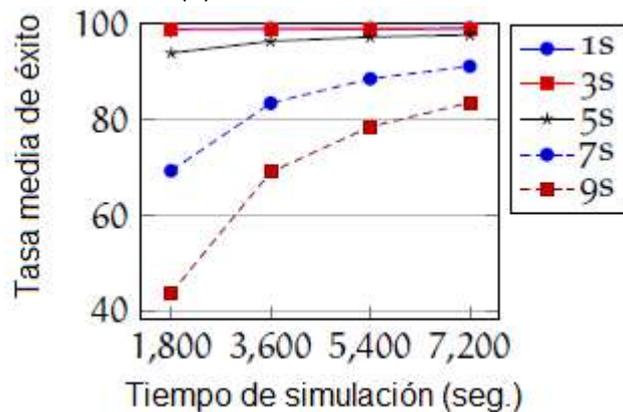
La figura 3.23 muestra los resultados del enfoque de prioridad basado en la edad. En la figura 3.23 (a), se observa que tener intervalos de tiempo de 3 s o menos dará como resultado una tasa de éxito superior al 80%.



(a) sin nodos secundarios



(b) un nodo secundario



(c) dos nodos secundarios

Figura 3. 23: El efecto de factorizar la edad en la tasa de éxito.

Elaborado por: Autor

Con la introducción de 1 o 2 nodos secundarios (véase las figuras 3.23 (b) y (c)), se logra más del 80% de éxito en los escenarios con el tiempo de

simulación más largo de 7200 s. Sin embargo, el rendimiento puede disminuir considerablemente para intervalos más largos y tiempos de simulación más cortos. La figura 3.24 muestra la sobrecarga (Overhead) en la isla.

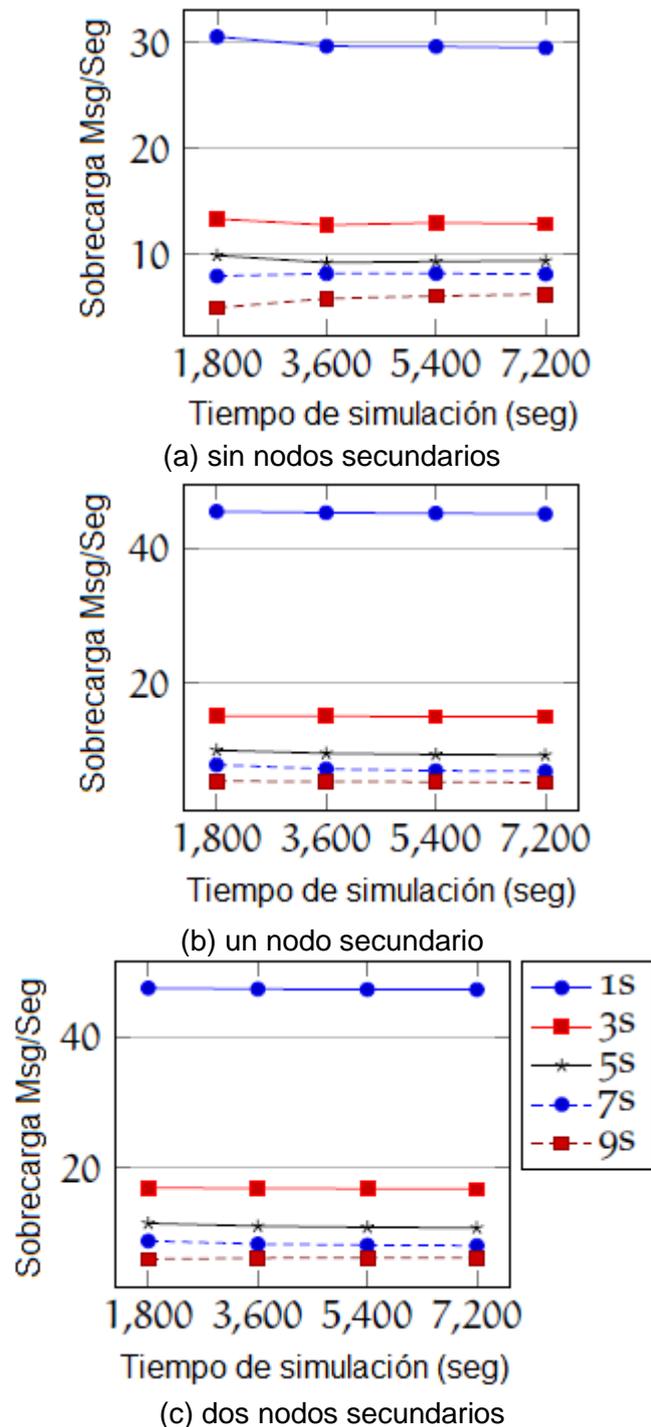


Figura 3. 24: El efecto de la edad de factoraje en la sobrecarga.

Elaborado por: Autor

Los resultados son comparables con los enfoques anteriores por la gran influencia del intervalo de tiempo. El uso de un nodo secundario mejora el

rendimiento, pero agregar nodos secundarios adicionales no produce ningún beneficio.

3.7.6. Comparación de tipos de prioridad.

En las secciones anteriores, se presentaron resultados de simulación que muestran el efecto de diferentes tipos de selección del nodo primario. Para facilitar la comparación entre los tres enfoques, se ha trazado los resultados seleccionados en gráficos que muestran los resultados de los tres enfoques. Estos se representan en la figura 3.25. Como es de esperar, la selección manual logra los mejores resultados.

Sin embargo, en la práctica, este enfoque no puede emplearse y se muestra aquí como referencia. En general, el esquema de prioridad basado en la edad tiene un rendimiento ligeramente mejor que el enfoque de prioridad pasiva. Sin embargo, la diferencia es bastante menor. Más específicamente, con la frecuencia de tiempo más alta, como en las figuras 3.25 (a), (c) y (e), la diferencia entre los tres tipos es especialmente baja. Esto se debe al hecho de que, con la alta frecuencia de tiempo, las islas pueden detectar y reaccionar ante fallas muy rápidamente. Esto, a su vez, resulta en el tiempo de inactividad sufrido a través del proceso de selección muy pequeño. Por lo tanto, para seleccionar un nodo primario no tiene un gran efecto.

Además, la cantidad de nodos secundarios puede afectar la tasa de éxito, especialmente con una frecuencia de tiempo baja, tal como en las figuras 3.25 (a), (c) y (e).

Además, se muestra la sobrecarga de control en las islas para cada configuración. En conclusión, para entornos donde la isla puede reaccionar rápidamente a los cambios, como en a), c) y e), el uso de Nodos Secundarios solo aumentará la sobrecarga sin un aumento notable en la tasa de éxito. Sin embargo, con islas de reacción más lenta como en b), d) y f), el uso de Nodos Secundarios disminuye el tráfico de control, ya que evitará reelecciones costosas.

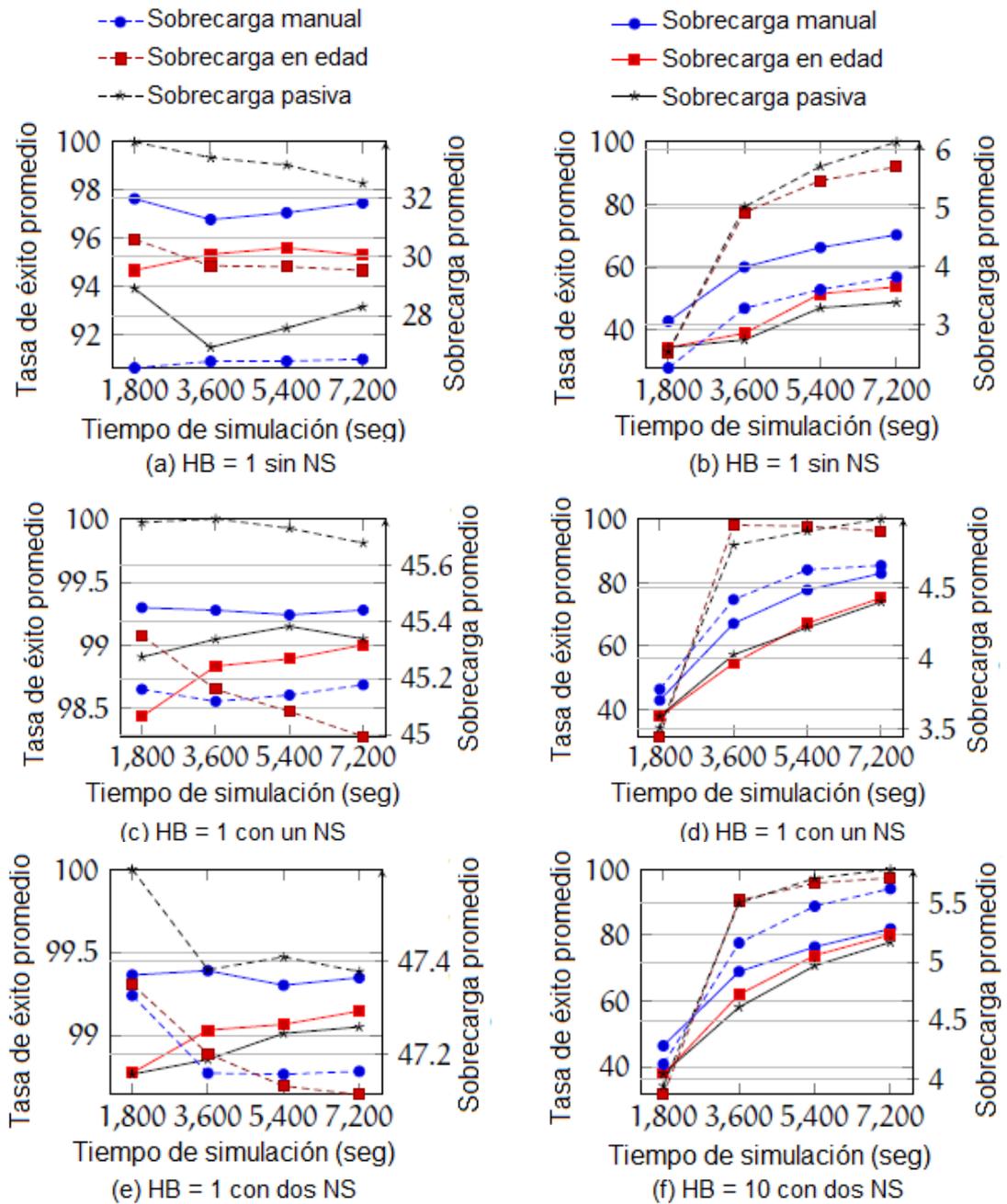


Figura 3. 25: El efecto de diferentes métodos de selección de los nodos primarios con diferentes frecuencias de latidos y número de segundos.

Elaborado por: Autor

Conclusiones

Esta sección destaca las contribuciones del trabajo de titulación.

- En primer lugar, se cumplieron los objetivos propuestos del presente trabajo. En segundo lugar, con base en los resultados experimentales presentados en el Capítulo 3, se discutieron algunos de los principales hallazgos y recomendaciones.
- Después de simular el protocolo de multidifusión nativa oportunista (MNO) en diferentes configuraciones, es posible sacar las siguientes conclusiones cuantitativas:
 - MNO tiene un tramo pequeño en comparación con la capa de aplicación de multidifusión (CAM). La figura 3.10 muestra una configuración donde el tramo de MNO era menos de la mitad de CAM.
 - El uso de MNO ha reducido el estrés en la red backbone. En algunos casos, como en la Figura 3.11, el estrés fue de alrededor de 10 y 1000 para MNO y CAM respectivamente.
 - El uso de MNO ha reducido la cantidad de paquetes que cruzan la red troncal exponencialmente. Cuando se compara con la CAM como en la Figura 3.13, se puede lograr una reducción de dos órdenes de magnitud.
 - El uso de MNO tiene un retardo menor en la distribución de los mensajes de multidifusión. Por ejemplo, el retardo se redujo en más de un 50%, como se ve en la Figura 3.14
 - Se descubrió que si bien el uso de un nodo secundario (NS) mejora la estabilidad y la tasa de éxito, el uso de NS's adicionales no mejora notablemente los resultados. Entonces, un solo NS es suficiente.
 - El aumento de la frecuencia mejora el funcionamiento de MNO hasta cierto punto. Después de eso, aumentará el tráfico de control sin muchas mejoras en la operación.
 - El número de latidos perdidos necesarios para declarar un nodo N muerto es un parámetro importante, ya que controla la compensación entre la detección más rápida del nodo muerto y la

declaración falsa de un nodo muerto y asumir su responsabilidad por otro nodo. Se encontró en la simulación, ver Figura 3.28, que utilizar un valor de 4 proporciona un buen equilibrio.

- Factorizar la edad del nodo al seleccionar los Nodos Primarios y Secundarios mejorará los resultados como se ve en la Figura 3.25.
- Se descubrió que la optimización dinámica del tráfico de control reduce la sobrecarga sin afectar la tasa de éxito.

Recomendaciones

- Realizar la implementación en el mundo real de multidifusión nativa oportunista (MNO) la cual proporcionará una mejor evaluación de más aspectos que la simulación. Algunos factores, como la topología de la red, el patrón de tráfico y el comportamiento del usuario, pueden afectar los resultados de una manera diferente a la que puede capturar la simulación.
- En la vida real, y con la amplia difusión de los nodos móviles, la movilidad es un problema al que se le debe dar más énfasis al diseñar nuevos sistemas. Sin embargo, P2P puede manejar el movimiento de los nodos que podrían usarse para mejorar la detección y el manejo de la movilidad de los nodos.
- El diseño de la multidifusión nativa oportunista (MNO) no impone ninguna restricción sobre el tipo de protocolo de multidifusión nativa (MN). Por lo tanto, se pueden utilizar diferentes enfoques.

Bibliografía

- Calderón, A. de J. R., Cañas, A. G., & Pérez, S. B. (2014). Las simulaciones, una alternativa para el estudio de los protocolos P2P. *ReCIBE. Revista electrónica de Computación, Informática, Biomédica y Electrónica*, 1. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=512251566002>
- Damiani, E., De Capitani di Vimercati, S., Paraboschi, S., & Samarati, P. (2004). P2P-based collaborative spam detection and filtering. *Proceedings. Fourth International Conference on Peer-to-Peer Computing, 2004. Proceedings.*, 176–183. <https://doi.org/10.1109/PTP.2004.1334945>
- Daswani, N., Garcia-Molina, H., & Yang, B. (2003). Open Problems in Data-Sharing Peer-to-Peer Systems. *Stanford University*. <http://infolab.stanford.edu/~byang/pubs/openP2P.pdf>
- Dharanipragada, J., & Haridas, H. (2012). Stabilizing Peer-to-Peer Systems Using Public Cloud: A Case Study of Peer-to-Peer Search. *2012 11th International Symposium on Parallel and Distributed Computing*, 135–142. <https://doi.org/10.1109/ISPDC.2012.26>
- Himani. (2012). Peer to Peer Networks: A Review. *International Journal of Advances in Computing and Information Technology*, 1(1). <https://doi.org/10.6088/ijacit.12.10013>
- Masood, S., Shahid, M., Sharif, M., & Yasmin, M. (2018). Comparative Analysis of Peer to Peer Networks. *International Journal Advanced Networking and Applications*, 9(4), 3477–3491.
- Matta, P., & Pant, B. (2019). Internet-of-Things: Genesis, Challenges and Applications. *Journal of Engineering Science and Technology*, 14(3), 1717–1750.

- Maymounkov, P., & Mazières, D. (2002). Kademlia: A Peer-to-Peer Information System Based on the XOR Metric. En P. Druschel, F. Kaashoek, & A. Rowstron (Eds.), *Peer-to-Peer Systems* (Vol. 2429, pp. 53–65). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/3-540-45748-8_5
- Moltchanov, D. (2015). Client/server and peer-to-peer models: Basic concepts [Tampere University of Technology]. *P2P Networks*. <http://www.cs.tut.fi/kurssit/ELT-53206/lecture01.pdf>
- Ripeanu, M. (2002). Peer-to-peer architecture case study: Gnutella network. *Proceedings First International Conference on Peer-to-Peer Computing*, 99–100. <https://doi.org/10.1109/P2P.2001.990433>
- Stoica, I., Morris, R., Karger, D., Kaashoek, M. F., & Balakrishnan, H. (2001). Chord: A scalable peer-to-peer lookup service for internet applications. *SIGCOMM*, 149–160. <https://doi.org/10.1145/383059.383071>
- Techdifferences. (2017). Difference Between Client-Server and Peer-to-Peer network (with Comparison Chart). *Tech Differences*. <https://techdifferences.com/difference-between-client-server-and-peer-to-peer-network.html>
- Yang, M., & Yang, Y. (2008). Peer-to-Peer File Sharing Based on Network Coding. *2008 The 28th International Conference on Distributed Computing Systems*, 168–175. <https://doi.org/10.1109/ICDCS.2008.52>



Presidencia
de la República
del Ecuador



Plan Nacional
de Ciencia, Tecnología,
Innovación y Saberes



DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Mora Bocca, Ricardo Alfredo** con C.C: # 092057457-1 autor del trabajo de titulación: Análisis comparativo entre protocolos de multidifusión nativa oportunista (MNO) y capa de aplicación de multidifusión (CAM) en redes punto a punto (P2P) utilizando OMNeT++, previo a la obtención del título de **Magister 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, 21 de febrero del 2020

f. _____

Nombre: **Mora Bocca, Ricardo Alfredo**

C.C: 092057457-1



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:	Análisis comparativo entre protocolos de multidifusión nativa oportunista (MNO) y capa de aplicación de multidifusión (CAM) en redes punto a punto (P2P) utilizando OMNeT++.		
AUTOR(ES)	Mora Bocca, Ricardo Alfredo		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES)	M. Sc. Córdova Rivadeneira, Luis Silvio; M. Sc. Zamora Cedeño, Néstor Armando / M. Sc. Palacios Meléndez, Edwin Fernando		
INSTITUCIÓN:	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
FACULTAD:	Sistema de Posgrado		
PROGRAMA:	Maestría en Telecomunicaciones		
TÍTULO OBTENIDO:	Magister en Telecomunicaciones		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	21 de febrero del 2020	No. DE PÁGINAS:	52
ÁREAS TEMÁTICAS:	Teoría de la Comunicación, Sistemas de Comunicaciones		
PALABRAS CLAVES/KEYWORDS:	Sistemas, P2P, Datos, Redes, Protocolos, Multidifusión		
RESUMEN/ABSTRACT:	<p>El presente trabajo de posgrado consiste en realizar el análisis comparativo entre protocolos de multidifusión nativa oportunista y capa de aplicación de multidifusión sobre redes punto a punto (P2P) utilizando la plataforma de simulación OMNeT++. Los sistemas punto a punto o P2P permiten el intercambio de datos, así como, los usuarios envían consultas y reciben resultados (como datos o punteros a los datos) a cambio, a través del mecanismo de búsqueda. Los datos compartidos en el sistema pueden ser de cualquier tipo. En la mayoría de los casos, los usuarios comparten diferentes tipos de archivos, tales como, archivos de música, imágenes, artículos de noticias, páginas web, etc. La evaluación real de redes P2P es una limitante, para lo cual fue necesaria el modelo de simulación en tiempo real de los protocolos de multidifusión aplicadas a redes P2P. Los resultados obtenidos durante la ejecución en el simulador dan al protocolo de multidifusión oportunista como el mejor protocolo por su robustez, eficacia y eficiencia.</p>		
ADJUNTO PDF:	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: 0990969323	E-mail: rmorab1981@gmail.com	
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN (COORDINADOR DEL PROCESO UTE):	Nombre: Manuel Romero Paz		
	Teléfono: 0994606932		
	E-mail: mromeropaz@yahoo.com		
SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA			
Nº. DE REGISTRO (en base a datos):			
Nº. DE CLASIFICACIÓN:			
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):			