

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR



FACULTAD DE INGENIERÍA

MAESTRÍA EN REDES DE COMUNICACIÓN

TESIS DE GRADO PREVIO LA OBTENCION DEL TÍTULO DE:

“MAGISTER EN REDES DE COMUNICACIONES”

TEMA:

**“Diseño del Modelo MANETs –Learn Para M-learning En Redes AD HOC
Para Estudiantes De Bajos Recursos De La UNIDAD EDUCATIVA MITAD DEL
MUNDO”**

SULAY BELÉN TAMAYO TIGASI

Quito – 2016

DEDICATORIA

Este trabajo va dirigido con mucho amor y respeto a mi Dios, a mis padres que han sido siempre el impulso en mis realizaciones y en mis sueños.

A mis hermanos que son el motivo de desarrollo y liderazgo en mi vida personal.

RESUMEN

El presente proyecto tiene como principal objetivo conocer la importancia de las redes móviles ad hoc (Manet) en la UNIDAD EDUCATIVA MITAD DEL MUNDO lo que implica el ahorro de recursos tecnológicos.

Es necesario indicar que los dispositivos móviles interactúan entre sí para mejorar el aprendizaje, para complementarse y dar soporte a instituciones con hardware limitado en el que no se puede contar con nuevas herramientas con el fin de mejorar y facilitar el aprendizaje.

Es así que para este trabajo investigativo se realiza la simulación del protocolo de redes móviles con el simulador de redes NS3. Este software es instalado bajo el sistema operativo Linux para su correcto funcionamiento, el cual es de uso público, desarrollado con contribuciones de usuarios.

Dentro de los capítulos se visualiza la teoría de las redes ad hoc, instalación del software de redes NS3 además de los procedimientos utilizados en el simulador de redes para comprender de mejor manera la importancia de la utilización del protocolo utilizado.

En este análisis se realiza la simulación del protocolo AODV en el software NS3 con el fin de tener métricas, densidad de nodos, carga de tráfico con el fin de determinar la pérdida de paquetes, variaciones que pueden existir dentro de la simulación respectiva.

ÍNDICE

CAPÍTULO I	1
ANÁLISIS DE UNIDAD EDUCATIVA MITAD DEL MUNDO	1
1.1 Historia Unidad Educativa Mitad del Mundo	1
1.2 Situación actual.....	2
1.3 Uso educativo de los dispositivos móviles	2
1.4 Herramientas de desarrollo de aplicaciones para móviles.	3
CAPÍTULO II	5
MARCO TEÓRICO.....	5
2.1 Redes Móviles Ad-Hoc	5
2.2 Características Redes Manet	6
2.3 Aplicaciones Redes Manet.....	7
2.4 Protocolos de enrutamiento para Manet.....	8
2.4.1 Protocolos proactivos.....	8
2.4.2 Protocolos reactivos.....	9
2.4.3 Protocolos híbridos.....	10
2.5 Protocolos de enrutamiento aplicables en redes Ad-hoc.....	10
2.5.1 Protocolos de enrutamiento proactivos.....	10
2.5.1.1 OSLR (Optimized Link State Routing)	11
2.5.1.2 BATMAN (Better Approach to Mobile Ad hoc Networking).....	12
2.6 Tecnologías de soporte para la información de Manets.....	13
2.6.1 Bluetooth (IEEE 802.15.1)	13
2.6.2 Ultra-wideband (UWB, IEEE 802.15.3).....	14
2.6.3 ZigBee (IEEE 802.15.4).....	15
2.6.4 WiFi (IEEE 802.11).....	17
CAPÍTULO III	18
3.1 Tutorial NS3.....	18
3.2 Tutorial de simulación de la red “NS3”	19
3.2.1 Instalación.....	19
3.3 Ejemplos NS3	23
CAPÍTULO IV	25

4.1	Modelo de simulación y guía del uso de la interfaz	25
4.1.1	Requisitos del software.....	31
4.1.2	Estructura de simulación con NS3.....	31
4.1.3	Componentes utilizados	31
-	Clase Application	32
-	Clase Channel (IPV4)	32
-	NetDevice	33
4.2	Simulación de red Manet Protocolo AODV	33
4.3	Simulación caso 1	35
4.3.1	Resultados de la simulación	36
4.4	Simulación caso 2	37
4.4.1	Resultados de la simulación Caso 2	38
CAPÍTULO V	40
CONCLUSIONES	40
RECOMENDACIONES	41
Bibliografía	42

ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Lenguajes de programación para dispositivos móviles. (Economics, 2016)	4
Ilustración 2 : Ejemplo de una red Manet, (Chalmeta, 2009)	6
Ilustración 3 : Better Approach To Mobile Ad hoc Networking (B.A.T.M.A.N.). (Berlin).....	13
Ilustración 4: ZIGBEE, (Marla Glen, 2012)	16
Ilustración 5: Instalación NS3, (Tamayo, 2016).....	19
Ilustración 6: Instalación NS3, (Tamayo, 2016).....	20
Ilustración 7: Instalación NS3, (Tamayo, 2016).....	20
Ilustración 8: Instalación NS3, (Tamayo, 2016).....	21
Ilustración 9: Instalación NS3, (Tamayo, 2016).....	22
Ilustración 10: Instalación NS3, (Tamayo, 2016).....	22
Ilustración 11: Ejemplos NS3, (Tamayo, 2016)	23
Ilustración 12: Ejemplos NS3, (Tamayo, 2016)	24
Ilustración 13: Ejemplos NS3, (Tamayo, 2016)	24
Ilustración 14: Ejemplo de ruta A hacia D, (Tamayo, 2016)	25
Ilustración 15: Algoritmo del protocolo AODV, (Eldabar, 2013).....	27
Ilustración 16: Esquema de Distancia de Routers, (Vásquez, 2014).....	29
Ilustración 17: Tabla de valores de costo de los Routers, (Vásquez, 2014)	30
Ilustración 18: Clase Nodo, (Carneiro, 2010)	32
Ilustración 19: Diagrama de Flujo, (Tamayo, 2016).....	33
Ilustración 20: Ejemplo Caso1, (Tamayo, 2016).....	35
Ilustración 21: Resultados Caso 1, (Tamayo, 2016).....	36
Ilustración 22: Logs Caso 1, (Tamayo, 2016).....	37
Ilustración 23: Ejemplo Caso2, (Tamayo, 2016).....	37
Ilustración 24: Resultados Caso 1, (Tamayo, 2016).....	38
Ilustración 25: Logs Caso 2, (Tamayo, 2016).....	39

CAPÍTULO I

ANÁLISIS DE UNIDAD EDUCATIVA MITAD DEL MUNDO

1.1 Historia Unidad Educativa Mitad del Mundo

La creación de La Unidad Educativa Técnica Experimental MITAD DEL MUNDO, se basa en la Resolución Ministerial 1014 del 1 de diciembre de 1986, como resultado de la unión de las siguientes instituciones:

- Colegio fiscal diurno San Antonio de Pichincha, creado por decreto supremo 1144 de octubre 3 de 1972 el mismo que funcionó en sus primeros años en aulas prestadas por la escuela Humboldt, cerca de la Tenencia Política.
- Escuela Jorge Juan, creada en el año lectivo 1975 – 1976, la cual se ubicó en el terreno del Colegio San Antonio, asignada por el Consejo Provincial.
- Colegio Nocturno Técnico Experimental “Mitad del Mundo”, creado según Acuerdo ministerial 161 del 18 de septiembre de 1984, el cual estaba ubicado en las instalaciones de la Escuela Jorge Juan.

Para llevar a la realidad este proyecto, se requería una gran infraestructura, que tenía el Colegio Nocturno San Antonio de Pichincha y la escuela Jorge Juan, que sirvió de base para la infraestructura de La Unidad Educativa Técnica Experimental “Mitad del Mundo”.

Las autoridades de las tres instituciones, pusieron sus cargos a disposición de las Autoridades Ministeriales a fin de elegir las autoridades de esta nueva gran institución. Se mantienen las especialidades humanísticas del Colegio San Antonio, las técnicas del Colegio Mitad del Mundo, se crean la sección preprimaria, la sección artesanal, constituyéndose en la PRIMERA UNIDAD EDUCATIVA del PAIS, como tal, ya que habían otras que funcionaban por separado, y no tenían la integración de secciones y especialidades como la

nuestra.

1.2 Situación actual

Actualmente en la Unidad Educativa Técnica Experimental MITAD DEL MUNDO no cuenta con servicios de internet y red en la institución debido a la falta de infraestructura, ya que al no disponer de recursos económicos no es posible fomentar el aprendizaje entre los estudiantes.

1.3 Uso educativo de los dispositivos móviles

La evolución hacia las nuevas formas de comunicación y de acceso a la información y el conocimiento en las instituciones educativas en los últimos años, se ha producido debido a un aumento del consumo de internet en los dispositivos móviles, además de las aplicaciones (app) en el sector educativo, es así que actualmente, en la Unidad Educativa Técnica Experimental “Mitad del Mundo” no existen proyectos para el uso de dispositivos móviles en la institución hasta la actualidad.

Es necesario mencionar que el uso de dispositivos móviles en el establecimiento está reglamentado por la institución, promoviendo la innovación y la conectividad entre estudiantes. Según la UNESCO, propone que “las políticas educativas pueden funcionar como puente o como obstáculo”.

En las ventajas del aprendizaje móvil, se lo califica como la tecnología educativa más apasionante de los últimos cincuenta años. En la actualidad el tema del aprendizaje es esencial para el desarrollo de nuevas motivaciones y destrezas, que comiencen a abordar el mejoramiento de la calidad educativa, promoviendo el

uso de dispositivos móviles por parte de los organismos encargados reformulando las políticas que involucren al tema del aprendizaje.

1.4 Herramientas de desarrollo de aplicaciones para móviles.

En la actualidad existen teléfonos inteligentes, cámaras digitales, tablets, pc's y otros dispositivos móviles que son los medios para acceder a herramientas pedagógicas las cuales son acopladas para facilitar el aprendizaje. Es posible considerar que los aplicativos son adaptables considerando el contenido, los accesos que se puede tener desde cualquier lugar del mundo minimizando el tiempo que existe al trasladarse de un lugar a otros para aprender.

Es necesario mencionar que existen varios lenguajes de programación para desarrollar aplicativos en los dispositivos móviles de acuerdo a la figura a continuación:

Lenguajes de programación para dispositivos móviles

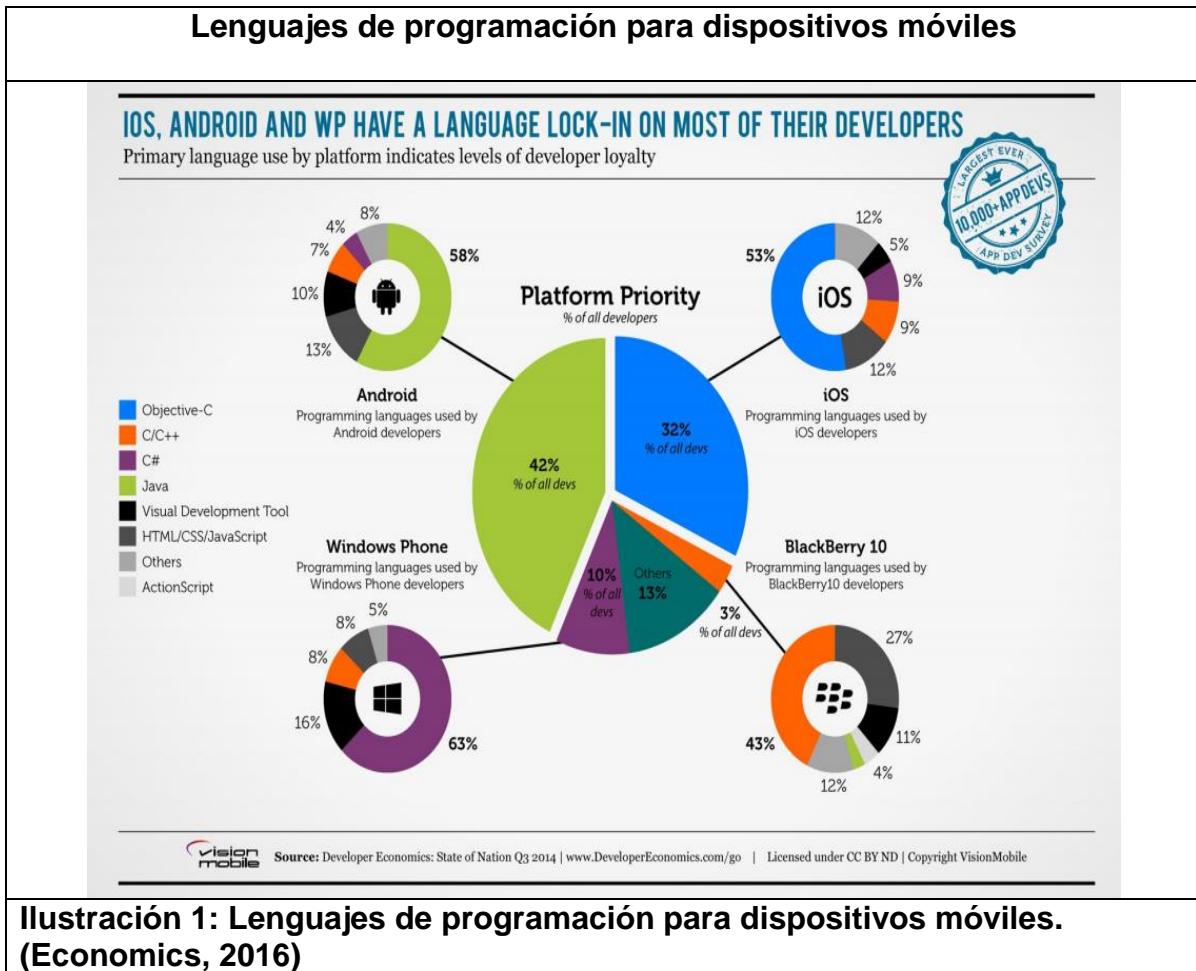


Ilustración 1: Lenguajes de programación para dispositivos móviles. (Economics, 2016)

Como indica la figura, la tendencia más usada para desarrollar aplicativos es la de Android con el 42% del mercado seguida de iOS con el 32% y otras plataformas con el 26% en el mercado.

CAPÍTULO II

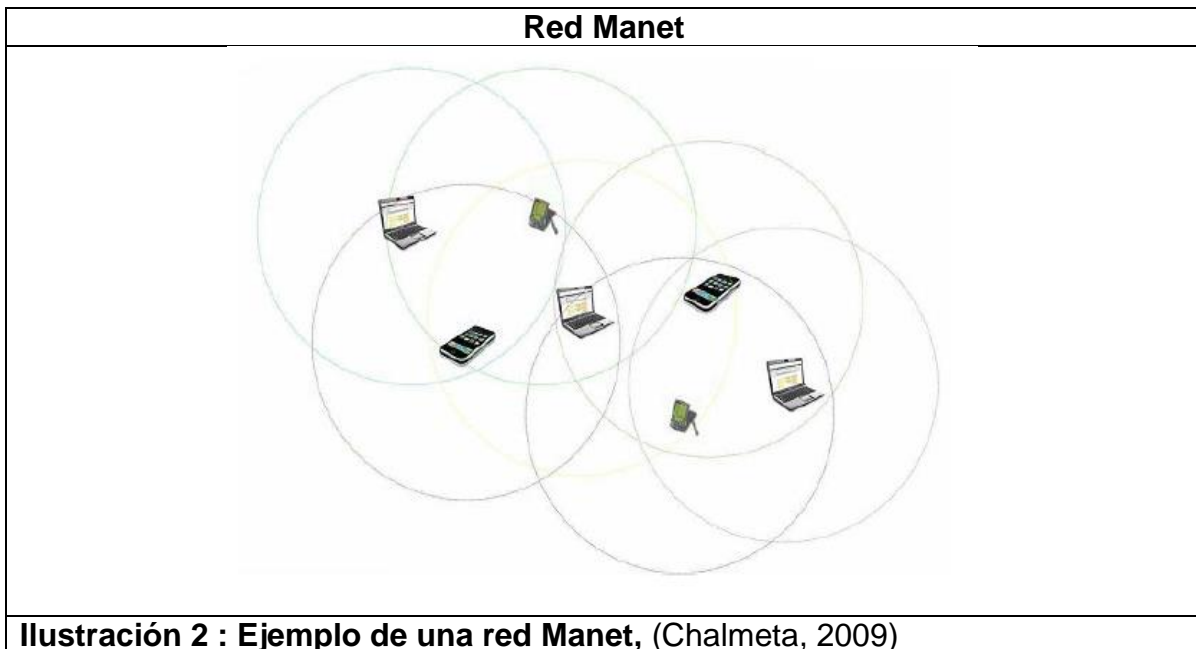
MARCO TEÓRICO

2.1 Redes Móviles Ad-Hoc

Las Redes Móviles Ad-Hoc (MANET) son redes inalámbricas móviles, las cuales se comunican entre ellas a partir de un conjunto de terminales sin la necesidad de tener una infraestructura central.

Las redes móviles ad-hoc son utilizadas en el tránsito vehicular, en situaciones de emergencia, en redes personales, entre otras.

El radio de cobertura de cada terminal en una red móvil es limitado por lo que las rutas entre nodos pueden contener múltiples saltos debido a que tienen que cruzar varios enlaces para llegar al destino. Al usar las redes ad hoc se debe considerar la no dependencia de la infraestructura para el uso, su facilidad y rapidez de despliegue así como su escasa dependencia de infraestructura. Debido a estas propiedades tienen muchas aplicaciones, tales como redes de área personal (teléfonos móviles, ordenadores portátiles), entornos militares (soldados, tanques, aviones), entornos civiles (redes de taxis, salones de reuniones, estadios deportivos, barcos) u operaciones de emergencia (búsqueda y rescate, policía y bomberos).



2.2 Características Redes Manet

Las principales características de las redes Manet son las siguientes:

- Conexiones inalámbricas: los terminales usan las ondas electromagnéticas como canal de comunicación, no existen cables.
- Funcionamiento distribuido: en este caso, todos los nodos son iguales debido a que no existe un control de red.
- Terminales autónomos: cada terminal es autónomo ya que cumple funciones de emisor, receptor.
- Capacidad limitada del nodo: los nodos de este tipo de redes son dispositivos con capacidades limitadas de energía y capacidad de procesamiento limitado.
- Ancho de banda: El ancho de banda en las redes MANET es limitado ya que al comparar el ancho de banda de las redes de infraestructura, este es

mucho menor.

- Energía limitada: La batería de los nodos de las redes MANET es importante ya que lo que se busca es un correcto funcionamiento.
- Transmisión: Debido a que el canal de transmisión es compartido existe ruido, interferencias, etc., el enlace o ruta podría cambiar varias veces en una transmisión.
- Topología dinámica: debido a que los nodos son móviles, las redes MANET se adaptan fácilmente a los cambios, movimientos que existen. (Chalmeta, 2009)

2.3 Aplicaciones Redes Manet

Las redes Manet al no requerir infraestructura fija, las aplicaciones que tienen en el entorno son las siguientes:

- Entornos militares: las redes MANET establecen comunicación e información entre equipos, automóviles o puntos de control sin necesidad de levantar una infraestructura fija lo cual puede ser costoso y difícil de implementar.
- Casos de emergencia: en situaciones de desastre natural, las redes MANET son de gran ayuda en la comunicación debido a que la falta de infraestructura fija puede estar colapsada no permitiendo establecer contacto con vehículos, centros de emergencia siendo una solución rápida y eficaz para solventar estos inconvenientes.
- Redes de área personales: son redes formadas con dispositivos personales las cuales permiten establecer comunicación con celulares, tablets, portátiles, etc. de manera sencilla. Se puede crear redes MANET en ambientes de trabajo, en lugares de acceso masivo para compartir información.

2.4 Protocolos de enrutamiento para Manet

2.4.1 Protocolos proactivos

Los protocolos de encaminamiento proactivos buscan mantener las tablas de encaminamiento de los nodos actualizadas, de manera que cada nodo pueda enviar la información el otro nodo ya disponga de la información enviada. (Casedemont, 2010)

La actualización de los nodos provoca que estos protocolos generen una gran cantidad de paquetes de señalización (overhead) que afectan al ancho de banda, el throughput y el consumo de energía entre otras cosas.

Como principal ventaja es que las rutas están siempre disponibles para el destino que se requiere, una de las desventajas es la escalabilidad para funcionar adecuadamente cuando la red presenta movilidad o cuando hay un gran número de nodos en la red. (Perkins B. , 1994)

Los protocolos proactivos más importantes son los siguientes:

- Adaptive Distance Vector (ADV), 2000
- Cluster Gateway Switch Routing (CGSR), 1999
- Destination-Sequenced Distance Vector (DSDV), 1994
- Distance Routing Effect Algorithm for Mobility (DREAM), 1998
- Hierarchical State Routing (HSR), 2000
- Multimedia support in Mobile Wireless Networks (MMWN), 1998
- Optimised Link State Routing (OLSR), 2003
- Source-Tree Adaptive Routing (STAR), 1999
- Topology Dissemination Based on Reverse-Path Forwarding (TBRPF), 2004

- Wireless Routing Protocol (WRP), 1996

Los protocolos OLSR y TBRPF han sido presentados como RFC (Request for Coments) experimentales, mientras que del resto se han presentado como Draft por el IETF (Internet Engineering Task Force) los protocolos ADV, CGSR, HSR y STAR.

Los Internet-Drafts son documentos en borrador que son válidos por un periodo máximo de seis meses y que pueden ser actualizados, reemplazados o ser obsoletos por otros documentos en cualquier momento, en el caso de los RFC que constituyen un material monográfico o memorandos generados por ingenieros o expertos en la materia han hecho llegar al IETF.

2.4.2 Protocolos reactivos

Los protocolos reactivos buscan rutas entre un nodo origen y un destino, de manera que el nodo debe mandar un paquete el cual inicia el mecanismo que le permite averiguar qué ruta debe seguir este paquete para efectuar la transmisión.

Se puede destacar como ventaja que este protocolo no necesita demasiada señalización, en consecuencia se reduce el overhead y ayuda a optimizar el uso de las baterías a diferencia de los protocolos proactivos. Aunque, el tiempo de establecimiento de las rutas es mayor, ya que cuando se necesita la ruta se inicia el mecanismo de descubrimiento de ruta y hasta que éste no termina no se puede iniciar la transmisión.

Entre los protocolos reactivos importantes tenemos a los siguientes:

- Ad Hoc On Demand Distance Vector Routing (AODV), 2003
- Associativity-Based Routing (ABR), 1996
- Cluster-Based Routing Protocol (CBRP), 1999
- Dynamic MANET On demand (DYMO), 2005
- Dynamic Source Routing (DSR), 2004
- Location-Aided Routing (LAR), 1998
- Temporally Ordered Routing Algorithm (TORA), 2001

Los protocolos AODV y DSR han sido presentados como RFC (Request for Coments) experimentales, mientras que del resto se han presentado como Draft por el IETF (Internet Engineering Task Force) los protocolos ABR, CBRP, DYMO y TORA.

2.4.3 Protocolos híbridos

Este grupo de protocolos híbridos se entrelazan con las características de los protocolos reactivos y proactivos, agrupándose de forma colectiva o por zonas. Estas necesitan mostrarse en rutas hacia diferentes nodos de sus zonas, utilizando un encaminamiento proactivo y encontrando rutas en nodos lejanos a través del encaminamiento reactivo.

Como ejemplo de este protocolo tenemos los siguientes ejemplos:

- Scalable Location Update Routing Protocol (SLURP), 2004
- Zone-based Hierarchical Link State (ZHLS), 1999

2.5 Protocolos de enrutamiento aplicables en redes Ad-hoc

2.5.1 Protocolos de enrutamiento proactivos

Se caracterizan los protocolos de enrutamiento proactivos al ser utilizados en redes de pequeño tamaño y en redes con una alta densidad de tráfico, debido a la ventaja que representa el intercambio continuo de información topológica que realizan. (Venkat Mohan & Kasiviswanath, 2011)

Los protocolos de enrutamiento proactivos mantienen una tabla para cada nodo que representa toda la topología de la red que se actualiza periódicamente con el fin de mantener la información de enrutamiento. En este caso, cualquier nodo sabe cómo alcanzar a otro nodo en la red, la cual minimiza la ruta y retrasa el costo de intercambio de información, el cual consume el ancho de banda de la red. Estos protocolos se explican de mejor manera a continuación.

2.5.1.1 OSLR (Optimized Link State Routing)

OSLR está desarrollado para móviles, además de ser un protocolo de enrutamiento proactivo, el protocolo reduce el tamaño de los paquetes de control, ya que solamente indica un conjunto de estos denominados Multipoint Relay Selectors.

Se utiliza únicamente nodos seleccionados (Multipoint Relays, MPRs) para enviar los paquetes en la red. A los nodos MPR se los selecciona de entre los vecinos de un salto con los cuales deben tener un enlace bidireccional, por lo que todos los nodos que se encuentren a una distancia de dos saltos, puedan cambiar con el tiempo. Solo los MPRs de un nodo retransmiten los mensajes de difusión que este envía, reduciéndose significativamente el número de retransmisiones en un proceso de flooding o broadcast. El protocolo OLSR calcula sus rutas a todos los destinos conocidos a través de estos nodos MPR, por lo que mantiene las rutas para todos los destinos en la red, por lo que ya no existe el retardo asociado con la búsqueda de una nueva ruta, además de trabajar de forma completamente distribuida, no

requiere de confiabilidad para la transmisión de los mensajes de control, y tampoco requiere una entrega ordenada de sus mensajes. (Adjih, Laouiti, Minet, Muhlethaler, & Qayyum, 2004), (Jacquet, Muhlethaler, Clausen, Laouiti, & Qayyum, 2001)

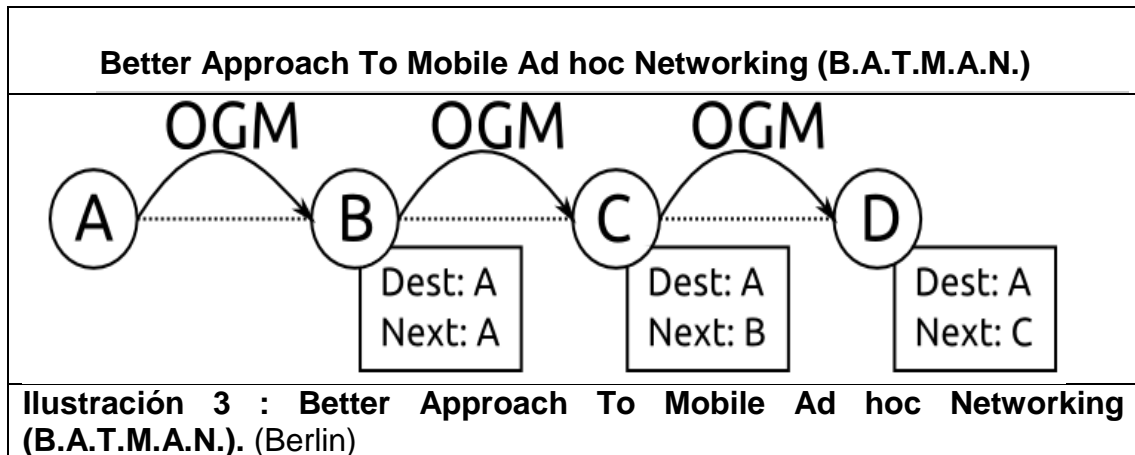
2.5.1.2 BATMAN (Better Approach to Mobile Ad hoc Networking)

BATMAN fue desarrollado como una alternativa a OLSR. Considerando que los algoritmos de encaminamiento tradicionales realmente no funcionan bien en las redes móviles ad- hoc, debido a las fluctuaciones de la calidad del enlace, los enlaces nuevos o perdidos frecuentes, etc. Muchos protocolos de enrutamiento no inmediatamente reaccionan a cambios en la topología que los hace ineficientes.

B.A.T.M.A.N proporciona un nuevo enfoque para el descubrimiento de rutas que pueden considerarse en algún lugar entre las ideas de AODV y OLSR. Todos los nodos transmiten periódicamente los denominados mensajes originarios (OGM) que contienen la dirección del nodo, un número de secuencia y un TTL. La dirección de origen y secuencia de números hace que el paquete de identificación y permite la detección de duplicados. Cuando un nodo recibe un OGM(Originator Message), actualiza su tabla de enrutamiento que contiene principalmente la siguiente información:

- Originator address: es la dirección de origen del remitente del OGM.
- Current sequence number: es el número de secuencia de la última OGM ; utilizado para detectar duplicados e información desactualizada.
- Sliding windows: una lista de ventanas deslizantes de números de secuencia se almacena para cada autor y cada salto anterior.

El receptor del OGM disminuirá el TTL y lo transmitirá a sus vecinos. Cuando el mismo OGM llega por diferentes caminos en un nodo, todas menos la primera copia será dada de baja. Los enlaces bidireccionales son detectados por la transmisión de los nodos OGM hacia sus vecinos.



Las ventanas deslizantes se utilizan para determinar el mejor salto siguiente para cada destino. Se evalúa el número de entradas en las ventanas y se selecciona el vecino de la que la mayoría de los OGM que llegaron desde el destino. (Berlin)

2.6 Tecnologías de soporte para la información de Manets

2.6.1 Bluetooth (IEEE 802.15.1)

Bluetooth es una tecnología diseñada para poder establecer comunicaciones entre dispositivos móviles como netbooks, tablets, teléfonos celulares y PDAs (Personal Digital Assistants) con el fin de que puedan intercambiar información entre sí a través de enlaces de corto alcance (10 a 100mts).

Bluetooth fue esquematizada para eliminar el uso de cables entre dispositivos, y luego se comenzó a utilizar para la creación de redes personales.

El estándar IEEE 802.15.1 presenta una WPAN (Wireless Personal Area Networks) que utiliza tecnología inalámbrica Bluetooth, y soporta dos tipos de topologías: piconet y scatternet.

- Piconet consiste en una WPAN (Personal Area Network) formada por un dispositivo Bluetooth que actúa como maestro comunicado con hasta 7 dispositivos Bluetooth que actúan como esclavos, cualquier dispositivo puede ser maestro pero teniendo en cuenta que solo debe existir uno por piconet.
- Scatternet se forma a partir de la superposición de varias piconet, un dispositivo puede ser esclavo de una piconet a la vez que es maestro de otra, o puede ser esclavo de varias piconet. (S. H. Rocabado Moreno)

2.6.2 Ultra-wideband (UWB, IEEE 802.15.3)

Ultra-Wideband se define como una transmisión de radio que ocupa un ancho de banda mayor al 25% de la frecuencia central o más de 1.5Ghz. Esta definición sirve para diferenciar UWB de sistemas tradicionales de banda estrecha, así como de los sistemas celulares de banda ancha, también conocidos como sistemas celulares de tercera generación (3G). Existen dos diferencias fundamentales entre UWB y los mencionados sistemas de banda-estrecha y banda ancha. (Diaz, 2003)

- Los sistemas UWB utilizan un ancho de banda mucho mayor del que utiliza cualquier tecnología radio celular actual.

- UWB transmite pulsos en lugar de señales sinusoidales.

La tecnología UWB utiliza las conexiones WUSB (Wireless Universal Serial Bus) de gran velocidad (escáners, impresoras, celulares, reproductores de música digital, entre otros).

Los dispositivos UWB son utilizados para medir distancias con gran precisión, capturando imágenes de alta resolución de objetos enterrados u ocultos, su costo es menor y su complejidad en su sistema facilitaría el mejor manejo. En la transmisión de pulsos cortos hace que dicha tecnología sea la más aceptable para la aplicación de tipo radar en diferentes zonas. Esto facilitando la forma de uso en el mercado corporativo, militar y de servicios tales como: sanidad, seguridad y construcción.

Esta tecnología es útil para el mejoramiento de los decodificadores de TV por cable y satélite. Además, permite repotenciar la capacidad del acceso a internet de banda ancha, distribuyendo la señal de video y audio con decodificación en los diferentes aparatos electrónicos del hogar. El desarrollo del denominado USB (Universal Serial Bus) utiliza en la actualidad esta tecnología.

2.6.3 ZigBee (IEEE 802.15.4)

ZigBee es un conjunto de protocolos de comunicación que se utiliza para la radiodifusión digital de datos buscando ahorrar lo máximo posible en energía. Es una tecnología basada en el estándar de la IEEE, el IEEE 802.15.4. Es un sistema diseñado para redes domóticas.

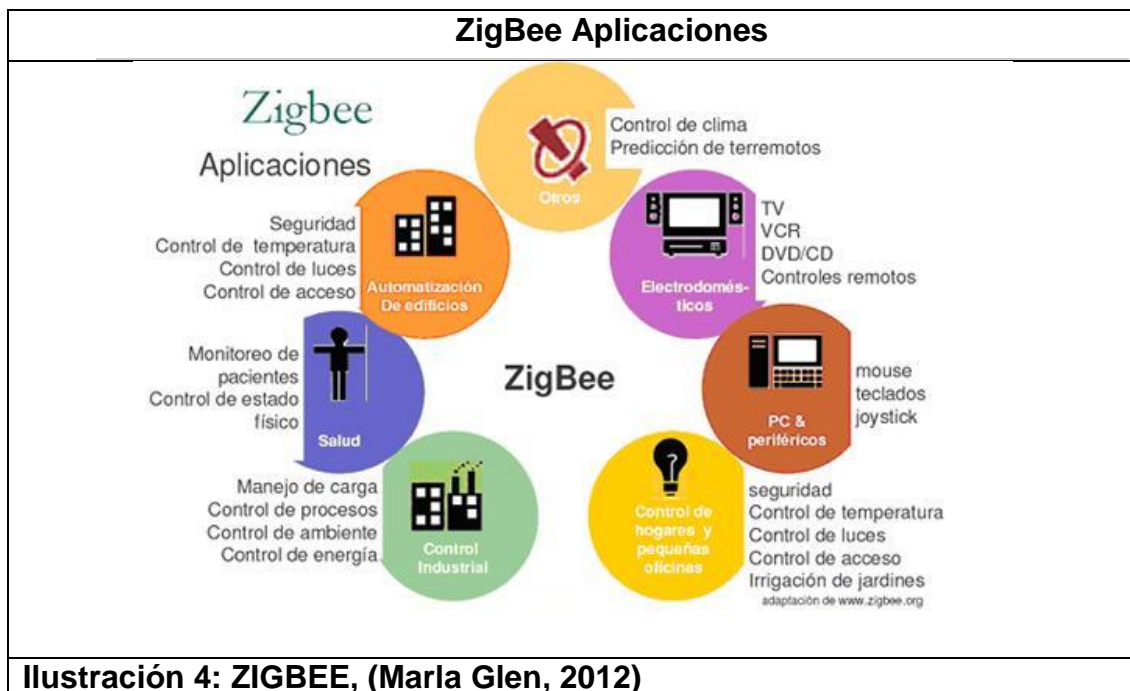
La tecnología de comunicación inalámbrica ZigBee utiliza la banda ISM y por lo general, adopta la banda 2.4GHz para comunicarse con el resto de

Diseño del Modelo MANETs –Learn Para M-learning En Redes AD HOC Para Estudiantes De Bajos Recursos De La UNIDAD EDUCATIVA MITAD DEL MUNDO

dispositivos ya que esta se adopta en todo el mundo.

Su funcionamiento es a través de 16 canales situados en el rango de frecuencias de 2.4GHz y con un ancho de banda para cada uno de 5MHz. El protocolo CSMA/CA se utiliza para evitar colisiones durante la transmisión.

Esta tecnología es relacionada por su bajo coste y bajo consumo energético. Los protocolos que se usan para la comunicación entre nodos hacen que se puedan entender cada miembro de la red. (Marla Glen, 2012)



2.6.4 WiFi (IEEE 802.11)

IEEE 802.11 es llamado de varias maneras: Wi-Fi, Wireless-Fidelity, WLAN, Wireless LAN y IEEE 802.11x.

Wi-Fi (abreviatura de “Wireless Fidelity”) , es una marca comercial que se la usa como reemplazo para IEEE 802.11, la cual se utiliza para los productos que usan tecnología 802.11 el cual funciona en una banda de frecuencias de 2,4 GHz y permite la transmisión de datos a una velocidad de hasta 11Mbps .

Es necesario destacar que el término Wi-Fi se extendió a todos los aparatos provistos con tecnología para evitar confusión a la hora de usarlos, es así que existen varios protocolos 802.11: 802.11a, 802.11b, 802.11g con el fin de usar los adaptadores inalámbricos que mejor velocidad permita. En realidad la idea es evitar la frecuencia 2,4 GHz que es muy usada por dispositivos electrónicos tales como hornos microonda, equipos inalámbricos, cámaras wireless, entre otros.

CAPÍTULO III

3.1 Tutorial NS3

Ns3 es un simulador de redes, que está escrito en C++ con OTCL como front-end, siendo el simulador de redes open source más usado en investigación ya que se puede utilizar en varias plataformas Windows, Linux, Solaris.

- NS3 es un simulador de eventos discreto dirigido a la investigación de redes cableadas como no cableadas locales o vía satélite, y con topologías complejas con varios generadores de tráfico. Es por eso que NS3 proporciona soporte para la simulación de protocolos de las capas a continuación:
 - Wireless, satellite, cable
 - TCP, UDP, RTP, SRM
 - Web, telnet, ftp,
 - Ad hoc routing, sensor de redes

NS3 Estructura del Software

- Uso de 2 lenguajes
- C++ para procesar paquetes, Python
- Fácil de compilar, detallar, control

NS3, el simulador de red

- Un simulador de protocolos de red.
- Packets, links, colas, protocolos
- Visualizador (NetAnim)
- Trace playback

- Error models

Qué se puede hacer con NS3

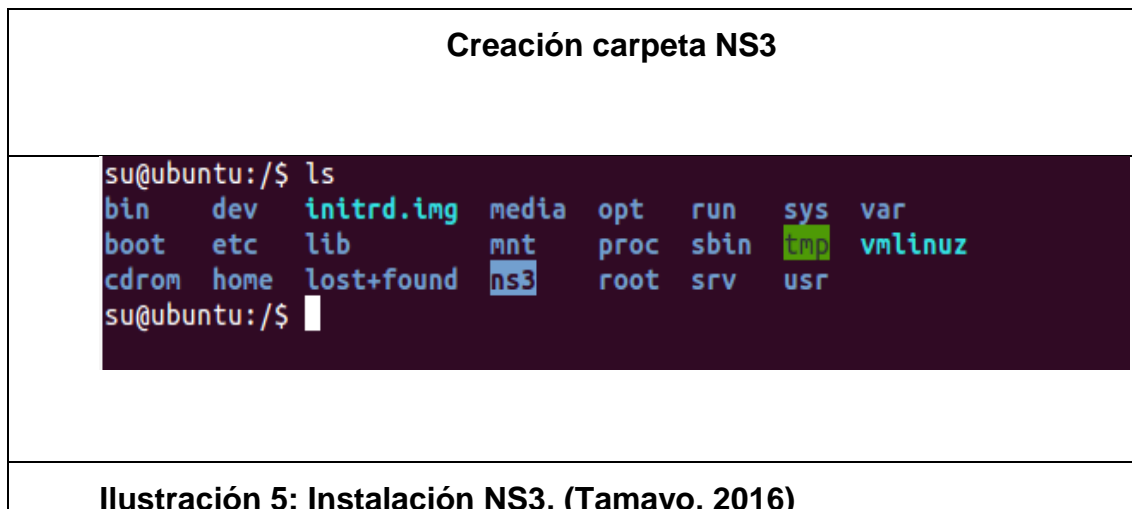
- Crear o Modificar Nuevos Protocolos
- Mediciones. Throughput, Jitter, Estado de filas
- Caracterización de Tráfico
- Visualización gráfica de las simulaciones

3.2 Tutorial de simulación de la red “NS3”

La instalación se realiza en el sistema operativo UBUNTU 14.04 LTS.

3.2.1 Instalación

Se crea una carpeta ns3 en la raíz ya que en la misma vamos a realizar la instalación.



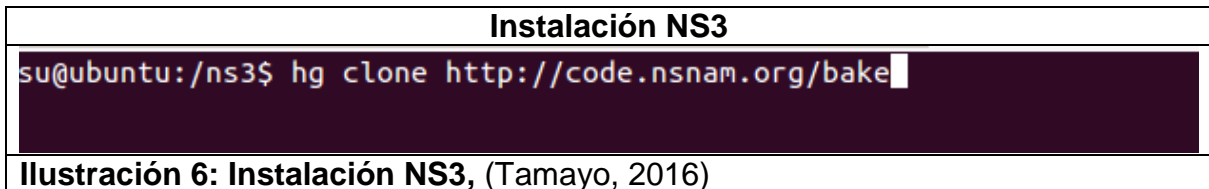
Instalamos en la raíz:

Diseño del Modelo MANETs –Learn Para M-learning En Redes AD HOC Para Estudiantes De Bajos Recursos De La UNIDAD EDUCATIVA MITAD DEL MUNDO

- `sudo apt-get install mercurial`

Ingresamos el siguiente código luego de crear la carpeta:

- `hg clone http://code.nsnam.org/bake`



Terminada la instalación del comando anterior, se ejecuta las siguientes líneas:

- `export BAKE_HOME='pwd'/bake`
- `export PATH=$PATH:$BAKE_HOME`
- `export PYTHONPATH=$PYTHONPHAT:$BAKE_HOME`
- `cd bake/`
- `./bake.py configure -e ns-3.20`
- `./bake.py check`

Con el comando `./bake.py check` sale en la pantalla posibles errores que son solucionados una vez hayamos instalado los mismos.



Diseño del Modelo MANETs –Learn Para M-learning En Redes AD HOC Para Estudiantes De Bajos Recursos De La UNIDAD EDUCATIVA MITAD DEL MUNDO

Cuando se haya instalado todas las aplicaciones que se encuentran como “is missing “ se ejecuta el comando nuevamente para validar que estén instaladas.

```

Instalación NS3
su@ubuntu:/ns3/bake$ ./bake.py check
> Python - OK
> GNU C++ compiler - OK
> Mercurial - OK
> CVS - OK
> GIT - OK
> Bazaar - OK
> Tar tool - OK
> Unzip tool - OK
> Unrar tool - OK
> 7z data compression utility - OK
> XZ data compression utility - OK
> Make - OK
> cMake - OK
> patch tool - OK
> autoreconf tool - OK

> Path searched for tools: /usr/local/sbin /usr/local/bin /usr/sbin /usr/bin /s
bin /bin /usr/games /usr/local/games bin

```

Ilustración 8: Instalación NS3, (Tamayo, 2016)

Se procede a ejecutar las siguientes líneas de comando:

```
./bake.py download
```

```
./bake.py show
```

Se va a visualizar problemas de dependencia.



Ilustración 9: Instalación NS3, (Tamayo, 2016)

Las dependencias que indiquen problema deben ser instaladas. Finalmente ejecutamos `./bake.py show` para validar que se encuentre instalado correctamente.



Ilustración 10: Instalación NS3, (Tamayo, 2016)

3.3 Ejemplos NS3

El programa NS3 ofrece varias alternativas para aprender, desarrollar e impulsar la investigación. A continuación se indican algunos ejemplos en los que se puede visualizar el comportamiento de estos ejemplos con el lenguaje python para la simulación:

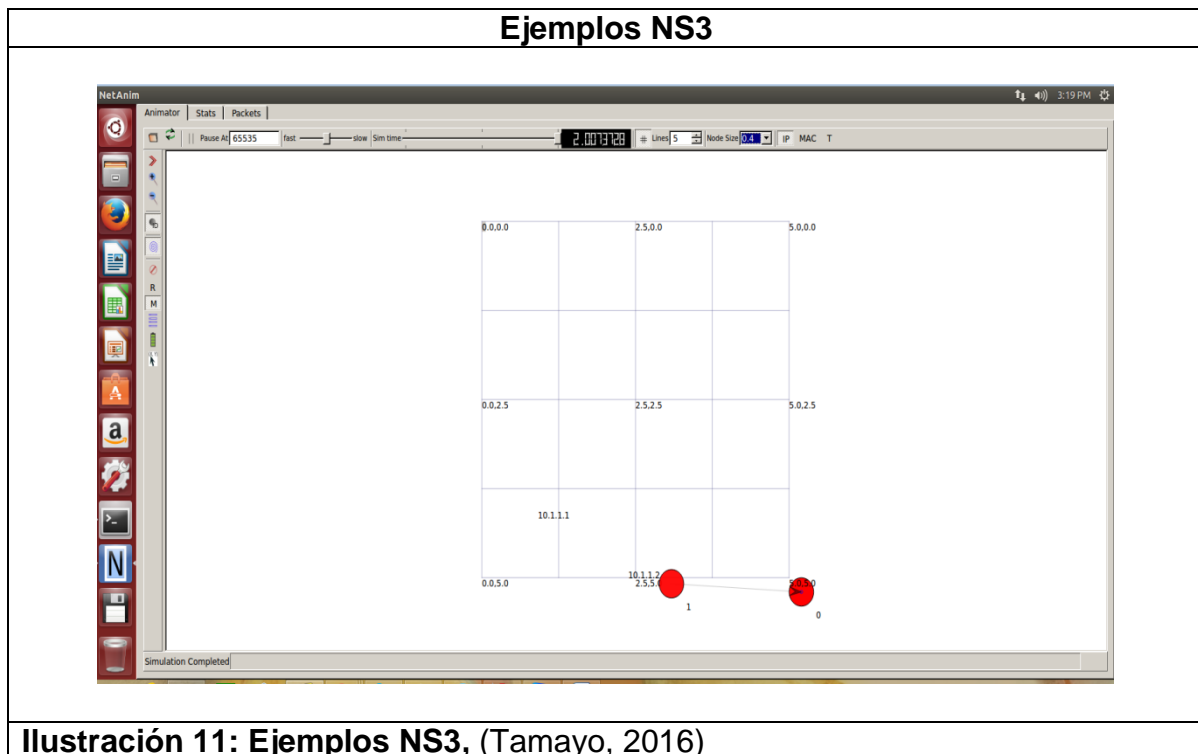


Ilustración 11: Ejemplos NS3, (Tamayo, 2016)

Diseño del Modelo MANETs –Learn Para M-learning En Redes AD HOC Para Estudiantes De Bajos Recursos De La UNIDAD EDUCATIVA MITAD DEL MUNDO

Ejemplos NS3

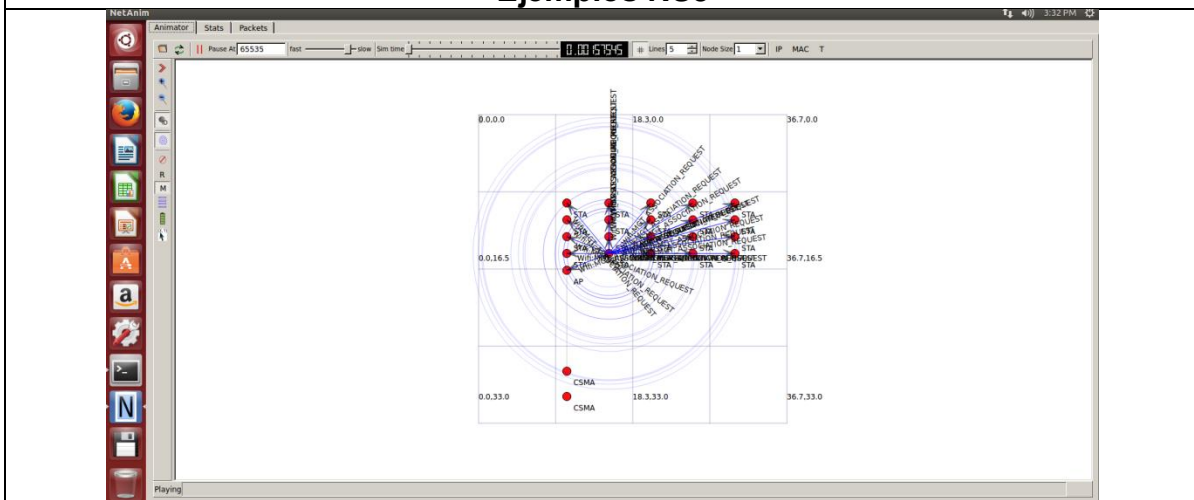


Ilustración 12: Ejemplos NS3, (Tamayo, 2016)

Ejemplo 3

```
root@ubuntu: /ns3/bake/source/ns-3.20
root@ubuntu: /ns3/bake/source/ns-3.20 x root@ubuntu: /ns3/bake/source/ns-3.20/scratch x su@ubuntu: /ns3/bake x
access grant start=+6362079258.0ns, rx access start=+6255558220.0ns, busy access start=+6362079258.0ns, tx access start=+6064556871.0ns, nav access start=+6255558220.0ns
DcfManager:MostRecent(0x8853bb8, +6334745095.0ns, +6362139258.0ns)
+6384555238.0ns 0x8853bb8 dcf 3 dec backoff slots=0
+6384555238.0ns 0x88547c8 update slots=0 slots, backoff=0
DcfManager:GetBackoffStartFor(0x8853bb8, 0x8854b30)
DcfManager:GetAccessGrantStart(0x8853bb8)
DcfManager:MostRecent(0x8853bb8, +6255558220.0ns, +6362079258.0ns, +6064556871.0ns, +6255558220.0ns, +10000.0ns, +10000.0ns, +10000.0ns)
access grant start=+6362079258.0ns, rx access start=+6255558220.0ns, busy access start=+6362079258.0ns, tx access start=+6064556871.0ns, nav access start=+6255558220.0ns
DcfManager:MostRecent(0x8853bb8, +6334825095.0ns, +6362219258.0ns)
+6384555238.0ns 0x8853bb8 dcf 4 dec backoff slots=0
+6384555238.0ns 0x8854b30 update slots=0 slots, backoff=0
YansWifiPhy:StartReceivePacket(0x884dbd8, 0x88a2598, -89.6633, DsssRate1Mbps, 0)
WifiPhy:GetPayloadDurationMicroSeconds(108, DsssRate1Mbps)
size=108 mode=DsssRate1Mbps rate=1000000
drop packet because signal power too Small (1.08061e-13<2.51189e-13)
YansWifiPhy:StartReceivePacket(0x885c0e0, 0x88a4d48, -89.6633, DsssRate1Mbps, 0)
WifiPhy:GetPayloadDurationMicroSeconds(108, DsssRate1Mbps)
size=108 mode=DsssRate1Mbps rate=1000000
drop packet because signal power too Small (1.08061e-13<2.51189e-13)
YansWifiPhy:StartReceivePacket(0x8844cb0, 0x88a3780, -90.6324, DsssRate1Mbps, 0)
WifiPhy:GetPayloadDurationMicroSeconds(108, DsssRate1Mbps)
s
```

Ilustración 13: Ejemplos NS3, (Tamayo, 2016)

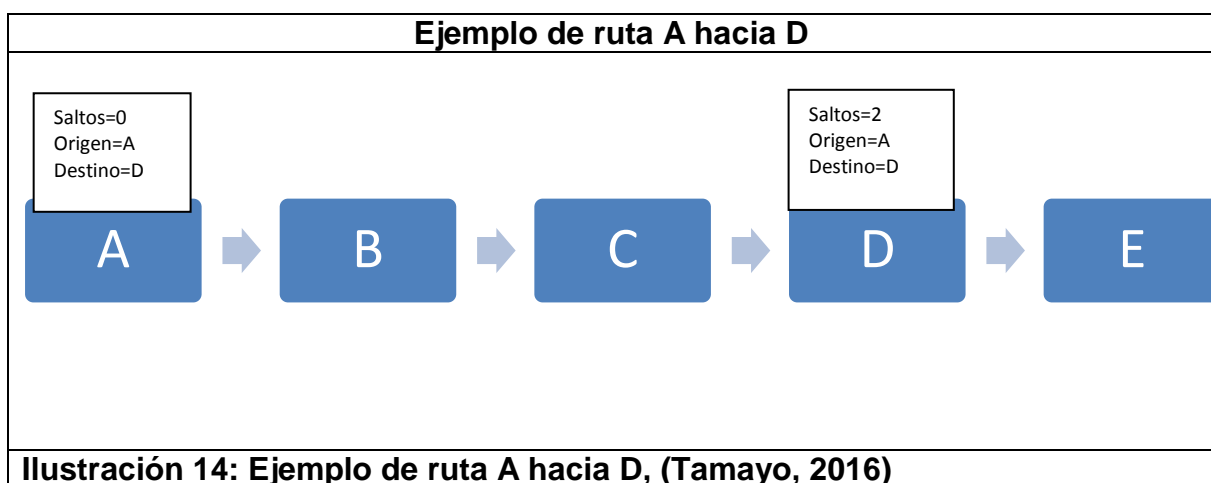
CAPÍTULO IV

4.1 Modelo de simulación y guía del uso de la interfaz

Para la simulación de nuestra red Manet se ha escogido el protocolo AODV AD-HOC el cual cumple con las características de simular una red inalámbrica además de que debemos disponer de más de un punto de acceso a Internet lo cual nos ayuda a disminuir problemas de interferencia y permite que el ancho de banda se encuentre disponible para los usuarios.

PROTOCOLO AODV (Ad-Hoc On Demand Distance Vector)

El protocolo Ad hoc On Demand Distance Vector (AODV) es un protocolo de encaminamiento IP que permite encontrar y mantener rutas hacia otras estaciones de la red. AODV es un protocolo reactivo, en el sentido de que las rutas se establecen sólo cuando se necesitan (cuando la estación origen quiere transmitir datos a un destino). Las decisiones de encaminamiento se hacen usando vectores distancia, por ej. distancias medidas en saltos a todos los routers disponibles. El protocolo soporta unicast y broadcast. La version que vamos a describe a continuación se basa en el RFC 3561 Internet draft standard . (Perkins, 2003)



Las peticiones son enviadas usando un paquete especial denominado Route

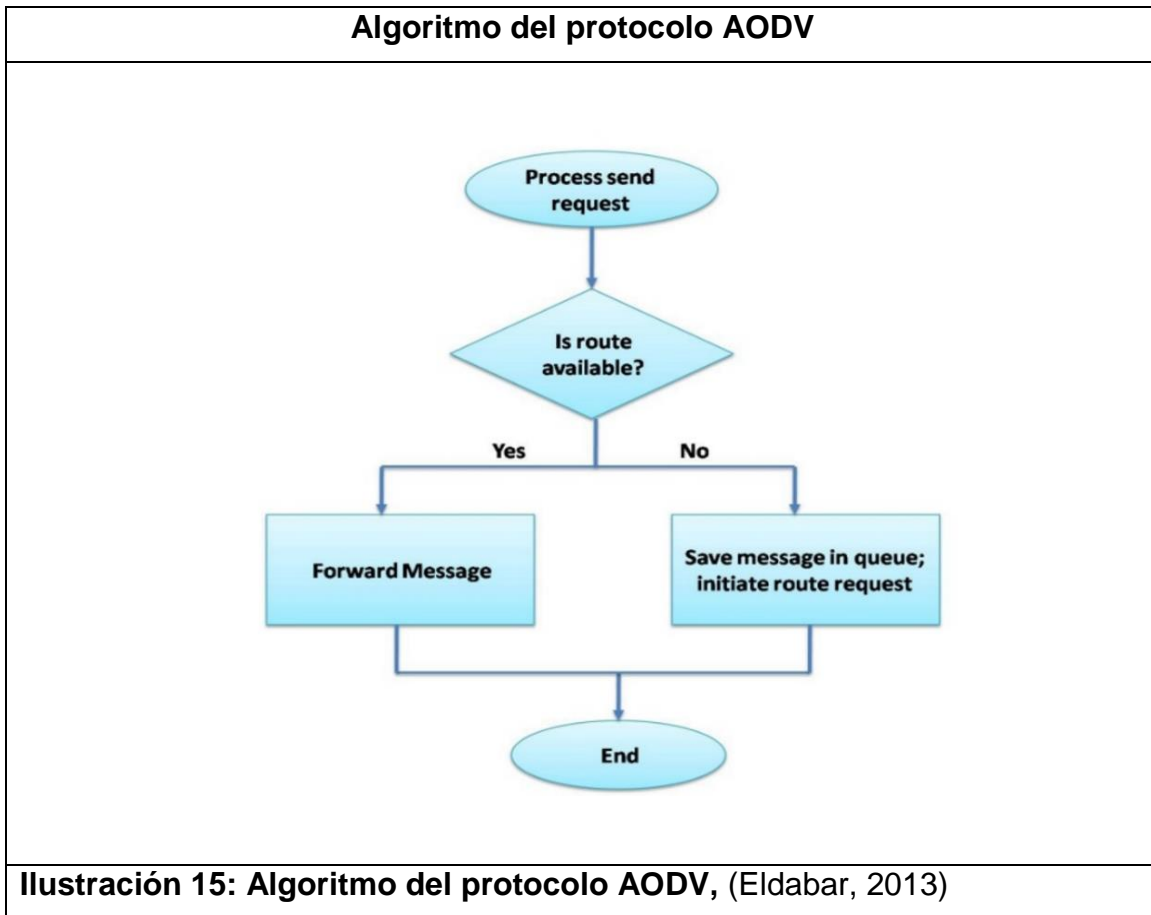
Diseño del Modelo MANETs –Learn Para M-learning En Redes AD HOC Para Estudiantes De Bajos Recursos De La UNIDAD EDUCATIVA MITAD DEL MUNDO

Request (RREQ). Además que cada estación guarda el identificador de broadcast, que junto con la dirección IP del origen idéntica al RREQ, las respuestas son enviadas en un paquete denominado (RREP), por lo que se sigue la siguiente secuencia para descubrir una ruta:

- Un nodo al relacionarse con una ruta hacia un nodo destino, envía por broadcast un RREQ.
- Un nodo que frecuenta una ruta hacia el destino solicitado (incluido el propio destino) puede contestar enviando un RREP.
- La información viaja de vuelta hasta el nodo que originó el RREQ y sirve para actualizar las rutas de los nodos que lo necesiten.
- La información recibida por el nodo destino del RREP se almacena en su tabla de enrutamiento.

Ahora, el nodo ya podría enrutar su paquete de datos, pues ya conoce un camino hacia su destino.

La ruta se considera válida entre dos nodos durante un periodo de tiempo debido a que los nodos son móviles y una ruta que antes era óptima, puede que ni siquiera sea funcional luego de un periodo de tiempo debido a que el nodo puede tener impedimentos o pérdida de las ondas.



“Al ser este el caso, AODV utiliza el mantenimiento de rutas ya que si el nodo origen se mueve debe reiniciar o encontrar una ruta hacia el destino. En caso de que un nodo destino de los datos se haya movido o algún nodo intermedio, y hay algún mensaje dirigido hacia él, un mensaje especial de error en ruta (RERR) será enviado al nodo que originó el envío, para que el nodo advierta el cambio en la topología de la red. Es importante resaltar que no todos los cambios de los nodos ocasionan operaciones en el protocolo, recordemos que AODV enruta bajo demanda. Todos los nodos por los que atravesase este paquete (RERR), cancelarán las rutas que pasaran por el nodo que se ha vuelto inaccesible. En el momento que el RERR llegue a su destino, éste puede decidir dar por terminado el envío o iniciar un nuevo RREQ si aún necesitase establecer la comunicación. Es preciso mantener información actualizada de quiénes son los vecinos de cada

nodo cada cierto tiempo. Cada vez que un nodo recibe un paquete de algún vecino, la entrada para ese vecino en la tabla de rutas se renueva, pues se sabe con seguridad que sigue en su lugar. Si no hubiera entrada todavía para el vecino, se crearía una nueva en la tabla de enrutamiento. Además, cada cierto intervalo de tiempo, se mandan paquetes HELLO a los vecinos para informarles que el propio nodo sigue activo. Esta información es usada por los vecinos para actualizar los temporizadores asociados a dicho nodo o en su defecto, para deshabilitar las entradas que se encaminen por el nodo que no responde.”, (Triviño).

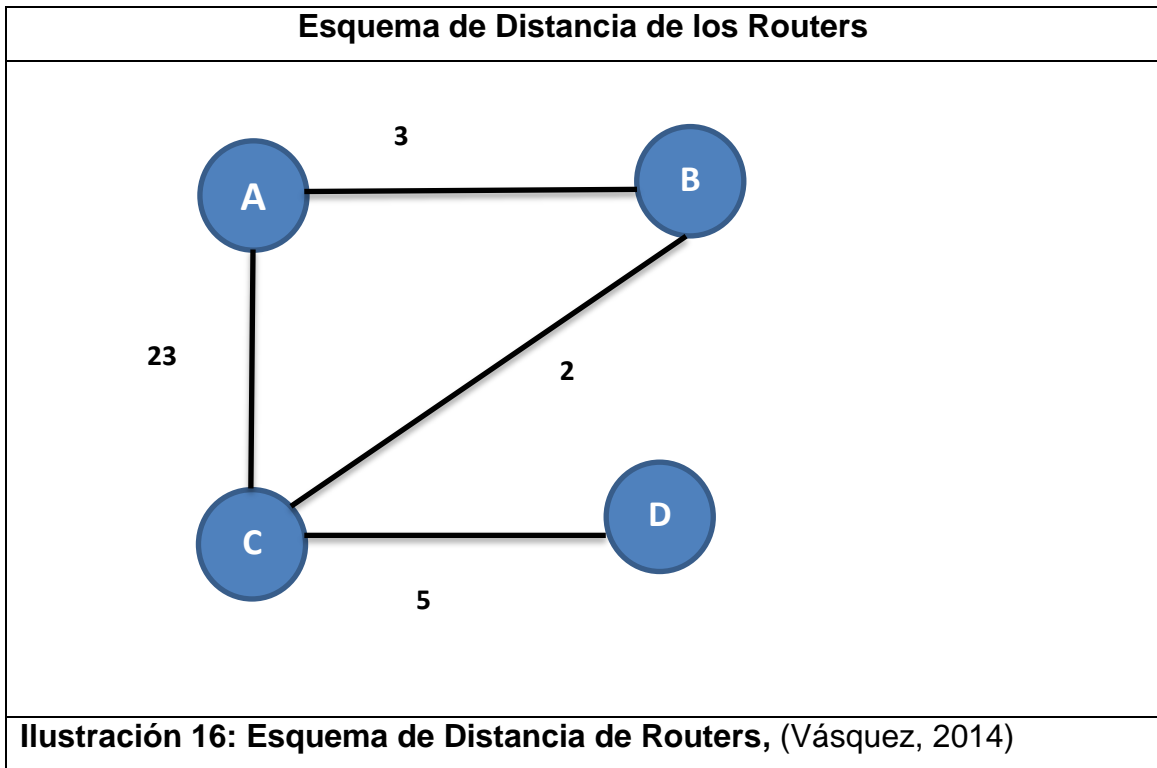
PROTOCOLO DSDV (Destination Sequence Distance Vector)

DSDV es un protocolo de tipo proactivo propuesto en 1994, en donde cada nodo que pertenece a la red tiene una tabla de enrutamiento que indica cada destino y cuantos saltos se debe dar.

En este protocolo indica que la ruta tiene una secuencia la cual es etiquetada y a la vez indica si el camino es válido o no.

En caso de que existan dos caminos con la misma secuencia, el camino elegido es el que dispone de menor costo (menor número de saltos hasta llegar a su ruta).

DSDV proporciona una ruta para cada destino y elige la ruta más corta de acuerdo al número de saltos que se dirigen hacia el destino final. El protocolo utiliza dos tipos de mensajes de actualización, full-dump e incremental. En el caso de los mensajes incrementales son destinados a las actualizaciones intermedias entre envíos periódicos (fulldump) de la tabla de encaminamiento. Se debe considerar las valoraciones de los tiempos de establecimientos de ruta que demoran el envío de mensajes incrementales para evitar envíos en la serie de estos mensajes.



En base al esquema de la ilustración anterior, se puede obtener las siguientes tablas para el análisis de la ruta “más corta” marcada con el color verde y un camino “más corto” con el color amarillo.

Tabla de valores de costo de los Routers

T = 0	<table border="1"> <tr><th>desd e A</th><th>ví a A</th><th>ví a B</th><th>ví a C</th><th>ví a D</th></tr> <tr><td>a A</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>a B</td><td></td><td>3</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>a C</td><td></td><td></td><td>23</td><td></td></tr> <tr><td>a D</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </table>	desd e A	ví a A	ví a B	ví a C	ví a D	a A					a B		3			a C			23		a D					<table border="1"> <tr><th>desd e B</th><th>ví a A</th><th>ví a B</th><th>ví a C</th><th>ví a D</th></tr> <tr><td>a A</td><td>3</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>a B</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>a C</td><td></td><td></td><td>2</td><td></td></tr> <tr><td>a D</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </table>	desd e B	ví a A	ví a B	ví a C	ví a D	a A	3				a B					a C			2		a D					<table border="1"> <tr><th>desd e C</th><th>ví a A</th><th>ví a B</th><th>ví a C</th><th>ví a D</th></tr> <tr><td>a A</td><td>23</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>a B</td><td></td><td>2</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>a C</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>a D</td><td></td><td></td><td></td><td>5</td></tr> </table>	desd e C	ví a A	ví a B	ví a C	ví a D	a A	23				a B		2			a C					a D				5	<table border="1"> <tr><th>desd e D</th><th>ví a A</th><th>ví a B</th><th>ví a C</th><th>ví a D</th></tr> <tr><td>a A</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>a B</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>a C</td><td></td><td></td><td>5</td><td></td></tr> <tr><td>a D</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </table>	desd e D	ví a A	ví a B	ví a C	ví a D	a A					a B					a C			5		a D				
	desd e A	ví a A	ví a B	ví a C	ví a D																																																																																																			
	a A																																																																																																							
	a B		3																																																																																																					
a C			23																																																																																																					
a D																																																																																																								
desd e B	ví a A	ví a B	ví a C	ví a D																																																																																																				
a A	3																																																																																																							
a B																																																																																																								
a C			2																																																																																																					
a D																																																																																																								
desd e C	ví a A	ví a B	ví a C	ví a D																																																																																																				
a A	23																																																																																																							
a B		2																																																																																																						
a C																																																																																																								
a D				5																																																																																																				
desd e D	ví a A	ví a B	ví a C	ví a D																																																																																																				
a A																																																																																																								
a B																																																																																																								
a C			5																																																																																																					
a D																																																																																																								
T = 1	<table border="1"> <tr><th>desd e A</th><th>ví a A</th><th>ví a B</th><th>ví a C</th><th>ví a D</th></tr> <tr><td>a A</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>a B</td><td></td><td>3</td><td>25</td><td></td></tr> <tr><td>a C</td><td></td><td>5</td><td>23</td><td></td></tr> <tr><td>a D</td><td></td><td></td><td>28</td><td></td></tr> </table>	desd e A	ví a A	ví a B	ví a C	ví a D	a A					a B		3	25		a C		5	23		a D			28		<table border="1"> <tr><th>desd e B</th><th>ví a A</th><th>ví a B</th><th>ví a C</th><th>ví a D</th></tr> <tr><td>a A</td><td>3</td><td></td><td>25</td><td></td></tr> <tr><td>a B</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>a C</td><td>26</td><td></td><td>2</td><td></td></tr> <tr><td>a D</td><td></td><td></td><td>7</td><td></td></tr> </table>	desd e B	ví a A	ví a B	ví a C	ví a D	a A	3		25		a B					a C	26		2		a D			7		<table border="1"> <tr><th>desd e C</th><th>ví a A</th><th>ví a B</th><th>ví a C</th><th>ví a D</th></tr> <tr><td>a A</td><td>23</td><td>5</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>a B</td><td>26</td><td>2</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>a C</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>a D</td><td></td><td></td><td></td><td>5</td></tr> </table>	desd e C	ví a A	ví a B	ví a C	ví a D	a A	23	5			a B	26	2			a C					a D				5	<table border="1"> <tr><th>desd e D</th><th>ví a A</th><th>ví a B</th><th>ví a C</th><th>ví a D</th></tr> <tr><td>a A</td><td></td><td></td><td>28</td><td></td></tr> <tr><td>a B</td><td></td><td></td><td>7</td><td></td></tr> <tr><td>a C</td><td></td><td></td><td>5</td><td></td></tr> <tr><td>a D</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </table>	desd e D	ví a A	ví a B	ví a C	ví a D	a A			28		a B			7		a C			5		a D				
	desd e A	ví a A	ví a B	ví a C	ví a D																																																																																																			
	a A																																																																																																							
	a B		3	25																																																																																																				
a C		5	23																																																																																																					
a D			28																																																																																																					
desd e B	ví a A	ví a B	ví a C	ví a D																																																																																																				
a A	3		25																																																																																																					
a B																																																																																																								
a C	26		2																																																																																																					
a D			7																																																																																																					
desd e C	ví a A	ví a B	ví a C	ví a D																																																																																																				
a A	23	5																																																																																																						
a B	26	2																																																																																																						
a C																																																																																																								
a D				5																																																																																																				
desd e D	ví a A	ví a B	ví a C	ví a D																																																																																																				
a A			28																																																																																																					
a B			7																																																																																																					
a C			5																																																																																																					
a D																																																																																																								
T = 2	<table border="1"> <tr><th>desd e A</th><th>ví a A</th><th>ví a B</th><th>ví a C</th><th>ví a D</th></tr> <tr><td>a A</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>a B</td><td></td><td>3</td><td>25</td><td></td></tr> <tr><td>a C</td><td></td><td>5</td><td>23</td><td></td></tr> <tr><td>a D</td><td></td><td>10</td><td>28</td><td></td></tr> </table>	desd e A	ví a A	ví a B	ví a C	ví a D	a A					a B		3	25		a C		5	23		a D		10	28		<table border="1"> <tr><th>desd e B</th><th>ví a A</th><th>ví a B</th><th>ví a C</th><th>ví a D</th></tr> <tr><td>a A</td><td>3</td><td></td><td>25</td><td></td></tr> <tr><td>a B</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>a C</td><td>26</td><td></td><td>2</td><td></td></tr> <tr><td>a D</td><td>31</td><td></td><td>7</td><td></td></tr> </table>	desd e B	ví a A	ví a B	ví a C	ví a D	a A	3		25		a B					a C	26		2		a D	31		7		<table border="1"> <tr><th>desd e C</th><th>ví a A</th><th>ví a B</th><th>ví a C</th><th>ví a D</th></tr> <tr><td>a A</td><td>23</td><td>5</td><td></td><td>33</td></tr> <tr><td>a B</td><td>26</td><td>2</td><td></td><td>12</td></tr> <tr><td>a C</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>a D</td><td>33</td><td>9</td><td></td><td>5</td></tr> </table>	desd e C	ví a A	ví a B	ví a C	ví a D	a A	23	5		33	a B	26	2		12	a C					a D	33	9		5	<table border="1"> <tr><th>desd e D</th><th>ví a A</th><th>ví a B</th><th>ví a C</th><th>ví a D</th></tr> <tr><td>a A</td><td></td><td></td><td>10</td><td></td></tr> <tr><td>a B</td><td></td><td></td><td>7</td><td></td></tr> <tr><td>a C</td><td></td><td></td><td>5</td><td></td></tr> <tr><td>a D</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </table>	desd e D	ví a A	ví a B	ví a C	ví a D	a A			10		a B			7		a C			5		a D				
	desd e A	ví a A	ví a B	ví a C	ví a D																																																																																																			
	a A																																																																																																							
	a B		3	25																																																																																																				
a C		5	23																																																																																																					
a D		10	28																																																																																																					
desd e B	ví a A	ví a B	ví a C	ví a D																																																																																																				
a A	3		25																																																																																																					
a B																																																																																																								
a C	26		2																																																																																																					
a D	31		7																																																																																																					
desd e C	ví a A	ví a B	ví a C	ví a D																																																																																																				
a A	23	5		33																																																																																																				
a B	26	2		12																																																																																																				
a C																																																																																																								
a D	33	9		5																																																																																																				
desd e D	ví a A	ví a B	ví a C	ví a D																																																																																																				
a A			10																																																																																																					
a B			7																																																																																																					
a C			5																																																																																																					
a D																																																																																																								
T = 3	<table border="1"> <tr><th>desd e A</th><th>ví a A</th><th>ví a B</th><th>ví a C</th><th>ví a D</th></tr> <tr><td>a A</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>a B</td><td></td><td>3</td><td>25</td><td></td></tr> <tr><td>a C</td><td></td><td>5</td><td>23</td><td></td></tr> <tr><td>a D</td><td></td><td>10</td><td>28</td><td></td></tr> </table>	desd e A	ví a A	ví a B	ví a C	ví a D	a A					a B		3	25		a C		5	23		a D		10	28		<table border="1"> <tr><th>desd e B</th><th>ví a A</th><th>ví a B</th><th>ví a C</th><th>ví a D</th></tr> <tr><td>a A</td><td>3</td><td></td><td>7</td><td></td></tr> <tr><td>a B</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>a C</td><td>8</td><td></td><td>2</td><td></td></tr> <tr><td>a D</td><td>31</td><td></td><td>7</td><td></td></tr> </table>	desd e B	ví a A	ví a B	ví a C	ví a D	a A	3		7		a B					a C	8		2		a D	31		7		<table border="1"> <tr><th>desd e C</th><th>ví a A</th><th>ví a B</th><th>ví a C</th><th>ví a D</th></tr> <tr><td>a A</td><td>23</td><td>5</td><td></td><td>15</td></tr> <tr><td>a B</td><td>26</td><td>2</td><td></td><td>12</td></tr> <tr><td>a C</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>a D</td><td>33</td><td>9</td><td></td><td>5</td></tr> </table>	desd e C	ví a A	ví a B	ví a C	ví a D	a A	23	5		15	a B	26	2		12	a C					a D	33	9		5	<table border="1"> <tr><th>desd e D</th><th>ví a A</th><th>ví a B</th><th>ví a C</th><th>ví a D</th></tr> <tr><td>a A</td><td></td><td></td><td>10</td><td></td></tr> <tr><td>a B</td><td></td><td></td><td>7</td><td></td></tr> <tr><td>a C</td><td></td><td></td><td>5</td><td></td></tr> <tr><td>a D</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </table>	desd e D	ví a A	ví a B	ví a C	ví a D	a A			10		a B			7		a C			5		a D				
	desd e A	ví a A	ví a B	ví a C	ví a D																																																																																																			
	a A																																																																																																							
	a B		3	25																																																																																																				
a C		5	23																																																																																																					
a D		10	28																																																																																																					
desd e B	ví a A	ví a B	ví a C	ví a D																																																																																																				
a A	3		7																																																																																																					
a B																																																																																																								
a C	8		2																																																																																																					
a D	31		7																																																																																																					
desd e C	ví a A	ví a B	ví a C	ví a D																																																																																																				
a A	23	5		15																																																																																																				
a B	26	2		12																																																																																																				
a C																																																																																																								
a D	33	9		5																																																																																																				
desd e D	ví a A	ví a B	ví a C	ví a D																																																																																																				
a A			10																																																																																																					
a B			7																																																																																																					
a C			5																																																																																																					
a D																																																																																																								

Ilustración 17: Tabla de valores de costo de los Routers, (Vásquez, 2014)

En este ejemplo tanto el color amarillo como el color verde indican las posibles

rutas “cortas” que tomaría el vector.

4.1.1 Requisitos del software

El software de simulación debe cumplir con las siguientes características:

- Software libre
- Escalabilidad
- Flexibilidad
- Documentación del software a utilizarse.
- Soportar protocolos de enrutamiento en redes manet
- Debe generar visualización de pérdida de paquetes, retardo, variación, etc.

4.1.2 Estructura de simulación con NS3

- Utilización de parámetros
- Asignar valores por defecto
- Crear nodos
- Configurar capa física y enlace de datos
- Configurar direcciones y rutas (capa de red)
- Colocar posiciones iniciales y movilidad
- Acoplar los logs o trazas para la simulación respectiva.

4.1.3 Componentes utilizados

Al iniciar nuestro trabajo de simulación con NS3, es necesario conocer los diferentes módulos y clases que están implementados en C++ dentro del

programa de simulación antes mencionado.

- **Clase NODE**

Representa a un elemento de red, el cual provee métodos para administrar la representación de elementos computacionales en simulación, además de funcionalidades, aplicaciones, etc. (Borrano, 2012)

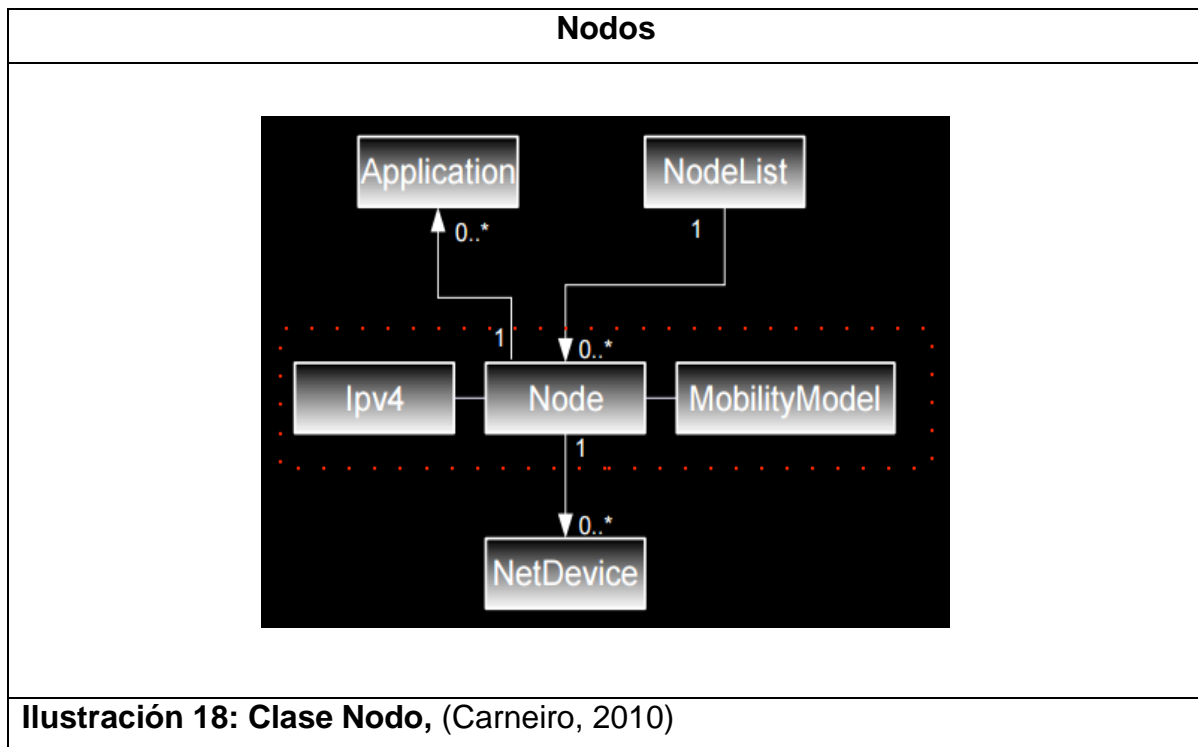


Ilustración 18: Clase Nodo, (Carneiro, 2010)

- **Clase Application**

La clase administra los métodos de aplicación a nivel de usuario.

- **Clase Channel (IPV4)**

Se conecta a un nodo representando a un canal de comunicación y es representada por la clase channel. Esta clase administra objetos en la red de

comunicaciones y conecta los nodos. (Borrano, 2012).

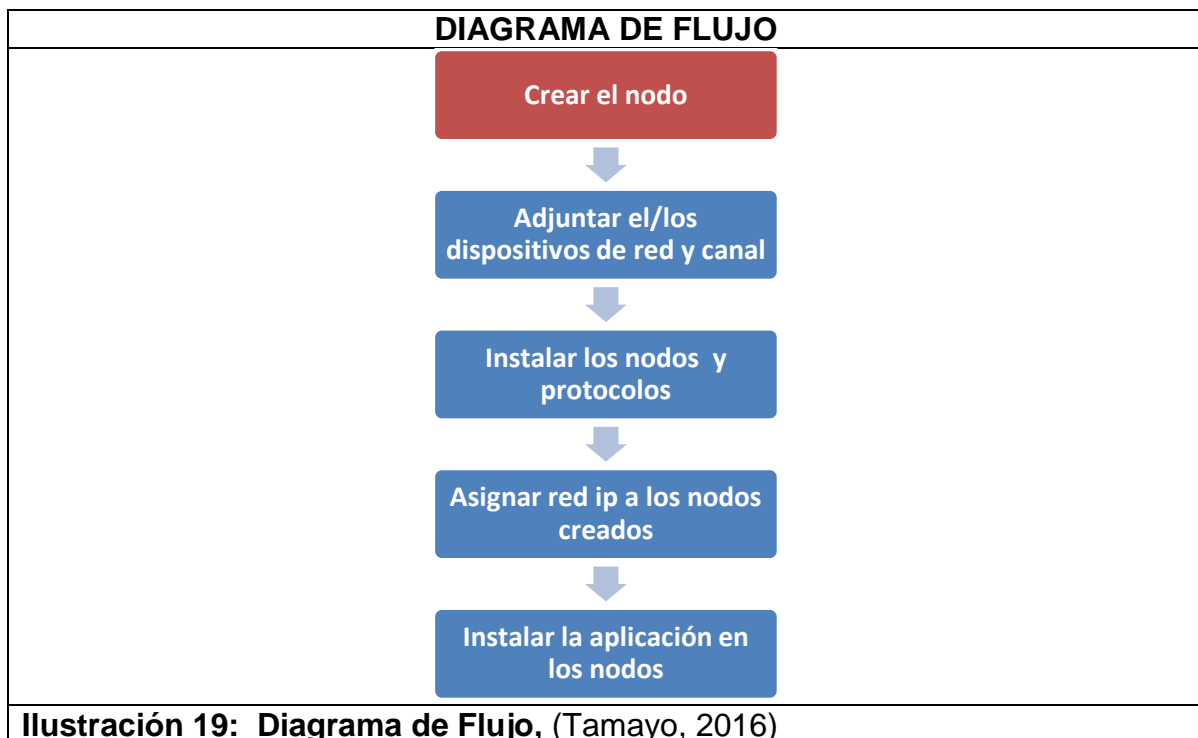
La conexión puede ser realizada por medio de un canal siendo un cable o por red inalámbrica. En NS3 se usan versiones como WifiChannel, CsmaChannel y PointToPointChannel.

- **NetDevice**

Es la clase en NS3 que proporciona métodos con el fin de administrar canales y otros nodos a través de la red. Esta clase se complementa con red Ethernet o con red Wireless.

4.2 Simulación de red Manet Protocolo AODV

Es necesario conocer la estructura de ns3 para proceder con la simulación.



Para poder realizar la simulación del presente proyecto, en Ubuntu se realiza la

Diseño del Modelo MANETs –Learn Para M-learning En Redes AD HOC Para Estudiantes De Bajos Recursos De La UNIDAD EDUCATIVA MITAD DEL MUNDO

instalación del editor GEANY el cual nos servirá para realizar la edición de la simulación.

Siendo la simulación red ad-hoc necesitamos las siguientes librerías:

```
#include "ns3/core-module.h"

#include "ns3/network-module.h"

#include "ns3/internet-module.h"

#include "ns3/mobility-module.h"

#include "ns3/point-to-point-module.h"

#include "ns3/wifi-module.h"

#include "ns3/v4ping-helper.h"

#include "ns3/aodv-module.h"

#include <iostream>

#include <cmath>
```

Esta simulación fue diseñada utilizando el protocolo de enrutamiento AODV con diferentes modelos de movilidad, retardo, pérdidas de propagación del canal además de indicar que se usa un área de cobertura de 100 m para los nodos.

Para continuar con este proceso se ha utilizado un archivo .sh que utiliza un bucle continuo, con la estructura y paquetes necesarios para la simulación la misma que está dentro de la carpeta /src/scratch los mismos que son modificados de acuerdo a las variables de distancia, nodos que requerimos para nuestro diseño. Este archivo se encarga de leer y generar una estructura con todos los parámetros

necesarios para ejecutar la simulación la misma que se va a visualizar en el archivo traza resumen que vamos a visualizar en la simulación.

4.3 Simulación caso 1

Esta simulación consiste en enviar tráfico desde un nodo a otro nodo separándolos a una distancia de 100 m aproximadamente con el objetivo de apreciar al protocolo AODV.

Para la ejecución de la simulación se considera el siguiente diagrama:

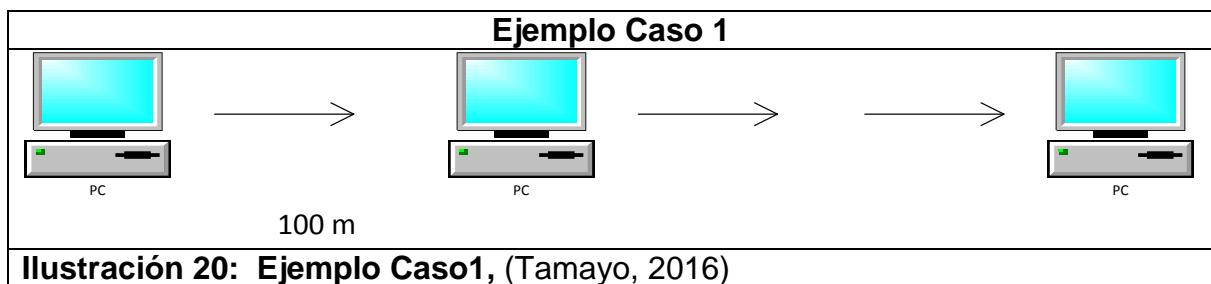


Ilustración 20: Ejemplo Caso1, (Tamayo, 2016)

Parámetros de simulación

Protocolo: AODV

Mac/Phy: 802.11b

Tiempo de simulación: 10s

Número de nodos: 8

Distancia: 100m

4.3.1 Resultados de la simulación

Una vez configurado con los parámetros anteriores y el resultado es el siguiente:

Resultados Caso 1
<pre>Creando 10 nodos 100 m distancia. Empezando simulacion para 10 s ... PING 192.168.1.10 56(84) bytes of data. 64 bytes from 192.168.1.10: icmp_seq=0 ttl=56 time=176 ms 64 bytes from 192.168.1.10: icmp_seq=1 ttl=56 time=7 ms 64 bytes from 192.168.1.10: icmp_seq=2 ttl=56 time=7 ms 64 bytes from 192.168.1.10: icmp_seq=3 ttl=56 time=7 ms --- 192.168.1.10 ping statistics --- 10 packets transmitted, 4 received, 60% packet loss, time 9999 ms rtt min/avg/max/mdev = 7/49.25/176/84.5 ms</pre>
Ilustración 21: Resultados Caso 1, (Tamayo, 2016)

Se observa que al crear los nodos existe un 60% en la pérdida de paquetes siendo un impacto muy importante en la simulación. Este es el comportamiento de los mismos al recibir una degradación en el retardo de los paquetes; sin embargo el protocolo AODV descubre de manera rápida la mejor ruta para los paquetes sin considerar el ancho de banda.

Se revisa los logs con la siguiente línea la cual se encuentra dentro del código del programa:

```
LogComponentEnable("AodvRoutingProtocol", LOG_LEVEL_ALL)
```

El cual ayuda al análisis de la siguiente manera:

Logs Caso 1

```
[node 0] Exist route to 192.168.1.255 from interface 192.168.1.1
[node 0] AodvRoutingProtocol:UpdateRouteLifeTime(0x85f8a70, 192.168.1.255, +3000000000.0ns)
[node 0] Updating VALID route
[node 0] AodvRoutingProtocol:UpdateRouteLifeTime(0x85f8a70, 192.168.1.255, +3000000000.0ns)
[node 0] Updating VALID route
--- 192.168.1.3 ping statistics ---
10 packets transmitted, 4 received, 60% packet loss, time 9999 ms
```

Ilustración 22: Logs Caso 1, (Tamayo, 2016)

4.4 Simulación caso 2

Esta simulación consiste en enviar tráfico desde un nodo a otro nodo separándolos a una distancia de 150 m aproximadamente con el objetivo de apreciar al protocolo AODV.

Para la ejecución de la simulación se considera el siguiente diagrama:

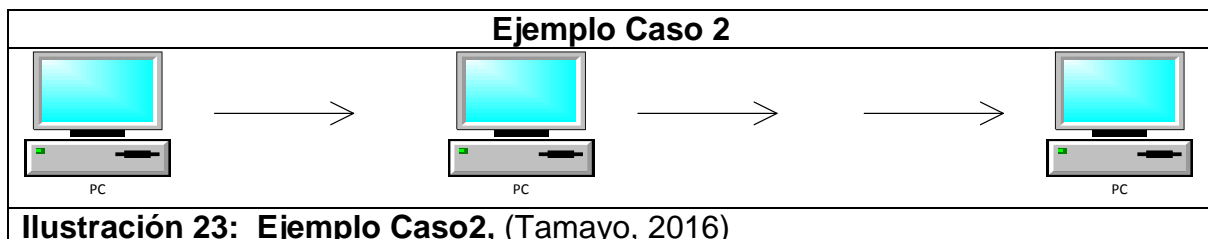


Ilustración 23: Ejemplo Caso2, (Tamayo, 2016)

Parámetros de simulación

Protocolo: AODV

Mac/Phy: 802.11b

Tiempo de simulación: 20s

Número de nodos: 3

Distancia: 150m

4.4.1 Resultados de la simulación Caso 2

Una vez configurado con los parámetros anteriores se obtienen los siguientes resultados:

Resultados Caso 2
<pre>Creando 3 nodos 150 m distancia. Empezando simulacion para 20 s ... PING 192.168.1.3 56(84) bytes of data. --- 192.168.1.3 ping statistics --- 20 packets transmitted, 0 received, 100% packet loss, time 1999 9ms</pre>

Ilustración 24: Resultados Caso 2, (Tamayo, 2016)

Se observa que existe al crear los nodos existe un 100% en la pérdida de paquetes siendo un impacto muy importante en la simulación. Este es el comportamiento de los mismos al recibir una degradación en el retardo de los paquetes; sin embargo el protocolo AODV descubre de manera rápida la mejor ruta para los paquetes sin considerar el ancho de banda.

Se revisa los logs con la siguiente línea la cual se encuentra dentro del código del programa:

LogComponentEnable("AodvRoutingProtocol", LOG_LEVEL_ALL)

El cual ayuda al análisis de la siguiente manera:

Logs Caso 2

```
[node 2] AodvRoutingProtocol:RreqRateLimitTimerExpire(0x971e648
)
[node 2] AodvRoutingProtocol:RerrRateLimitTimerExpire(0x971e648
)
[node 0] AodvRoutingProtocol:RouteOutput(0x971ba70, tos 0x0 DSC
P Default ECN Not-ECT ttl 0 id 0 protocol 1 offset (bytes) 0 fl
ags [none] length: 20 102.102.102.102 > 192.168.1.3, 0)
[node 0] Valid Route not found
[node 0] AodvRoutingProtocol:LoopbackRoute(0x971ba70, tos 0x0 D
SCP Default ECN Not-ECT ttl 0 id 0 protocol 1 offset (bytes) 0
flags [none] length: 20 102.102.102.102 > 192.168.1.3)
[node 0] AodvRoutingProtocol:RouteInput(0x971ba70, 93, 192.168.
1.3, 03-06-00:00:00:00:00:00)
[node 0] AodvRoutingProtocol:DeferredRouteOutput(0x971ba70, 0x9
721728, tos 0x0 DSCP Default ECN Not-ECT ttl 64 id 18 protocol
1 offset (bytes) 0 flags [none] length: 84 192.168.1.1 > 192.16
8.1.3)
[node 0] Add packet 93 to queue. Protocol 1
[node 0] Send new RREQ for outbound packet to 192.168.1.3
[node 0] AodvRoutingProtocol:SendRequest(0x971ba70, 192.168.1.3
```

Ilustración 25: Logs Caso 2, (Tamayo, 2016)

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES

Luego de haber analizado la simulación realizada sobre redes MANET con el protocolo AODV que se aplica al diseño de la institución educativa, se determinó lo siguiente:

- La simulación de una red utilizando software libre con un protocolo de comunicaciones IEEE802.16 es muy importante ya que podemos ejecutar casos de prueba sin necesidad de tener físicamente una infraestructura distribuida en toda el área de la Unidad Educativa Mitad del Mundo.
- Las redes MANET son hosts móviles conectados inalámbricamente que se pueden mover de manera libre y que pueden experimentar cambios continuos al momento de llegar lo antes posible a la ruta determinada.
- Al moverse los nodos de manera dispersa existe un incremento y pérdida de paquetes por lo que el desempeño de la red es afectada negativamente.
- El ancho de banda para las redes MANET es importante para evitar caídas de servicio.
- La virtualización dentro de este trabajo fue exitoso ya que al manejar el Sistema Operativo Ubuntu facilitó la simulación realizada sobre redes MANET.
- NS3 es considerado un simulador flexible, de libre acceso a estudiantes, profesores y público en general por lo que por esa razón se escogió el software antes mencionado para realizar la simulación.
- Al realizar la simulación en el protocolo AODV se visualiza que existe una

pérdida de paquetes e interrupciones por lo que el paso de información entre los nodos se puede ver afectado.

- En la simulación mientras más nodos existan en el espacio a validar la red MANET, la pérdida de paquetes disminuirá sustancialmente.
- El despliegue de los nodos y por la sencillez de la infraestructura se escogió al protocolo de enrutamiento AODV ya que al ser un protocolo de encaminamiento IP permite a las estaciones encontrar y mantener rutas hacia otras estaciones de la red, de tal manera que las decisiones de enrutamiento se hacen usando vectores de distancia, dando saltos a los nodos disponibles.
- El protocolo AODV está diseñado para confiar en cada uno de los nodos dentro de la red y conforme a los escenarios propuestos por lo que se comprueba la eficiencia y costo de la red.
- Previa la instalación del simulador se probó con el simulador de redes NS2 con el cual se tuvo dificultad en la instalación de paquetes debido a que las versiones de sistemas operativos difieren en el correcto funcionamiento del paquete EDCA el cual tiene funciones para las redes ADHOC.

RECOMENDACIONES

- Al diseñar una red MANET es necesario tener en cuenta la documentación y el tipo de protocolos a usar ya que existen varias herramientas y sistemas operativos al momento de realizar la instalación.
- Al hacer uso de software libre existe un importante ahorro en el análisis, simulación por lo que se debe considerar varios aplicativos y herramientas que cumplan con esa característica.

Diseño del Modelo MANETs –Learn Para M-learning En Redes AD HOC Para Estudiantes De Bajos Recursos De La UNIDAD EDUCATIVA MITAD DEL MUNDO

Bibliografía

- Adjih, C., Laouiti, A., Minet, P., Muhlethaler, P., & Qayyum, A. a. (2004). *Institut National de Recherche en Informatique et en Automatique*. Obtenido de <http://hal.inria.fr/docs/00/47/17/12/PDF/5145.pdf>
- Berlin, F. U. (s.f.). <http://www.des-testbed.net/content/better-approach-mobile-ad-hoc-networking-batman>. Obtenido de Telematics Computer Systems: <http://www.des-testbed.net/content/better-approach-mobile-ad-hoc-networking-batman>
- Borrano, P. S. (2012). Evaluación de desempeño de servicio de voz en redes Manet. Santa Clara.
- Carneiro, G. J. (2010). *NSNAM* . Obtenido de NSNAM: <https://www.nsnam.org/tutorials/NS-3-LABMEETING-1.pdf>
- Casedemont, J. (2010). Obtenido de <https://books.google.com.ec/books?id=2D9FO9nX-XsC&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>
- Chalmeta, J. (2009). Estudio y análisis de prestaciones de redes móviles Ad hoc mediante simulaciones NS2 para validar modelos analíticos. *Universidad Politécnica de Catalunya*. España.
- Diaz, J. (2003). *TECNOLOGÍA ULTRA-WIDEBAND (UWB)*. Obtenido de <http://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099/9890/Article010.pdf>
- Economics, D. (junio de 2016). *Tecnobitt*. Obtenido de <http://tecnobitt.com/wp-content/uploads/2014/09/Captura-de-pantalla-2014-08-26-a-las-11.18.17.png>
- Eldabar, I. H.-M. (2013). *COMPARISON OF ROUTING PROTOCOLS FOR AD HOC WIRELESS NETWORK WITH MEDICAL DATA*. Obtenido de <http://www.slideshare.net/ZakariaZubi/comparison-of-routing-protocols-for-ad-hoc-wireless-network-with-medical-data>
- Jacquet, P., Muhlethaler, P., Clausen, T., Laouiti, A., & Qayyum, A. a. (2001). Optimized Link State Routing Protocol for Ad Hoc Networks. *Technology for the 21st Century. Proceeding s. IEEE International Lahore*. Pakistán.
- Marla Glen, J. M. (2012). *ZIGBEE*. Obtenido de <https://sx-de-tx.wikispaces.com/ZIGBEE>
- Millán, R. (2004). <http://www.ramonmillan.com/tutoriales/ultrawideband.php>. Obtenido de <http://www.ramonmillan.com/tutoriales/ultrawideband.php>
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, I. C. (2012). *Actvando el Aprendizaje Móvil*. Obtenido de UNESCO: <http://unesdoc.unesco.org/images/0021/002164/216451s.pdf>
- P. Hurtado, E. S. (2013). Obtenido de

Diseño del Modelo MANETs –Learn Para M-learning En Redes AD HOC Para Estudiantes De Bajos Recursos De La UNIDAD EDUCATIVA MITAD DEL MUNDO

<http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/5099/1/UPS-CT002695.pdf>

Perkins, B. (1994). Higly Dinamic Destination-Sequenced Distance-Vector Routing (DSDV) for mobile Computers – Proceeding of ACM SIGCOMM .

Perkins, E. M.-R. (Julio de 2003). *Ad-Hoc ON Demand Distance Vector (AODV) Routing*.

Roberto Subiela Durá, A. L. (s.f.). *UNIVERSIDAD DE VALENCIA*. Obtenido de <http://personales.upv.es/aleon/pubs/ursi05.pdf>

S. H. Rocabado Moreno, D. A. (s.f.).
http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/23762/Documento_completo.pdf?sequence=1. Obtenido de
http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/23762/Documento_completo.pdf?sequence=1

Tamayo, S. (2016). *Instalación NS3*.

Telecomunicación, C. O. (2004). *La situación de las Tecnologías WLAN basadas en el estándar IEEE 802.11 y sus variantes (“Wi-Fi”)*. Obtenido de http://www.minetur.gob.es/telecomunicaciones/Espectro/NivelesExposicion/Informacin/coitInforme_wifi_2004.pdf

Triviño, J. (s.f.). *STUDYIB*. Recuperado el junio de 2016, de STUDYLIB:
<http://studylib.es/doc/149143/4.-redes-malladas--aodv->

Vásquez, X. (2014). *Estudio de una red de topología MESH para la Universidad del Azuay*. Cuenca, Ecuador.

Venkat Mohan, S., & Kasiviswanath, N. (2011). *International Journal of Scientific & Engineering Research*. Obtenido de <http://www.ijser.org/researchpaper%5CRouting-Protocols-for-Wireless-Mesh-Networks.pdf>

Vidri, I. (2010). *ZigBee y sus aplicaciones*. Obtenido de <http://www.dea.icaei.upco.es/sadot/Comunicaciones/avanzadas/Zigbee%20y%20sus%20aplicaciones.pdf>