

**ANÁLISIS DE QoS PARA PROTOCOLOS EN REDES MÓVILES AD HOC**

**LUIS CARLOS GÓMEZ VÁSQUEZ**

**FUNDACIÓN UNIVERSITARIA SAN MARTÍN  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES  
BOGOTÁ  
2010 I**

**ANÁLISIS DE QoS PARA PROTOCOLOS EN REDES MÓVILES AD HOC**

**LUIS CARLOS GÓMEZ VÁSQUEZ**  
**051036**  
**luis.carlos.g@hotmail.com**

**MONOGRAFÍA**

**ASESOR TÉCNICO**  
**INGENIERO JESUS RODOLFO ROJAS OSORIO**

**FUNDACIÓN UNIVERSITARIA SAN MARTÍN**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**PROGRAMA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES**  
**BOGOTÁ**  
**2010 I**

**Nota de aceptación**

---

---

---

---

---

---

---

**Ing. Jesús Rodolfo Rojas Osorio**  
**Asesor**

---

**Ing. Jorge Alberto Arévalo Aldana**  
**Jurado 1**

---

**Ing. Joaquín Fernando Sánchez Cifuentes**  
**Jurado 2**

Bogotá D.C., 08 de Junio, 2010

"Dedico este proyecto de grado y toda mi carrera universitaria a Dios por ser quien ha estado a mi lado en todo momento dándome las fuerzas necesarias para continuar luchando día tras día y seguir adelante rompiendo todas las barreras que se me presenten. Lo dedico a mi mamá Aliria Vasquez Gonzalez y mi papá Alonso Gomez Reyes ya que gracias a ellos soy quien soy hoy en día, fueron los que me dieron ese cariño y calor humano necesario, son los que han velado por mi salud, mi educación, alimentación entre otros, es a ellos a quienes les debo todo, horas de consejos, de regaños y de alegrías de las cuales estoy muy seguro que las han hecho con todo el amor del mundo para formarme como un ser integral y de las cuales me siento extremadamente orgulloso. Lo dedico a mis hermanas y mis hermanos los cuales han estado a mi lado, han compartido todos esos secretos y aventuras que solo se pueden vivir entre hermanos y que han estado siempre alerta ante cualquier problema que se me puedan presenta. Este logro lo dedico a toda mi familia que me ha apoyado y me ha dado fuerzas para cumplir mis metas."

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a mis padres quienes me infundieron la ética y el rigor que guían mi transitar por la vida.

Agradezco a mis hermanas y hermanos por confiar en mí y ayudarme a luchar cada día más fuerte.

Agradezco a mis amigos más cercanos, a los que siempre me han acompañado y con los cuales he contado desde que los conocí.

Agradezco a todos los profesores que me han apoyado y me han compartido sus conocimientos.

Agradezco al Grupo de interés ISRA de la FUSM por darme acceso a sus investigaciones y adoptarme como parte del mismo.

## CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	15
1. PROBLEMA	17
2. JUSTIFICACIÓN	19
3. OBJETIVOS	20
3.1 OBJETIVO GENERAL	20
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	20
4. MARCO REFERENCIAL	21
4.1 ANTECEDENTES	21
4.1.1 Estándar Wifi	22
4.1.2 Tipos de redes inalámbricas (Cisco, 2007c)	23
4.1.3 Los tipos de onda posibles son:	24
4.2 MARCO CONCEPTUAL	25
4.2.1 Modelo OSI (Electrónicos, 2007)	25
4.2.2 Redes Inalámbricas (IEEE, 2007)	27
4.2.3 Clasificación de Redes Inalámbricas	27
4.2.4 QoS en Redes inalámbricas 802.11	29
4.2.5 ¿Qué es una red Ad Hoc?	29
4.2.6 Aplicaciones Típicas Redes Ad Hoc	31

4.2.7	Funciones de movilidad	32
4.2.8	Otras Tecnologías Ad Hoc	32
4.3	MARCO TEÓRICO	33
4.3.1	Características del Modo Ad Hoc	33
4.3.2	Redes Heterogéneas	33
4.3.3	Conexión entre nodos	34
4.3.4	Redes Ad Hoc para Emergencias	36
4.3.5	Garantías de la Calidad de Servicio QoS (Hekmat, 2008)	37
4.3.6	Parámetros de control	38
4.3.7	Clases de Servicio	39
4.3.8	Parámetros de Calidad de Servicio (QoS)	40
4.3.9	Módulos para QoS	42
4.3.10	Características de las redes Ad Hoc	45
4.3.11	Protocolos Existentes para Redes Ad Hoc	47
4.3.12	Enrutamiento en Redes Ad Hoc	48
4.3.13	Teoría de Grafos	49
4.3.14	QoS en Diferentes Capas (Y. Zhang, 2000)	50
4.3.15	Recursos Reservados de QoS	51
4.3.16	Enrutamiento con QoS	52
4.3.17	Desafíos a Enfrentar	52

4.3.18	Temas y Consideraciones de Diseño (Xiang-Yang Li, 2009)	53
4.3.19	Clasificación de Soluciones de QoS	54
4.3.20	Solución de QoS en la Capa MAC	55
4.3.21	Solución de QoS en la Capa de Red (Mieghem, 2005)	55
4.4	ESTADO DEL ARTE	56
4.4.1	Descubrimiento de protocolos	56
4.4.2	Detección de intrusos y seguridad en redes móviles Ad Hoc	57
4.4.3	Análisis de potencia de transmisión en Redes Ad Hoc	57
4.5	LIMITACIONES Y ALCANCES	58
5.	DISEÑO METODOLÓGICO	59
6.	DESARROLLO	61
6.1	DESCRIPCIÓN DE LAS APLICACIONES DE QOS DENTRO DE LOS PROTOCOLOS DE RUTEO	61
6.1.1	Diseño topología dinámica	61
6.1.2	Priorización de servicios	65
6.1.3	Descubrimiento de servicios	66
6.1.4	Modelo de QoS	66
6.1.5	Señalización de QoS	67
6.1.6	Enrutamiento QoS	67
6.1.7	Servicios Integrados (IntServ)	68

6.1.8	Servicios Diferenciados (DiffServ)	68
6.2	ANALISIS DE QOS EN TRES PROTOCOLOS PARA REDES AD HOC	69
6.2.1	Protocolo 802.11a	70
6.2.2	Protocolo 802.11n	71
6.2.3	CEDAR(Stefano Basagni, 2009)	74
6.2.4	Aplicaciones que deben mejorar QoS	76
7.	PRUEBAS Y RESULTADOS	78
7.1	ENTORNO DINÁMICO REDES AD HOC PARA APLICACIÓN A RUTAS EN QOS	78
7.2	SIMULACION APLICACIONES DE QOS EN LA CONEXIÓN DE LOS NODOS	83
7.2.1	Protocolo 802.11a	83
7.2.2	Protocolo 802.11n	85
7.2.3	Protocolo CEDAR	87
7.2.4	Tabla comparativa entre los tres protocolos evaluando la eficiencia de las rutas	89
7.3	PROBLEMAS DE RUTAS EN REDES AD HOC	90
7.4	IMPLEMENTACIÓN DE PARÁMETROS QOS SOBRE REDES MÓVILES AD HOC	92
7.5	IMPLEMENTACIÓN DE PARÁMETROS QOS SOBRE REDES MÓVILES AD HOC	93
8.	CONCLUSIONES	94

9.	RECOMENDACIONES	96
10.	GLOSARIO	97
	BIBLIOGRAFÍA	100

## LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Protocolos para descubrimientos de servicios	57
Tabla 2. Estandar familia 802.11	69
Tabla 3. Rangos de transferencia para el 802.11n	72
Tabla 4. Características 802.11n	72
Tabla 5. Comparación de protocolos	89

## LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Logo estandar 802.11	22
Figura 2. TCP/IP-modelo OSI	26
Figura 3. Tipos de redes Ad Hoc	29
Figura 4. Modelo de una red Ad Hoc	30
Figura 5. Red Ad Hoc-infraestructura	31
Figura 6. Red vehicular Ad Hoc	32
Figura 7. Múltiples redes Ad hoc	33
Figura 8. Cisco QoS	34
Figura 9. Nodos por grados y prioridad en redes Ad Hoc	41
Figura 10. Modelo de referencia arquitectura easy	42
Figura 11. Arquitectura de continuidad de servicio	43
Figura 12. Entorno en redes Ad Hoc IBSS	45
Figura 13. Topología dinámica	47
Figura 14. Protocolos de enrutamiento	48
Figura 15. Esquemas de grafos para redes Ad Hoc	49
Figura 16. Protocolo hadshaking dentro del 802.11n	61
Figura 17. Diagrama de flujo, parámetros de simulación	62
Figura 18. Modulo aleatorio de posiciones nodales	63
Figura 19. Modulo generador de posiciones-Buffer matricial	63
Figura 20. Conversor matricial	64
Figura 21. Diseño de aplicación topología dinámica	65
Figura 22. Modulador OFDM para 802.11a	71
Figura 22. IBSS para 802.11n	73
Figura 24. Ruteo y soporte de QoS	74
Figura 25. Direccionamiento de datos	75
Figura 26. Escenario de movilidad	78
Figura 27. Nodos en diferentes posiciones	79
Figura 28. Encaminamiento en redes Ad Hoc	80

Figura 29. Distancias entre nodos de la red	80
Figura 30. Simulación con lóbulos de transmisión	81
Figura 31. Simulación de nodos no homogéneos	81
Figura 32. Estados de conexión por grafos	82
Figura 33. Movilidad en relación con grafos	82
Figura 34. Interface Omnet	83
Figura 35. Simulación 802.11a	83
Figura 36. Transferencia de datos 802.11a	84
Figura 37. Simulación escenario 802.11n	85
Figura 38. Simulación distancias 802.11n	86
Figura 39. Simulación protocolo CEDAR	87
Figura 40. Registros de distancia 802.11n	88
Figura 41. Conexiones RTS-CTS-ACK	90
Figura 43. Transmisión áreas de cobertura	91
Figura 44. Simulación de estados de conexión	91
Figura 45. Registro de estados y posiciones	92
Figura 44. Registro de estados y posiciones	93

## RESUMEN

Los sistemas inalámbricos se han convertido en el segmento de mayor y más rápido crecimiento en las telecomunicaciones, donde su principal consecuencia han sido dotar de movilidad a los nodos de la red al liberarlos de sus conexiones físicas, además también están empezando a ofrecer múltiples servicios con calidad (QoS) como una conversación telefónica, la transferencia de ficheros, acceso a la web o la realización de videoconferencia, sin restricciones de lugar y de tiempo. Estos ejemplos de comunicación inalámbrica espontánea entre dispositivos se denomina redes Ad Hoc, permitiendo a los dispositivos establecer la comunicación, en cualquier momento y en cualquier lugar. En realidad, la formación de redes Ad Hoc como tal no es nueva, sino lo es nuevo es la forma de configuración y uso de sus elementos. Una aproximación para otorgar calidad de servicio es la de diferenciar entre el conjunto de paquetes que circulan por la red clasificando los paquetes en un número pequeño de tipos de servicios y utiliza mecanismos de prioridad para proporcionar una calidad de servicio adecuada al tráfico.

Este estudio se realizó creando un análisis de rutas y distancias entre los nodos de la red, controlándola, por las conexiones que puedan llegar a establecerse entre los nodos, se crearon los modelos en el entorno del simulador Matlab, diseñando escenarios móviles, y observando el comportamiento de cada uno de los usuarios de la red, describiendo y simulando: distancias, conexiones, análisis de grafos, valores de la conexión, control de calidad de servicio, análisis y comparaciones de los parámetros, ventajas y desventajas, entornos móviles y envío de datos.

## INTRODUCCIÓN

El gran desarrollo que las redes de comunicaciones móviles y los servicios proporcionados han experimentado en los últimos años ha supuesto un gran esfuerzo científico y técnico para dotar de mecanismos capaces de garantizar calidad de servicio (*QoS – Quality of Service*) a los usuarios de dichas redes. En el caso de las redes móviles Ad Hoc, no basadas en infraestructura, este esfuerzo es incluso más relevante debido a la complejidad del entorno de aplicación de las mismas, inherentemente dinámico.

Para proporcionar calidad de servicio en estas redes, es muy importante resolver el compromiso entre garantizar los requerimientos necesarios y una gestión eficiente de los recursos disponibles. Con el objeto de proporcionar la calidad demandada por la gran mayoría de las aplicaciones actuales (aplicaciones multimedia y en tiempo real, con elevadas restricciones tanto de ancho de banda como de retardo), han surgido muchas propuestas de enrutamiento con calidad de servicio (*QoS Routing*), que tratan de proporcionar rutas estables entre ambos extremos de la comunicación garantizando los requerimientos especificados (tasa de error, retardo, ancho de banda) durante la transmisión completa. No obstante, la complejidad de dichas redes presenta todavía una amplia problemática por resolver. Este proyecto de grado presenta un análisis de los parámetros de QoS para establecer una comunicación entre los nodos de la red, según sea el estado del nodo y las distancias entre ellos basado en la comunicación o interrelación entre diferentes capas de la pila de tres protocolos, que trata de combinar la funcionalidad de la capa de enrutamiento con la de control de acceso al medio (MAC) considerando además, parámetros de nivel físico, para tener información lo más exacta posible acerca del entorno, especialmente en lo referente a la interferencia que potencialmente pueden provocar otros usuarios o la que se puede causar sobre conexiones ya existentes. (Abolhasan, 2004)

Gracias a dicho conocimiento, es posible estimar el estado actual de los potenciales enlaces en las posibles rutas hacia cada destino, de manera que pueda seleccionarse la ruta más estable capaz de garantizar los requerimientos de calidad de servicio durante toda la conexión. Además, una gestión eficiente de los recursos a compartir, teniendo en cuenta la propia naturaleza del medio de transmisión radioeléctrico, resulta muy importante, máxime si se considera la posibilidad de mezclar servicios de diferentes requerimientos de calidad de servicio. Donde se analiza cómo se distribuyen los recursos tratando de proporcionar dicha diferenciación entre aplicaciones con diferentes demandas de datos.

La comunicación entre los diferentes nodos debe permitir la asignación de recursos de manera preferente a aquellos servicios más prioritarios a costa de

aquellos con menores restricciones, sin por ello disminuir las prestaciones acordadas para aquellas conexiones ya admitidas en la red. El análisis propuesto consiste en identificar tres protocolos dos que soporten QoS y un protocolo solo que soporte conexión Ad Hoc, sin importar la calidad de servicio. (Barrett, 2002)

La evolución tecnológica en el dominio de la redes de comunicaciones móviles e inalámbricas se caracteriza, en la actualidad, por la incipiente cooperación de un abanico variado de tecnologías e interfaces de acceso, que se ofrecen al usuario a fin de que seleccione una o varias de ellas en función de sus necesidades y posibilidades concretas. La heterogeneidad citada no debe leerse exclusivamente en clave de las distintas interfaces, sino también en términos de diversidad de terminales e, incluso, del ámbito de gestión y explotación de la propia red. Con estas condiciones de contorno, se hace referencia a escenarios en los que los usuarios deambulan por las distintas redes, de forma que inician conexiones en una tecnología concreta y, a lo largo de las mismas, se producen traspasos a otras, en virtud de atributos relativos a la calidad de servicio, costo u otras consideraciones que pueden emanar tanto desde la perspectiva de los usuarios como del propio operador.

## 1. PROBLEMA

Las redes inalámbricas Ad Hoc juegan un papel muy significativo en las telecomunicaciones entre dispositivos autónomos. Una red móvil Ad Hoc es una colección de nodos móviles autónomos que se comunican entre sí mediante enlaces inalámbricos, donde no existe una infraestructura de red fija y la administración se realiza de forma descentralizada. En este nuevo entorno, los nodos participan en la toma de decisiones, realizando las funciones propias del mantenimiento de la red y tomando parte en los algoritmos de enrutamiento.(Basagni, 2004)

En general, cualquier propuesta real aplicable a una red Ad Hoc deberá tener en cuenta las restricciones impuestas por las características inherentes a este tipo de redes. Estas características como: topología dinámica, enlaces de ancho de banda limitado y capacidad variable, limitaciones de energía y capacidad de procesamiento en los nodos y seguridad física limitada, son limitantes para el desempeño de un servicio a prestar, determinando el grado de satisfacción a las aplicaciones del usuario.

Para que en una red Ad Hoc pueda ofrecer el manejo de QoS extremo-a-extremo (end2end), es necesario que todos los nodos o puntos de interconexión por los que viaje el paquete de información, posean mecanismos de QoS que ofrezcan un desempeño adecuado a la aplicación en cuestión. Ya que los puntos de interconexión por los que pasa la información son los mismos nodos ya que cada dispositivo actúa como punto inicial y final (destino y fin), son enrutadores activos. Cuando se establece una conexión con un nivel de QoS especificado, los parámetros de éste se traducen y negocian entre los diferentes subsistemas involucrados. Solamente cuando todos los subsistemas han llegado a acuerdos y pueden otorgar garantías respecto a los parámetros especificados se puede especificar una red con calidad de servicio.(Castaño, 2008)

Con esta investigación se quiere crear la compilación cuantitativa y descriptiva de cómo una tecnología aplicable a un algoritmo de conexión puede lograr garantizar la transmisión de cierta cantidad de datos en un tiempo dado (*throughput*); si se obtiene un buen servicio y si es realmente importante para ciertas aplicaciones tales como la transmisión a ciertas distancias entre los nodos receptores y emisores.

La llegada de nuevas aplicaciones multimedia, o aplicaciones de gestión con ciertos requisitos en cuanto a ancho de banda o retardo, han conseguido que desde hace algunos años la provisión de cierto nivel de calidad de servicio en la red sea un objetivo de vital importancia. Sin embargo este problema lleva siendo estudiado largo tiempo, y han surgido diferentes iniciativas para resolverlo. Las

redes móviles Ad Hoc, debido a sus especiales características, hacen que la provisión de QoS sea un tema especialmente complicado ya que QoS establece parámetros de la red como: latencia, ancho de banda, tráfico, pérdida de paquetes, retardo, consumo de potencia y seguridad, y se une la topología dinámica con nodos arbitrarios, característica principal de las redes Ad Hoc. Los nodos pueden fallar en liberar algunos paquetes si ellos llegan cuando los buffers ya están llenos; algunos, ninguno o todos los paquetes llegan sueltos dependiendo del estado del nodo y es imposible determinar de antemano que pasará, ya que estas redes no tienen una administración y son auto configurables en su topología. También puede ocurrir que los paquetes tomen un largo periodo de tiempo en alcanzar su destino, debido a que permanecen en largas colas o toman una ruta menos directa para prevenir la congestión de la red. Los paquetes enviados llegan a su destino con diferentes retardos; un retardo de un paquete varía impredeciblemente con su posición en las colas de los demás nodos a lo largo del camino, entre el nodo transmisor y el nodo de destino, esta variación en retardo se conoce como jitter y puede afectar seriamente la calidad del flujo de información porque pueden haber pérdidas completas y nuevamente se tenga que enviar los datos.(Basagni, 2004)

Cuando un conjunto de paquetes relacionados entre sí, son encaminados, éstos pueden tomar diversas rutas, resultando en diferentes retardos. Lo que ocasiona que los paquetes lleguen en otro orden de cómo fueron enviados, produciendo errores, ya que puede suceder que sean mal dirigidos, combinados entre sí o interrumpidos cuando se encaminan.

El problema se centra en evaluar si los protocolos seleccionados son o no óptimos, evaluando los parámetros de QoS y sus requerimientos para saber si es la solución a topologías dinámicas, o tendrían que reevaluarse los parámetros con los que se están creando nuevos protocolos. Las redes Ad Hoc necesitan proveer servicios inalámbricos con una solución escalable, flexible y concentrada en los clientes para una prestación efectiva de los servicios, valoración de la calidad y optimización de la red.

Los requisitos de las actuales aplicaciones multimedia hacen necesario que la red deba proveer cierto nivel de QoS al usuario. Si bien este problema está prácticamente resuelto en redes fijas, las especiales características de las redes móviles Ad Hoc hacen necesario un nuevo estudio para afrontar este problema. Principalmente, la topología dinámica y los escasos recursos de los nodos hacen necesario que la carga del mecanismo de provisión de QoS sea lo más ligero posible, en cuanto a carga de procesamiento, como de recursos de red (ancho de banda).

## 2. JUSTIFICACIÓN

Las redes móviles Ad Hoc están incrementando su popularidad en los últimos años y prometen un gran potencial para el futuro gracias a los beneficios de la movilidad que ofrecen los dispositivos inalámbricos y que requieren los usuarios de hoy día. El concepto de redes Ad Hoc nace bajo la percepción de autonomía e independencia, que permite a los usuarios, comunicarse sin una infraestructura de red fija ni la necesidad de soportar su administración en esquemas centralizados, como lo hacen otras redes, por lo que son interesantes para muchos escenarios de comunicación móvil. Las redes Ad Hoc con saltos múltiples extienden la distancia de la comunicación de los nodos individuales con la ayuda de protocolos de enrutamiento Ad Hoc. Por supuesto los retos técnicos y funcionales que deben afrontar estas redes son aún muchos.

La presente monografía aborda el estudio de QoS en las redes móviles Ad Hoc para determinar la viabilidad con respecto a que tan eficaces son las operaciones en estas redes (tiempo máximo de inicio a fin). (Cisco, 2007a)

Las Redes Ad Hoc ofrecen altas velocidades de transmisión a bajo costo y permiten integrar varios dispositivos inalámbricos. Estas redes gozan de un gran auge en las telecomunicaciones debido a que dan respuesta a algunas exigencias actuales referentes al establecimiento de redes que cubran necesidades de comunicación de forma flexible en tiempo y espacio, con autonomía en su configuración e independencia de una estructura fija. Estas características suponen importantes análisis que obligan a desarrollar propuestas, capaces de superar las restricciones impuestas por la variabilidad en la topología que se presenta en la red, es por eso que las grandes industrias proponen soluciones con la creación de nuevos protocolos que soporten las exigencias mínimas que permitan una comunicación con calidad de servicio. Es ahí donde este proyecto de grado quiere dar énfasis, describiendo dos (2) protocolos que soporten QoS y uno (1) que no lo haga, con el fin de poder observar si las industrias, con la creación de estos protocolos, tienen la solución de una comunicación eficiente y eficaz con una adecuada calidad de servicio.

Estas redes Ad Hoc móviles hacen necesarios nuevos esquemas en los que esté conformada únicamente por dispositivos terminales, que actúen por tanto como nodos sin infraestructura externa ni fija y con un adecuado estándar de calidad de servicio que permita tener una comunicación eficiente. Existe gran interés por parte del autor de esta investigación para realizar una futura especialización o posgrado relacionado con el tema gracias a que percibe una proyección clara de las Redes Inalámbricas Ad Hoc en las telecomunicaciones en un futuro muy cercano. Haciendo importante el enfoque de este proyecto con la realización de un análisis medible y confiable.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1 OBJETIVO GENERAL**

Describir el funcionamiento de QoS en tres protocolos existentes en redes móviles Ad Hoc, para extrapolar si la implementación de nuevos protocolos que cumplan con QoS ayuda a la solución de la toma de rutas en las redes móviles Ad Hoc.

#### **3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Describir que aplicaciones tiene QoS dentro de los protocolos de ruteo.
- Hacer una tabla comparativa de los casos de uso y desempeño de dos (2) protocolos que cumplan con QoS en redes móviles Ad Hoc y uno (1) que no lo haga, evaluando sus diferencias con respecto a la eficiencia de selección de rutas.
- Diseñar y simular un escenario donde se muestre como QoS afecta el problema de rutas.
- Identificar si la implementación de parámetros QoS sobre redes móviles Ad Hoc garantiza un mejor desempeño en la conectividad.

## 4. MARCO REFERENCIAL

### 4.1 ANTECEDENTES

Las redes de comunicación nacen de un conjunto de dispositivos que ofrecen servicios de interacción entre los diferentes usuarios que estén en ella. De tal forma, los parámetros que deben ser considerados para su diseño, operación y consecución de los niveles de calidad exigidos, se restringen al ámbito interno de la misma, limitando el papel de los usuarios a un único acceso a la red bajo ciertas condiciones impuestas.

Las conexiones inalámbricas son mucho más que el sueño de aquellos que nunca consiguieron deshacer el lío entre los cables del televisor, el video y la consola. Aunque la más popular es el inalámbrica, hablar de redes inalámbricas supone también hablar de satélites, móviles, Internet y domótica entre otros.(Cisco, 2007b)

Los expertos empezaban a investigar en las redes inalámbricas hace ya más de 30 años. Los primeros experimentos fueron de la mano de uno de los grandes gigantes en la historia de la informática. En 1979 IBM publicaba los resultados de su experimento con infrarrojos en una fábrica suiza. La idea de los ingenieros era construir una red local en la fábrica. Los resultados se publicaron en el volumen 67 de los Proceeding del IEEE y han sido considerados como el punto de partida en la línea evolutiva de las redes inalámbricas.

Las siguientes investigaciones se harían en laboratorios, siempre utilizando altas frecuencias, hasta que en 1985 la Federal Communication Commission asigna una serie de bandas al uso de IMS (Industrial, Scientific and Medical). La FCC es la agencia federal de EEUU encargada de regular y administrar en telecomunicaciones. ("Cobertura de Redes inalámbricas,")

Esta asignación se tradujo a una mayor actividad en la industria y la investigación de LAN (red inalámbrica de alcance local) empezaba a enfocarse al mercado. Seis años más tarde, en 1991, se publicaban los primeros trabajos de LAN propiamente dicha, ya que según la norma IEEE 802 solo se considera LAN a aquellas redes que transmitan al menos a 1 Mbps. La red inalámbrica de alcance local ya existía pero su introducción en el mercado e implantación a nivel doméstico y laboral aun se haría esperar unos años. Uno de los factores que supuso un gran empuje al desarrollo de este tipo de red fue el asentamiento de Laptops y PDA en el mercado, ya que este tipo de producto portátil reclamaba más la necesidad de una red sin ataduras, sin cables.

### 4.1.1 Estándar Wifi

Cualquier red inalámbrica se basa en la transmisión de datos mediante ondas electromagnéticas, según la capacidad de la red y del tipo de onda utilizada se hablará de una u otra red inalámbrica. Wifi es una de ellas, en este caso el alcance de la red es bastante limitado por lo que se utiliza a nivel doméstico y oficina. Por eso mismo es la más popular ya que muchos usuarios se han decidido por eliminar los cables que le permiten la conexión a Internet. De manera que es posible conectarse a la red desde cualquier lugar de la casa. Los inicios de cualquier descubriendo suelen ser difíciles y uno de los principales problemas a los que se enfrenta es la implantación de un estándar. Por ello los principales fabricantes de redes inalámbricas decidieron asociarse para definir los estándares y facilitar la integración en el mercado de las redes inalámbricas. ("Alianza Wifi ")

Nokia, 3com, Airones, Intersil, Lucent Technologies y Symbol Technologies eran los principales vendedores de soluciones inalámbricas en los años 90. En 1999 se asociaron bajo el nombre de WECA, Wireles Ethernet Compability Aliance, Alianza de Compatibilidad Ethernet Inalámbrica. Desde el 2003 el nombre de esta asociación es Wí-Fi Alliance y ahora comprende más de 150 empresas.

Wí-Fi Alliance se encarga de adoptar, probar y certificar que los equipos cumplen con los estándares que han fijado. Su objetivo siempre ha sido crear una marca que fomente la tecnología inalámbrica y que asegurase la compatibilidad entre equipos.

Wifi (802.11) fue creado para sustituir a las capas físicas y MAC de Ethernet (802.3). En otras palabras, Wifi y Ethernet son redes iguales que se diferencian en el modo en que el ordenador o terminal accede a la red, Ethernet mediante cable y Wifi mediante ondas electromagnéticas. Esta característica las hace compatibles.

Figura 1. Logo estandar 802.11



("Alianza Wifi ")

Es importante resaltar que Wifi no es una marca, es el nombre de un estándar. Esto quiere decir que todos los equipos con el sello Wifi pueden trabajar juntos independientemente del fabricante que haya creado la red o el ordenador. Así pues si en una oficina se tienen computadores de diferentes marcas pero todos ellos disponen de Wifi se podrían conectar entre sí sin problemas. Actualmente Wifi es, sobre todo, conocido como herramienta para acceder a Internet pero lo cierto es que se diseñó como red inalámbrica local, para conectar a corta distancia

varios dispositivos entre sí. Conviene no olvidar esta utilidad, pues aunque esté menos difundida puede aportar al usuario muchas facilidades y posibilidades. El estándar original es el 802.11, éste ha ido evolucionando y ahora las posibilidades de alcance y velocidad son varias. Siempre hablando de Wifi algunas variantes son estas:

- **IEEE 802.11b y IEEE 802.11g.** Ambos disponen de una banda de 2.4 GHz el primero alcanza una velocidad de 11 Mbps y el segundo de 54 Mbps. Son de los estándares más extendidos lo que les brinda una gran aceptación internacional.(Cisco, 2007a)
- **IEEE 802.11a.** Más conocido como Wifi5 porque su banda es de 5 GHz, al tener mayor frecuencia que el estándar anterior dispone también de menor alcance, aproximadamente un 10% menos. Por otro lado, al ser un sistema bastante nuevo todavía no hay otras tecnologías que lo usen, así que la conexión a Internet desde el ordenador es muy limpia y sin interferencias.(Cisco, 2007c)
- **IEEE 802.11n.** Este trabaja también a 2.4 GHz pero la velocidad es mucho mayor que la de sus predecesores, 108Mbps.(Cisco, 2007d)

#### **4.1.2 Tipos de redes inalámbricas (Cisco, 2007c)**

Los tipos de redes inalámbricas dependen de su alcance y del tipo de onda electromagnética utilizada. Según su tamaño se encuentran las siguientes redes, de menor a mayor alcance:

- **WPAN:** (Wireless Personal Area Network): este tipo de red se utiliza con tecnologías como HomeRF, Bluetooth, ZigBee y RFID. Es una red personal de poco alcance, las tecnologías que la utilizan pueden conectar los teléfonos móviles de la casa y los ordenadores mediante un aparato central. También se utiliza en doméstica ya que necesita comunicaciones seguras con tasas bajas de transmisiones de datos y bajo consumo.
- **WLAN:** (Wireless Local Area Network) en las redes de área local se pueden encontrar tecnologías inalámbricas basadas en HiperLAN (High Performance Radio LAN), o tecnologías basadas en Wi-Fi (Wireless-Fidelity).
- **WMAN:** (Wireless Metropolitan Area Network, Wireless MAN) la tecnología más popular que utiliza esta red es WiMax (Worldwide Interoperability for Microwave Access), un estándar de comunicación inalámbrica basado en la norma IEEE 802.16, es muy similar a Wi-Fi.

- **WWAN:** (Wireless Wide Area Network, Wireless WAN) es la red que se utiliza para los teléfonos móviles de segunda y tercera generación (UMTS) y para los móviles GPRS (tecnología digital).

#### 4.1.3 Los tipos de onda posibles son:

- **Ondas de radio:** Son omnidireccionales, no necesita de parabólicas y no es sensible a los cambios climáticos como la lluvia. Se transmite en frecuencias de 3Hz a 300 GHz.
- **Microondas terrestres:** Las antenas parabólicas envían la información, alcanzando kilómetros pero emisor y receptor deben estar perfectamente alineados. Su frecuencia es de 1 GHz a 300 GHz.
- **Microondas por satélite:** La información se reenvía de un satélite a otro, las ondas son muy flexibles pero es fácil que sufra interferencias.
- **Infrarrojos:** deben estar alineados directamente, no atraviesan paredes y tienen una frecuencia de 300 GHz a 383 THz.

Las comunicaciones móviles presentan avances significativos obtenidos en la microelectrónica, al mejorar conocimiento, utilización y aprovechamiento de los enlaces radio eléctricos, los cuales han permitido el desarrollo de dispositivos portátiles de tamaño reducido y gran potencia de procesamiento y computo; por supuesto al uso extendido de los mismos por parte de usuarios que día a día requieren más capacidades y facilidades de comunicación y acceso a redes de datos. Las redes Ad Hoc provienen de las WLAN, son un modo de operación con conexión punto a punto entre dos computadoras, ahora se redefine su concepto, desarrollándose en un ambiente amplio, conectando diversos dispositivos, con una topología dinámica y demás características de su modo de operación. Esta expresión está contenida en el estándar 802.11 del instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE), donde se contempla la configuración de operación independiente Ad Hoc de las estaciones en la capa de control de Acceso al Medio (MAC), de tal forma que sea posible la comunicación directa entre ellas. Desde hace relativamente poco tiempo, se está viviendo lo que puede significar una revolución en el uso de las tecnologías de la información tal y como se conoce. Esta revolución puede llegar a tener una importancia similar a la que tuvo la adopción de Internet. Las redes inalámbricas o Wireless Networks, se están introduciendo en el mercado de consumo gracias a unos precios populares y a un conjunto de entusiastas, mayoritariamente particulares, que han visto las enormes posibilidades de esta tecnología(Cordeiro, 2007).

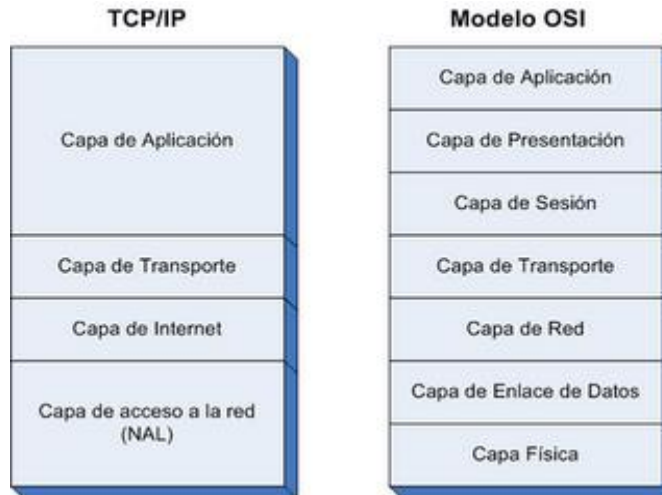
## 4.2 MARCO CONCEPTUAL

### 4.2.1 Modelo OSI (Electrónicos, 2007)

Para simplificar la comunicación entre programas (aplicaciones) de distintos equipos, se definió el Modelo OSI por la ISO, el cual especifica 7 distintas capas de abstracción. Con ello, cada capa desarrolla una función específica con un alcance definido.

- Capa 7: Aplicación - Esta es la capa que interactúa con el sistema operativo o aplicación cuando el usuario decide transferir archivos, leer mensajes o realizar otras actividades de red. Por ello, en esta capa se incluyen tecnologías tales como Http, DNS, SMTP, SSH, Telnet, etc.
- Capa 6: Presentación - Ésta tiene la misión de coger los datos que han sido entregados por la capa de aplicación y convertirlos en un formato estándar que otras capas puedan entender. Aquí se tiene como ejemplo los formatos MP3, MPG, GIF, etc.
- Capa 5: Sesión – Esta capa establece, mantiene y termina las comunicaciones que se forman entre dispositivos. Se pueden poner como ejemplo, las sesiones SQL, RPC, NetBIOS, etc.
- Capa 4: Transporte – Esta capa mantiene el control de flujo de datos y provee de verificación de errores y recuperación de datos entre dispositivos. Control de flujo significa que la capa de transporte vigila si los datos vienen de más de una aplicación e integra cada uno de los datos de aplicación en un solo flujo dentro de la red física. Como ejemplos más claros se tiene TCP y UDP.
- Capa 3: Red – Esta capa determina la forma en que serán mandados los datos al dispositivo receptor. Aquí se manejan los protocolos de enrutamiento y el manejo de direcciones IP. En esta capa se habla de IP, IPX, X.25, etc.
- Capa 2: Enlace –En esta capa, el protocolo físico adecuado es asignado a los datos. Se asigna el tipo de red y la secuencia de paquetes utilizada. Los ejemplos más claros son Ethernet, ATM, Frame Relay, etc.
- Capa 1: Física – Este es el nivel de lo que se llama sencillamente hardware. Define las características físicas de la red, como las conexiones, niveles de voltaje, cableado, etc. EN esta capa se tiene la fibra óptica, el par trenzado, cable cruzados, etc.

Figura 2. TCP/IP-modelo OSI



(IEEE, 2006)

Hay otro modelo paralelo al modelo OSI, llamado TCP/IP. Son muy parecidas y de hecho, las capas se entremezclan solo que este último modelo solo utiliza niveles para explicar la funcionalidad de red. Las capas son las siguientes:

- Capa 1: Red - Esta capa combina la capa física y la capa de enlaces de datos del modelo OSI. Se encarga de encaminar los datos entre dispositivos en la misma red. También maneja el intercambio de datos entre la red y otros dispositivos.
- Capa 2: Internet – Esta capa corresponde a la capa de red. El protocolo de Internet utiliza direcciones IP, las cuales consisten en un identificador de red y un identificador de host, para determinar la dirección del dispositivo con el que se está comunicando.
- Capa 3: Transporte – Corresponde directamente a la capa de transporte del modelo OSI, donde se encuentra el protocolo TCP. El protocolo TCP funciona preguntando a otro dispositivo en la red si está deseando aceptar información de un dispositivo local.
- Capa 4: Aplicación – La capa 4 combina las capas de sesión, presentación y aplicación del modelo OSI. Protocolos con funciones específicas como correo o transferencia de archivos, residen en este nivel.

## **4.2.2 Redes Inalámbricas (IEEE, 2007)**

Las redes locales inalámbricas no son una sustitución de las LANS convencionales, más bien son extensión de ellas, son redes creadas por la necesidad de desarrollar movilidad en los diversos lugares de trabajo y optimización de los costos de instalación. El objetivo fundamental de las redes WLAN es el de proporcionar facultades no disponibles en los sistemas cableados y formar una red total donde coexistan los dos tipos de sistemas, enlazando los diferentes equipos o terminales móviles asociados a la red.

El atractivo primordial de este tipo de redes es la facilidad de instalación y el ahorro que supone la supresión del medio de transmisión cableado. Aún así sus prestaciones son menores en lo referente a la velocidad de transmisión que se sitúa entre 2 y 10 Mbps frente a los 10 y hasta los 100 Mbps ofrecidos por una red convencional.

Gracias a esta tecnología, se logró que los usuarios sean completamente autónomos y sobre todo cuenten con movilidad, ya que no existen cables que los obliguen a permanecer conectados físicamente a la red. Surgen como una opción dentro de la corriente de la movilidad universal en base a una filosofía sin treguas, que permita el paso a través de diferentes entornos de una manera transparente. Para ser considerada como WLAN, la red tiene que tener una velocidad de transmisión de tipo medio (el mínimo establecido por el IEEE 802.11 es de 1 Mbps, aunque las WLAN actuales tienen una velocidad en orden de los 2 Mbps), además deben trabajar en un entorno de frecuencia de 2,45 GHz.

## **4.2.3 Clasificación de Redes Inalámbricas**

### **4.2.3.1 Redes Inalámbricas Personales**

Dentro del ámbito de estas redes se puede adoptar dos principales actores:

En primer lugar están las redes que intercambian información por medio de infrarrojos. Estas redes son muy limitadas dado su poco alcance, necesidad de visión sin obstáculos entre los dispositivos que se comunican y su baja velocidad (hasta 115 Kbps). Se encuentran principalmente en ordenadores portátiles, PDAs, teléfonos móviles y algunas impresoras.

En segundo lugar el Bluetooth, estándar de comunicación entre pequeños dispositivos de uso personal, como son las PDAs, teléfonos móviles de nueva generación, ordenadores, entre otros. Es un canal de comunicación de máximo 720 Kbps con rango óptimo de 10 metros. Su frecuencia de tráfico, con la que trabaja, se encuentra en el rango de 2,4 a 2,48 GHz con amplio espectro y saltos

de frecuencia con posibilidad de transmitir en Full Duplex con un máximo de 1600 saltos/s, los cuales se dan entre un total de 79 frecuencias con intervalos de 1Mhz. Su principal desventaja es que su puesta en marcha se ha ido retrasando desde hace años y la aparición del mismo ha ido plagada de diferencias e incompatibilidades entre los dispositivos de comunicación de los distintos fabricantes que ha imposibilitado su rápida adopción.

#### **4.2.3.2 Redes Inalámbricas 802.11**

El estándar IEEE 802.11 hace referencia al intercambio de información entre los sistemas de redes inalámbricas de área local o de área metropolitana, puede definirse como una red que tiene como medio de transmisión el aire. Esta opera en la capa física y la capa de enlace del modelo OSI.

El estándar 802.11a: fue la primera aproximación a las redes inalámbricas. Sus principales ventajas son su velocidad, la base instalada de dispositivos de este tipo, la gratuidad de la frecuencia que usa y la ausencia de interferencias en la misma. Pero a su vez sus principales desventajas son su incompatibilidad con los estándares 802.11b y g, la no suportación de QoS, lo que en principio impediría ofrecer transmisión de voz y contenidos multimedia online. Luego empezó la modificación a ésta, con mejoras para suplir sus desventajas, de donde surgieron la 802.11b, e, n, g entre otras.

#### **4.2.3.3 Redes Inalámbricas de Consumo**

Redes CDMA (estándar de telefonía móvil estadounidense) y GSM (estándar de telefonía móvil europeo y asiático). Son estándares que usa la telefonía móvil empleados alrededor de todo el mundo en sus diferentes variantes.

El estándar 802.16 son redes que pretenden complementar a las anteriores estableciendo redes inalámbricas metropolitanas (MAN) en la banda de entre 2 y hasta 11 GHz. Redes Ad Hoc.

Las redes Ad Hoc son aquellas (especialmente inalámbrica) que son descentralizadas (en la que no hay un nodo central, sino que todos los dispositivos están en igualdad de condiciones) y cuentan con topología dinámica, donde cada nodo se conecta punto a punto con los nodos que están en su rango de cobertura. La red es Ad Hoc porque cada nodo está preparado para reenviar datos a los demás y la decisión sobre qué nodos reenvían los datos se toma de forma dinámica en función de la conectividad de la red. Esto contrasta con las redes tradicionales en las que los router llevan a cabo esa función. También difiere de las redes inalámbricas convencionales en las que un nodo especial, llamado punto de acceso, gestiona las comunicaciones con el resto de nodos.

Figura 3. Tipos de redes Ad Hoc



(IEEE, 2009)

#### 4.2.4 QoS en Redes inalámbricas 802.11

La norma IEEE 802.11 fue diseñada para sustituir a la capa física y MAC de la norma 802.3 (Ethernet), así, la única diferencia entre ambas es la manera en la que los dispositivos acceden a la red, por lo que ambas normas son perfectamente compatibles.

Desde la 802.11e, se implanta el QoS (Quality of Services), que no es más que la prioridad de transmisión a determinados paquetes de datos dependiendo de la naturaleza de la información, voz, imagen, vídeo. La voz, por ejemplo, necesita transferencia en tiempo real, mientras que los datos contenidos en un archivo no.

Una vez acostumbrados a llevar de la mejor manera la seguridad en redes, se viene encima la tecnología inalámbrica, cada vez más extendida, y bien por desconocimiento o por dejadez, no se repasa paso a paso las medidas de seguridad extras que se debe tener en cuenta para este tipo de conexión.

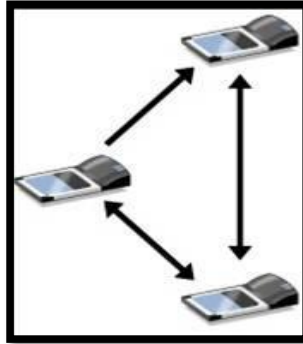
Dado lo anterior no es necesario insistir en que el concepto de seguridad ha cambiado, al menos en este aspecto, y se debe seguir unas norma básicas de conducta y acceso adicionales a las medidas habituales de seguridad.

#### 4.2.5 ¿Qué es una red Ad Hoc?

Una red Ad hoc, consiste en un grupo de ordenadores que se comunican cada uno directamente con los otros a través de las señales de radio si usar un punto de acceso. Las configuraciones Ad hoc, son comunicaciones de tipo punto a punto. Solamente los ordenadores dentro de un rango de transmisión definido pueden comunicarse entre ellos. La tecnología es utilizada en varios campos como en el ejercito, celulares y juegos de videos. En fin, en la tecnología “Ad hoc”,

cada terminal de comunicación se comunica con sus compañeros para hacer una red “punto a punto”.

Figura 4. Modelo de una red Ad Hoc



(Macker, 2005)

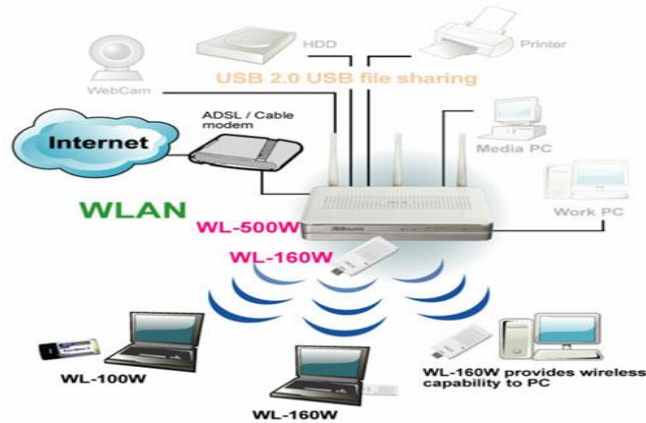
También conocidas como MANET “Mobile Ad Hoc networks”. Ad Hoc viene del latín y se refiere a algo improvisado, mientras que en comunicaciones el propósito de Ad Hoc es proporcionar flexibilidad y autonomía aprovechando los principios de auto-organización. Una red móvil Ad Hoc es una red formada sin ninguna administración central o no hay un nodo central, sino que consta de nodos móviles que usan una interface inalámbrica para enviar paquetes de datos. Los ordenadores están en igualdad de condiciones. La conexión es establecida por la duración de una sección. Un nodo descubre otros nodos cercanos o que estén en rango de cobertura para formar una red. Los nodos pueden buscar nodos que están fuera del área de alcance conectándose con otros que estén conectados a la red y estén a su alcance. Las conexiones son posibles por múltiples nodos.(Comunications, 2004)

Las redes Ad Hoc presentan cambios de topología. Estos cambios son frecuentes debido a su movilidad. Estas características impiden la utilización de protocolos de enrutamiento. Y esto crea nuevos retos de investigación que permitan ofrecer soluciones para problemas tales como topología dinámica y recursos de ancho de banda entre otros. Se pretende utilizar una topología jerárquica la cual se puede lograr utilizando un proceso conocido como “clustering”; este es un proceso en el cual los nodos de una red se organizan en grupos llamados clusters. Que es la forma en la que los nodos en MANET se organizan. Sin embargo la mayoría de los estudios técnicos sobre “clustering” en Ad Hoc o MANET se asume el conocimiento sobre la posición de los nodos.

Las tecnologías de radio, de acceso, y de enrutamiento completamente descentralizada habilitadas por Bluetooth, el modo Ad Hoc IEEE 802.11, el modo sin estación PRnet, la red móvil Ad Hoc (MANET), y los conceptos tales como la

red de área personal (personal area network – PAN) o la comunicación PAN a PAN se adaptan más o menos enteramente al dominio Ad Hoc.

Figura 5. Red Ad Hoc-infraestructura



(Du, 2007)

#### 4.2.6 Aplicaciones Típicas Redes Ad Hoc

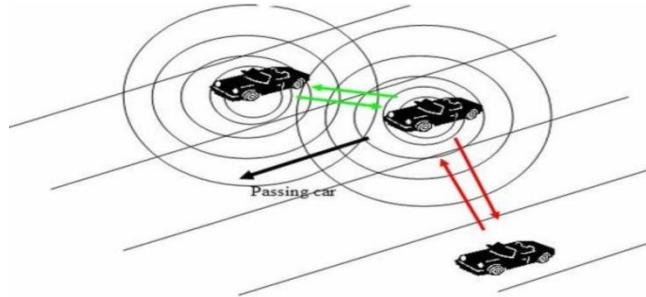
Aplicaciones militares, donde una configuración de red descentralizada es una ventaja operativa o incluso una necesidad. En el sector comercial, los equipos para informática inalámbrica móvil no han estado disponibles a un precio atractivo para los grandes mercados. A medida que aumenta la capacidad de ordenadores móviles de manera uniforme, también se espera que crezca la necesidad de formación de redes ilimitadas. Las redes comerciales Ad Hoc se podrían usar en situaciones allí donde no se dispone de ninguna infraestructura (fija o celular). (Eric Brewer, 2004)

Ejemplos:

- Operaciones de rescates en zonas remotas
- Cuando la cobertura local debe ser desplegada rápidamente en un sitio de construcción.
- Acceso inalámbrico público en zonas urbanas. Al nivel local, las redes Ad Hoc que enlazan ordenadores portátiles o de mano (palmtop) podrían ser usadas para difundir y compartir información entre los participantes de una conferencia.

- Apropriada para aplicaciones de redes domesticas, donde los dispositivos pueden comunicarse directamente para intercambiar información “data”.

Figura 6. Red vehicular Ad Hoc



(Du, 2007)

#### 4.2.7 Funciones de movilidad

En una red ad hoc, pueden moverse los nodos del centro de la red o más bien, la totalidad de la red está basada en las idea del dispositivo que sirven al mismo tiempo tanto de encaminadores como de anfitriones. En una red ad hoc, la movilidad es gestionada directamente por el algoritmo de enrutamiento(Eric Brewer, 2004).

#### 4.2.8 Otras Tecnologías Ad Hoc

- IEEE 802.11
- HiperLAN/2

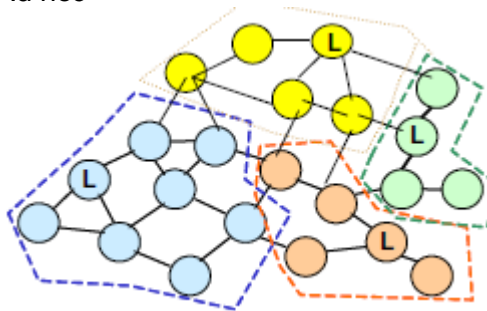
El enrutamiento de paquetes en redes móviles Ad Hoc entre cualquier par de nodos llega a convertirse en una tarea compleja, porque los nodos se pueden mover de manera aleatoria dentro de la red. Un camino que se consideraba óptimo en un punto dado del tiempo podría no funcionar en absoluto unos pocos instantes después. Para escenarios bajo techo- el cierre de una puerta podría ser causa de que se interrumpiese un camino. Las redes inalámbricas multi-salto están teniendo un auge cada vez mayor en las comunicaciones móviles. Estas redes asumen que el direccionamiento de los nodos es plano, es decir, sin la estructura jerárquica clásica de Internet: las subredes.(Fernets, 2003)

## 4.3 MARCO TEÓRICO

### 4.3.1 Características del Modo Ad Hoc

- **Movilidad:** Las redes inalámbricas ofrecen acceso a la red local desde cualquier sitio dentro de su cobertura, incluso encontrándose en movimiento.
- **Fácil instalación:** Más rapidez y simplicidad que lo que supone extender cables por un recinto.
- **Flexibilidad:** Dado que es posible disponer de acceso a una red en entornos de difícil cableado.
- **Adaptabilidad:** Permite frecuentes cambios de la topología de la red y facilita su escalabilidad.
- **Ampliación:** Nuevos usuarios a la red, sin la necesidad de extender un cable a su nuevo puesto de trabajo.
- **Organización:** Permite organizar redes en sitios cambiantes o situaciones no estables como pudieran ser lugares de emergencia, congresos, sedes temporales, etc.

Figura 7. Múltiples redes Ad hoc



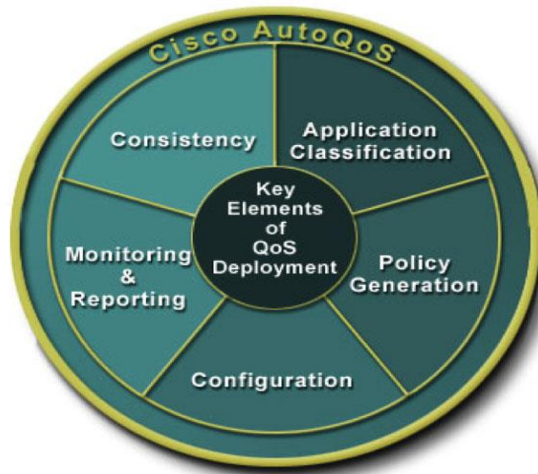
(Gorostiza, 2004)

### 4.3.2 Redes Heterogéneas

La comunicación a través de redes heterogéneas constituye un campo de investigación con gran interés. Dentro de éste contexto, la investigación en redes móviles Ad Hoc es una de las áreas con un mayor potencial. Las redes Ad Hoc están constituidas por terminales inalámbricos que se comunican entre ellos sin necesidad de utilizar una infraestructura preexistente, como sería una estación

base. El interés de la comunidad científica en éste nuevo tipo de redes, que implica la existencia de routers móviles, es considerable y creciente. Se puede esperar que las redes Ad Hoc empiecen a proliferar a medio plazo como complemento a redes celulares (por ejemplo para cubrir zonas de alta densidad de comunicación o para prolongar la duración de las baterías de terminales inalámbricos), o bien para aplicaciones concretas que no pueden depender de infraestructura pre-existente (catástrofes, equipos en ambulancias, etc.).

Figura 8. Cisco QoS



(Cisco, 2007d)

Aunque el concepto presentado por la definición de las redes Ad Hoc es ambicioso además de ser un escenario que permitiría complementar la conectividad actual, aún debe enfrentar y superar una serie de desafíos técnicos y tecnológicos para que puedan tenerse en la realidad sus beneficios prácticos(Giorgio Franceschetti, 2005).

#### 4.3.3 Conexión entre nodos

Uno de los aspectos más interesantes y más desafiantes en las redes Ad Hoc se refiere a la búsqueda e implementación de un protocolo de enrutamiento que sea lo suficientemente eficaz y eficiente para operar en las condiciones de alta movilidad y bajo ancho de banda que presentan estas redes. Es necesario aun buscar algoritmos que permitan que de forma general, la información requerida para actualizar los procesos dinámicos a los que se enfrenta la red sea comunicada con tiempo a los demás nodos que conforman la red y que sea aun útil. Igualmente diseñar los algoritmos de enrutamiento para que no consuman el escaso recurso en ancho de banda que tienen disponible. (Giuseppe Anastasi, 2009)

#### **4.3.3.1 Acceso al Medio.**

Un mecanismo de acceso al medio o canal que sea adecuado para disminuir el nivel de colisiones que se puedan dar entre las comunicaciones de los diferentes usuarios, que permita un acceso equitativo y justo entre ellos y contribuya a evitar los problemas de terminal oculto y los cambios rápidos de topología.

#### **4.3.3.2 Gestión de Potencia.**

Dado que los dispositivos a ser usados en este tipo de red son móviles y portátiles y basan su funcionamiento en el uso de baterías, es necesario que existan mecanismos (protocolos de acceso, protocolos de enrutamiento, modos de ahorro de energía, etc.) que optimicen el consumo de potencia de operación, haciendo que la vida útil de estas se extienda por el mayor tiempo posible.

#### **4.3.3.3 Mecanismos de Seguridad.**

Dada la alta movilidad a la que se someten estas redes y al uso de canales radio eléctricos compartidos, es mucho más vulnerable a ataques de seguridad (Denegación de Servicio, Escucha sin autorización, etc.) que las redes cableadas, por lo tanto es un aspecto importante para crear redes Ad Hoc seguras.

#### **4.3.3.4 Adaptación a nuevas Tecnologías Hardware.**

Se busca que los diferentes mecanismos usados para la operación de las redes Ad Hoc puedan adaptarse fácilmente a la diversidad de dispositivos que aparecen en el mercado y que puedan hacer uso de innovaciones y mejoras que brinden mejores características de operación, como el caso de las antenas inteligentes que existen hoy día.

#### **4.3.3.5 Calidad de Servicio.**

Uno de los aspectos relevantes actualmente en el entorno de las comunicaciones es la garantía de calidad de servicio que debe ofrecer la red a los usuarios que hacen uso de ella y por ende las redes Ad Hoc no pueden ser indistintas a ello. El aspecto de calidad de servicio en una red Ad Hoc es mucho más crítico que en las redes actuales (caso Internet), pues es mucho más difícil garantizar niveles o límites de retardo entre redes, Jitter o probabilidad de pérdida de paquetes, entre otros, cuando se opera en un entorno altamente dinámico y cuyos enlaces de comunicación inalámbricos son más vulnerables a diferentes efectos de propagación, niveles elevados de potencia de los vecinos, condiciones del entorno, etc(Glisic, 2009).

#### **4.3.3.6 Escalabilidad.**

Se buscan mecanismos que permitan que el número de usuarios de la red se incremente y que la red continúe suministrando el nivel de servicio que se espera sin degradarse ni colapsar la operatividad de la red.

#### **4.3.3.7 Falta de Modelos de Atenuación de Trayectos de Propagación, de Movilidad y de Tráfico.**

Actualmente no se cuenta con modelos precisos, bien definidos, probados y aceptados de las condiciones de propagación, de movilidad y de tráfico en ambientes de redes Ad Hoc.

#### **4.3.4 Redes Ad Hoc para Emergencias**

Las situaciones de emergencia requieren, en muchas ocasiones, del despliegue inmediato de redes Ad Hoc (esto es, redes que no precisan de una labor de planificación previa), las cuales se constituyen de forma dinámica según las necesidades que surgen en cada momento. Dada la improvisación con que estas infraestructuras deben trabajar, se caracterizan por unas peculiaridades específicas que es importante analizar, como son la robustez y la flexibilidad.(Glisic, 2009)

También se debe tener en cuenta el hecho de que dado el conjunto de cuerpos y entidades que participan en una situación de catástrofe, se deben concebir soluciones que permitan articular mecanismos de cooperación entre las diferentes redes y servicios, con el objetivo de que además de facilitar la colaboración entre ellos, siempre quede garantizada la comunicación con las respectivas estructuras de control.

A modo de ejemplo, seguidamente se describe lo que podría ser un caso de usuario para este entorno, en términos de infraestructuras y dispositivos:

- El personal de primeros auxilios dispone de una red de área personal que incluye PDA, cámaras, sensores e instrumentos que se comunican utilizando tecnologías de corto alcance como Bluetooth y UWB. También disponen de comunicación con las ambulancias mediante redes de área local tipo IEEE 802.11x/IEEE 802.16.
- Las ambulancias se comunican entre sí y con otros servicios de emergencia vía redes "troncales" (GPRS/UMTS o infraestructura satelital).

- Los coordinadores de los distintos cuerpos de actuación tendrán acceso a información geográfica o detalles de, por ejemplo, un edificio, a través de las mencionadas redes troncales. A la vez se comunican con sus compañeros a través de una red Ad Hoc, la cual sirve de soporte para transmitir detalles de parámetros ambientales críticos a la hora de tomar decisiones en relación a la seguridad de los individuos implicados.

#### **4.3.5 Garantías de la Calidad de Servicio QoS (Hekmat, 2008)**

La llegada de las comunicaciones móviles de tercera generación, conocida bajo el concepto IMT-2000 dentro de ITU y como UMTS en el ámbito europeo, tiene como una de sus directrices principales la adopción de las denominadas técnicas de transmisión en modo paquete en sustitución de las actuales soluciones basadas en conmutación de circuitos. Por otro lado, la demanda de servicios multimedia de características cada vez más heterogéneas está sufriendo un enorme auge, sobre todo debido a la fuerza que está adquiriendo Internet como red de comunicación global para todos los ámbitos de la economía y la sociedad. En el terreno del acceso móvil a Internet, las comunicaciones móviles de tercera generación representan un eje crucial para permitir que el punto de acceso a la red sea tan móvil como los posibles usuarios finales. Por tanto, el acceso a dichas comunicaciones debe soportar y dar servicio a un número indeterminado de aplicaciones multimedia con características de tráfico variadas y variables. Estas aplicaciones incluyen el comercio electrónico, las transacciones bancarias seguras, el vídeo bajo demanda, los sistemas de localización, la navegación por la red, la consulta de bases de datos, el envío de fotografías, música, etc. Todas estas aplicaciones ya están proyectadas en la actualidad, pero deben tenerse en cuenta también todas las posibles que puedan sugerir en un futuro cercano.

Deben arbitrarse los mecanismos adecuados para garantizar una cierta calidad de servicio (QoS) a cada una de las conexiones asociadas a cada aplicación. Así, para que el usuario final pueda recibir correctamente una secuencia de vídeo, es necesario que la tasa de transmisión esté por encima de un cierto umbral. Asimismo, la descarga de un cierto fichero de información importante puede requerir un tiempo máximo de transmisión. Evidentemente, los parámetros de esta calidad necesaria pueden ser tan variados como los son las mismas aplicaciones. Por ejemplo, dos conexiones, una para transferir mensajes de correo electrónico y otra para escuchar una secuencia de audio, no requerirán el mismo caudal ni la misma cota de retardo de transmisión. Es necesario en primer lugar, por tanto, definir correctamente los criterios de calidad que se va a exigir al sistema para cada conexión. Estos criterios pueden basarse en medidas objetivas o subjetivas sobre la percepción de calidad que tendrá el usuario final.

### **4.3.6 Parámetros de control**

#### **4.3.6.1 Protocolo de Acceso al Medio (MAC)**

Especifica la manera en la que los usuarios acceden al sistema para iniciar la transmisión de un conjunto de paquetes de datos. Aunque hasta la fecha se han estudiado un gran número y variedad de protocolos de este tipo, todos ellos tienen en común que contienen un cierto grado de aleatoriedad en el acceso. Cuando mayor es este grado de aleatoriedad, mayor es su flexibilidad, pero peor es su comportamiento cuando tratan de preservar unos ciertos requisitos de retardo máximo en el acceso. Por tanto, cuando una cierta calidad de servicio debe ser garantizada, el grado de aleatoriedad debe ser reducido en la medida de lo posible. (Hong, 2007)

#### **4.3.6.2 Algoritmo de gestión de recursos (scheduling)**

Especifica el instante en el que un usuario que ya ha ganado acceso al sistema a través del MAC puede comenzar la transmisión de su información. También indica qué cantidad de recursos puede utilizar en esta transmisión. En sistemas CDMA esto incluye la ganancia de procesamiento y la potencia transmitida. Este mecanismo requiere de la definición de algún tipo de regla de priorización entre los usuarios así como de un algoritmo para distribuir los recursos entre ellos y así garantizar la calidad de servicio.

#### **4.3.6.3 Asignación dinámica de canales**

Este mecanismo es el responsable de decidir qué recursos (slots, secuencias de códigos, etc.) en concreto deben ser utilizados para realizar las transmisiones. Deberá trabajar en estrecha colaboración con el algoritmo de gestión de recursos (*scheduling*). (Hong, 2007)

#### **4.3.6.4 Control de admisión**

Es el encargado de decidir cuántos usuarios y de qué tipo pueden ser aceptados y en consecuencia pueden tratar de acceder al sistema. Este control de admisión es por tanto inherentemente dependiente del protocolo MAC y del algoritmo de gestión de recursos utilizado. Cuánto mejor trabajen estos dos mecanismos, mayor será el número de usuarios que podrán ser admitidos en el sistema. Los criterios de admisión de usuarios deben ser los adecuados para garantizar que todos los usuarios cumplan sus requerimientos de calidad de servicio. El número de usuarios máximo que pueden aceptarse en el sistema, teniendo en cuenta que puede haber usuarios con diferentes patrones de tráfico y requisitos de calidad, es lo que define la llamada *región de admisión*.

#### 4.3.7 Clases de Servicio

Se define Clase de Servicio (CS) como el conjunto de parámetros de calidad de transmisión que delimitan las características de un cierto flujo de información. En principio, cada una de las aplicaciones posibles (cuyo número es en principio indefinidamente grande), tendrá asociada una o más CS. Cada uno de los flujos de información generados y que deben ser transmitidos por la aplicación tendrá asignada una CS. Las conexiones asociadas a una CS generarán información siguiendo un cierto *patrón de tráfico*. Se define *patrón de tráfico* como la estadística con la que una cierta conexión genera paquetes de información. Los modelos de generación de tráfico se caracterizan por variables aleatorias y procesos estocásticos. Por tanto, el conocimiento completo de un cierto patrón de tráfico implica la definición de todos los momentos estadísticos de las variables aleatorias que definen el patrón. Es evidente que el planteamiento de un sistema de comunicaciones que pueda dar cabida a la infinidad de patrones de tráfico posibles, cada uno de ellos con sus requerimientos de calidad, representa una tarea poco menos que inabordable. Es por ello que debe arbitrarse una solución viable y aplicable a un entorno real. Una solución posible consiste en la definición de un conjunto acotado de CS a las que deban acogerse todas las conexiones activas en el sistema y sus correspondientes aplicaciones. Este conjunto debe ser lo suficientemente amplio como para abarcar, de un modo suficientemente preciso, la totalidad de las prácticas de las conexiones que puedan requerir servicio del sistema, y a su vez lo suficientemente restringido como para simplificar en lo posible la implementación real de los mecanismos de gestión de recursos. (IEEE, 2006)

Por tanto, cuando una aplicación quiera ser servida por el sistema de transmisión, deberá analizar cada una de sus conexiones o flujos de información activos. Este análisis debe permitir decidir cuál de las CS definidas en el sistema resulta más adecuada a las necesidades de calidad de transmisión y se ajusta mejor al patrón de tráfico de cada conexión. Esta decisión deberá hacerse siempre basándose en un análisis conservador de los requerimientos, para asegurar así el cumplimiento de los requisitos necesarios para todas y cada una de las conexiones activas. En este sentido, el uso de conformadores de tráfico para 'suavizar' el tráfico ofrecido al sistema es una técnica frecuentemente utilizada en los sistemas actuales.

De este modo, el sistema de comunicaciones verá las conexiones de todas las aplicaciones como un conjunto acotado y determinado de Clases de Servicio, cuyas características son conocidas a priori, lo que permite una planificación eficiente de la gestión del tráfico. Tanto el dimensionado de los accesos, enlaces y redes de comunicaciones, como la gestión de todo el funcionamiento del sistema para poder garantizar la calidad de servicio de las conexiones activas resultan realizables con un grado de complejidad abordable. (Ilyas, 2006)

#### **4.3.8 Parámetros de Calidad de Servicio (QoS)**

De cara a la definición de las CS soportadas por el sistema, se hace necesario establecer los parámetros de transmisión que delimitan la calidad del servicio. Estos parámetros deberán tener una relación directa con la percepción que el usuario final (no necesariamente un ser humano) deba tener de la calidad de la conexión. Como usuario final se entiende cualquier nivel superior del sistema de comunicaciones que tenga unas necesidades de calidad determinadas. Así por ejemplo, para el caso de una aplicación de transmisión de voz en tiempo real, deberán establecerse relaciones entre los parámetros medibles de la transmisión (retardo máximo de los paquetes, diferencia máxima entre retardos de paquetes, tasa máxima de paquetes perdidos, tasa máxima de errores en los bits de los paquetes, etc.) y la percepción subjetiva de inteligibilidad del habla. (Ilyas, 2006)

Será por tanto el tipo de aplicación o usuario al que se deba dar servicio lo que condicionará el tipo y los valores de los parámetros que marcarán la definición de cada CS. Por cuestiones de simplicidad, en los trabajos de análisis de calidad de servicio realizados se ha considerado un conjunto acotado de parámetros de servicio, que se detallan a continuación:

##### **4.3.8.1 Retardo medio de los paquetes de información.**

Se entiende por retardo de cada paquete el tiempo transcurrido desde que el bloque de información llega a la capa MAC hasta que es transmitido correctamente por la capa física.

##### **4.3.8.2 Varianza del retardo de los paquetes de información.**

El retardo de cada paquete, tal y como se ha definido en el punto anterior, es una variable aleatoria de la que se puede obtener su desviación típica y su varianza.

##### **4.3.8.3 Retardo máximo de los paquetes de información.**

Se puede establecer un cierto tiempo de vida máximo de los paquetes, de tal modo que cuando el retardo de uno de ellos es superior a este tiempo de vida, el paquete es descartado.

##### **4.3.8.4 Tasa máxima de paquetes perdidos.**

Porcentaje de paquetes descartados a causa de que su retardo ha superado el tiempo de vida prefijado para ellos.

#### 4.3.8.5 Tasa de error media en los bits de información.

Puede definirse antes o después de codificación, e indica el número relativo de bits erróneos (medido en porcentaje o como una probabilidad) que pueden admitirse por la aplicación.

#### 4.3.8.6 Velocidad media de transmisión garantizada.

Normalmente medida en Kbps, indica la velocidad media de transmisión para intervalos 'largos' de tiempo. Un intervalo largo se define como un número suficientemente grande de unidades de tiempo del sistema. Este número deberá ser grande en comparación con el tiempo en el que pueden variar las condiciones del tráfico ofrecido.

#### 4.3.8.7 Velocidad mínima instantánea de transmisión.

También medida en Kbps, indica la velocidad mínima de transmisión de datos, si la hay, que se le garantiza a una red.

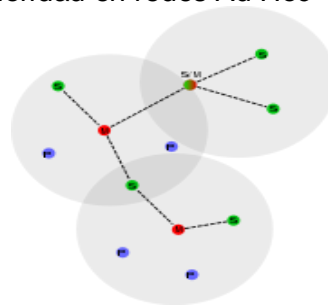
#### 4.3.8.8 Conexión determinada.

Si este valor es mayor que cero, indica que se está reservando una cierta cantidad de recursos de transmisión mínimos en exclusiva para la conexión, independientemente de la carga restante del sistema.

#### 4.3.8.9 Velocidad máxima instantánea de transmisión.

Indica la máxima velocidad de transferencia que le es permitida a una cierta conexión. Este valor puede usarse para impedir que una única conexión pueda copar una cantidad excesivamente grande de recursos del sistema, y evitar los problemas que de este hecho pudieran derivarse. Normalmente, una CS estará definida por un subconjunto de estos parámetros, así como los valores correspondientes para cada uno de ellos.

Figura 9. Nodos por grados y prioridad en redes Ad Hoc



(J. Gross, 2000)

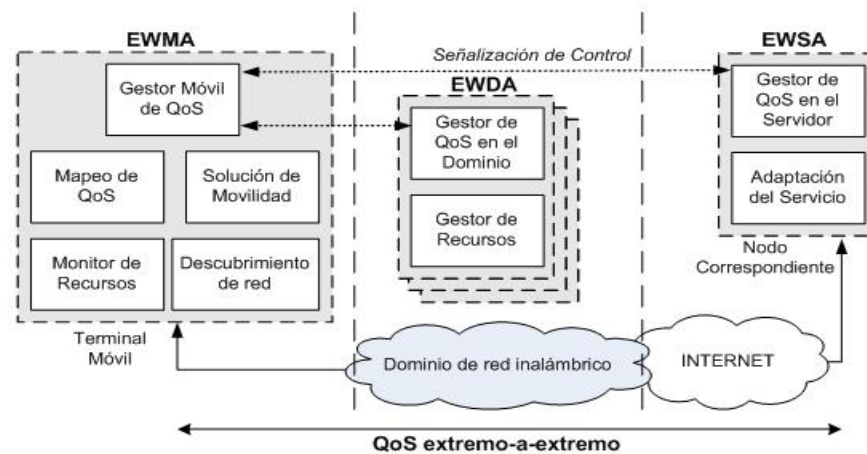
Calidad de servicio (QoS) es una medida del nivel de servicio de un dato particular que entra a la red. Se espera que la red garantice un conjunto de atributos estimados pre-especificados de servicio a los usuarios en términos de extremo a extremo, tales como el rendimiento, latencia, el ancho de banda, la probabilidad de pérdida de paquetes, jitter y así sucesivamente. El consumo de energía es otro atributo de calidad de servicio que es más específico para el funcionamiento de redes móviles Ad Hoc redes (MANET). Protocolos tradicionales de Internet como recurso de QoS Protocolo de Reserva (RSVP) no puede ser fácilmente migrada a los entornos inalámbricos, debido a la naturaleza propensa a errores de enlaces inalámbricos y la alta movilidad de los dispositivos móviles. Esto es cierto para redes móviles Ad Hoc, donde cada nodo se mueve arbitrariamente, causando múltiples saltos, topología de red que cambiante aleatoriamente y a veces impredecibles.(Iván Vidal, 2006)

#### 4.3.9 Módulos para QoS

Cuando un terminal móvil se mueve entre diferentes redes inalámbricas, se deben ejecutar varios procedimientos de señalización relacionados con los métodos de mantenimiento de la QoS, necesarios tanto antes como después de que la solución de movilidad haya realizado el traspaso entre redes. Cada una de las tres entidades de la arquitectura es responsable de un número de funcionalidades diseñadas para aspectos específicos de QoS.(Hekmat, 2008)

La figura numero 10 refleja el modelo de referencia de la arquitectura Easy Wireless en el que se muestran los principales módulos relacionados con QoS. A continuación se describen brevemente las funcionalidades de las entidades desde el punto de vista de QoS:

Figura 10. Modelo de referencia arquitectura easy



(Juan Carlos Cano, 2009)

#### 4.3.9.1 El EWDA (Agente de Dominio).

Se encarga de reservar los recursos necesarios en la red destino del traspaso y de comunicarse con el EWDA de la red origen para liberar los recursos después de que aquél ha finalizado. Si no logra reservar los recursos necesarios, se lo comunica al EWMA para que éste solicite al EWSA la adaptación de sus servicios a los recursos disponibles en ese momento.

#### 4.3.9.2 El EWSA (Agente de Servidor).

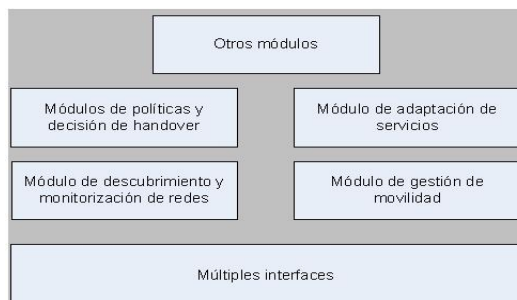
Adapta las aplicaciones en el CN (nodo correspondiente) en función de los actuales recursos disponibles en la red.

#### 4.3.9.3 El EWMA (Agente Móvil).

Está estrictamente relacionado con el EWDA, al cual pregunta acerca de los recursos asignados, según los requisitos de QoS del terminal, antes de llevar a cabo el traspaso. Al mismo tiempo, implementa los mecanismos necesarios para mantener la QoS antes y después del procedimiento. También gestiona los interfaces inalámbricas que incorpora el terminal móvil, así como las conexiones con las redes que están involucradas en el proceso de traspaso. Además, implementa señalización extremo a extremo con el EWSA para disparar la adaptación de servicios, en caso de ser preciso (cuando la red inalámbrica de destino no puede asignar los recursos necesarios).

En la figura 11 se expresa la arquitectura de continuidad de servicio adoptada en el marco del proyecto, en la que de nuevo se divide la funcionalidad a desempeñar en una serie de módulos. La solución tecnológica concreta para cada módulo, incluso su necesidad o no, dependerá del área de aplicación considerada. (Li, 2007)

Figura 11. Arquitectura de continuidad de servicio



(Juan-Carlos Cano, 2009)

#### **4.3.9.4 Módulo de descubrimiento y monitorización de redes.**

Es el responsable de monitorizar qué redes están disponibles, qué parámetros de conexión se necesitan y qué recursos hay en cada una de ellas (por ejemplo: retardo, ancho de banda, relación señal-ruido, pérdida de paquetes, consumo energético, etc.). En este módulo juegan un papel fundamental los agentes de medidas.

#### **4.3.9.5 Módulo de políticas y decisión de handover.**

Decide cuándo hacer el traspaso de una red a otra, según unas determinadas reglas. Los parámetros de QoS (por ejemplo, retardo y ancho de banda disponibles) guiarán esta decisión. Este módulo también gestiona el traspaso de manera que se realice de forma rápida y transparente.

#### **4.3.9.6 Módulo de gestión de movilidad.**

Se encarga de llevar a cabo de forma efectiva el traspaso. La solución concreta depende del área de aplicación, de manera que se puede identificar tres tipos de módulos:

- Gestión de movilidad de nodo final, para el traspaso entre redes WLAN y celulares en el ámbito del hogar y la oficina.
- Gestión de conmutación a bordo (On-board Services Switch, OSS), para el entorno del transporte público.
- Gestión de movilidad en redes Ad Hoc en situaciones de emergencia.

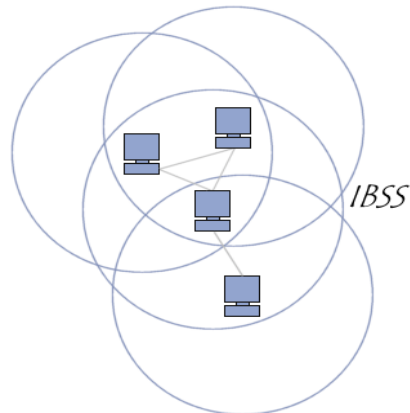
#### **4.3.9.7 Módulo de adaptación de servicios.**

Se encarga de notificar a la aplicación sobre los cambios que acontecen a nivel de red y que pueden afectarle, de manera que ésta se pueda adaptar a ellos (por ejemplo, el menor ancho de banda disponible, que puede hacer que la aplicación use un códec diferente para codificar el vídeo que está enviando) (Yutaka Mori, 2004).

#### **4.3.9.8 Otros módulos.**

Otros módulos opcionales que puedan estar presentes, dependiendo de las necesidades, como son, por ejemplo, el de descubrimiento de servicios en el entorno, el de conformación de tráfico para adaptarse al ancho de banda de la red, el de seguridad, etc.

Figura 12. Entorno en redes Ad Hoc IBSS



(Yutaka Mori, 2004)

Los objetivos a evaluar desde el punto de vista de la arquitectura de red son claramente los relacionados con movilidad y calidad de servicio, todas ellas con el protocolo 802.11. Para ello se requiere una movilidad de alto rendimiento y soporte de calidad de servicio. Las áreas de estudio se detallan a continuación:

- Redes móviles: entorno doméstica
- Movilidad global: espacios y coberturas
- Movilidad regional: comunicación, cantidad de nodos, requerimientos de conexión, y entorno.

#### **4.3.10 Características de las redes Ad Hoc**

##### **4.3.10.1 Seguridad**

Los servicios Ad Hoc no implican muchos problemas nuevos. Los requisitos relativos a la autenticación, la confidencialidad y la integridad o no repudio son los mismos que para otras muchas redes de comunicaciones públicas. En una red inalámbrica ad hoc, la confianza es un problema fundamental.

La política de seguridad a aplicar en un entorno Ad Hoc dependerá, en gran medida, de la aplicación y del escenario concretos para los que se realiza el despliegue de la red. Las propuestas de seguridad se centran en aspectos concretos del problema. Se pueden identificar tres aspectos clave que deberán ser cubiertos por cualquier política de seguridad en redes Ad Hoc: sistemas de detección de intrusiones (IDS), seguridad de los protocolos de enrutamiento y servicios de gestión de claves (Zhang, 2000).

#### **4.3.10.2 Ancho de banda limitado**

El ancho de banda disponible en las redes Ad Hoc es menor, comparado con el ancho de banda disponible en las redes de infraestructura preestablecida, ya que no se puede asegurar un ancho de banda mínima constante como lo ofrecen los cables o fibras.

#### **4.3.10.3 Escalabilidad**

Se buscan mecanismos que permitan que el número de usuarios de la red se incremente y que la red continúe suministrando el nivel de servicio que se espera sin degradarse ni colapsar la operatividad de la red.

#### **4.3.10.4 Acceso al Medio**

Un mecanismo de acceso al medio o canal que sea adecuado para disminuir el nivel de colisiones que se pueda dar entre las comunicaciones de los diferentes usuarios, que permita un acceso equitativo y justo entre ellos y contribuya a evitar los problemas de terminal oculto y los cambios rápidos de topología.

#### **4.3.10.5 Interferencia en redes Ad Hoc**

La interferencia en redes Ad Hoc es uno de los factores más significativos que limitan la capacidad y la escalabilidad de la red, cuando el medio o canal es compartido la interferencia no puede evitarse pero si reducirse. Los protocolos de control de potencia ajustan la potencia de transmisión de los paquetes de tal forma que los rangos de transmisión sean los más pequeños posibles; de esta forma se reduce la interferencia usando de nuevo el espacio disponible. Los protocolos de control de potencia mejoran el desempeño de la red sin embargo estos valores mínimos de potencia pueden no ser los más adecuados.

Operación en forma distribuida, el término distribuido hace referencia a que en una red Ad Hoc, normalmente los nodos tienen un conocimiento local sobre su entorno. Es decir, cada nodo solo conoce la información sobre los nodos vecinos que se encuentran dentro de su radio de transmisión y no tiene un conocimiento global de la red.(Scott, 2003)

#### **4.3.10.6 Fluctuación de los enlaces**

El efecto de una alta tasa de error de bits, es decir, la transmisión de información errada, es más significativo en una red móvil Ad Hoc de múltiples saltos, ya que el agregado de todos los errores en los enlaces afecta significativamente la calidad de la información recibida.(Scott, 2003)

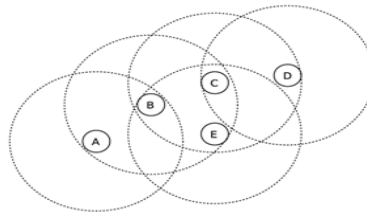
#### 4.3.10.7 Topología Dinámica

La auto-organización es un fenómeno, el comportamiento sencillo de las entidades individuales (nodos) conllevando a una organización sofisticada del sistema general. Las redes Ad Hoc se basan en este comportamiento y por esta razón se constituyen en una tecnología ideal para establecer comunicación en aplicaciones donde los usuarios son móviles.

En una red Ad Hoc los nodos se comportan de forma autónoma, permitiendo que estos se muevan libremente en cualquier dirección y en cualquier momento de forma independiente respecto de los demás nodos.

Un nodo puede establecer un enlace inalámbrico con otro nodo, si este se encuentra dentro de su rango de transmisión. De lo contrario, debe existir una ruta formada por nodos intermediarios que faciliten la transmisión de los datos o la información. En este tipo de redes, la movilidad y la topología es un factor determinante para el diseño de control adecuado en la red.

Figura 13. Topología dinámica



(Kumar, 2005)

#### 4.3.11 Protocolos Existentes para Redes Ad Hoc

La comunicación a través de redes heterogéneas constituye un campo de investigación con gran interés. Dentro de éste contexto, la investigación en redes móviles Ad Hoc es una de las áreas con un mayor potencial; estas redes están constituidas por terminales inalámbricos que se comunican entre ellos sin necesidad de utilizar una infraestructura preexistente, como sería una estación base.

En los protocolos proactivos o globales cada nodo mantiene información de enrutamiento de los demás nodos de la red. La información de enrutamiento se almacena en diferentes tablas. Responden a los cambios de topología propagando actualizaciones para mantener una red estable. (Abolhasan, 2003)

La diferencia entre ellos está en la forma en que se propaga esta información de actualización y en el tipo de información guardada en las tablas de enrutamiento.

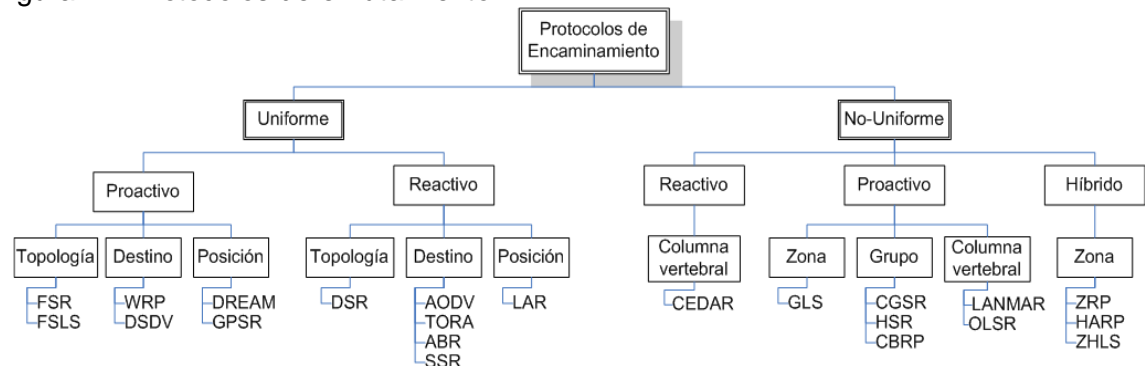
Los protocolos reactivos se diseñaron para reducir la carga de control que se produce en los protocolos proactivos. Para ello se mantiene la información solamente de los nodos activos (On-demand). Las rutas se determinan y mantienen solamente cuando un nodo en cuestión tiene que enviar información.(Abolhasan, 2003)

Los protocolos híbridos son una nueva generación de protocolos que incluyen características proactivas y reactivas. Se han pensado para mejorar la escalabilidad y reducir la carga de información necesaria para el descubrimiento de rutas. Para ello permiten a los nodos cercanos trabajar como una unidad, es decir, sin necesidad de intercambio periódico de información de control.(Abolhasan, 2003)

#### 4.3.12 Enrutamiento en Redes Ad Hoc

El enrutamiento en redes Ad Hoc inalámbricas debe satisfacer ciertos objetivos: minimización de costos inherentes: ante la escasez de recursos de potencia y ancho de banda, debe reducirse tanto la cantidad de mensajes de control intercambiados como la carga computacional de las operaciones.

Figura 14. Protocolos de enrutamiento



(Li, 2007)

##### 4.3.12.1 Capacidad multisalto.

Debe asegurarse el reenvío de paquetes a través de los nodos de la red dado que habitualmente el destino no se encuentra dentro del alcance de la fuente.

##### 4.3.12.2 Mantenimiento dinámico de topología.

Debido a las características cambiantes de la red, las rutas establecidas deberán ser actualizadas.

#### 4.3.12.3 Eliminación de bucles.

La posibilidad de que un nodo sea visitado más de una vez por un paquete en su trayecto hacia el destino implica un costo inaceptable de ancho de banda y recursos de procesamiento y transmisión, admitiendo diversos modos de operación.

#### 4.3.12.4 Distribuido.

El fundamental, dada la estructura de la red.

#### 4.3.12.5 Bajo demanda.

La adaptación del enrutamiento a los patrones de tráfico particulares de cada situación hace posible reducir el gasto de ancho de banda y potencia, aunque se amplía el tiempo de obtención de la ruta.

#### 4.3.12.6 Activo.

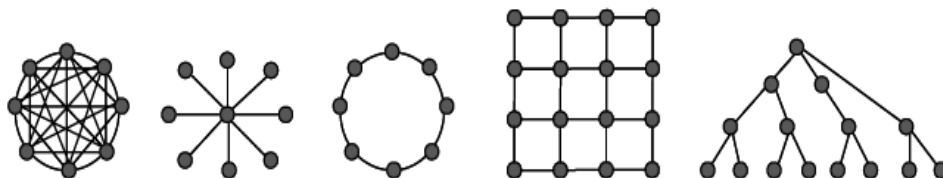
Solventa el problema anterior y cubre aplicaciones que necesitan de un envío sistemático de datos, como monitorización.

Con estos propósitos se ha desarrollado una gran cantidad de protocolos de enrutamiento que optan por criterios de diseño en distintas líneas. De este modo, puede sugerirse una serie de taxónomas de protocolos de enrutamiento en redes Ad Hoc. (Basagni, 2004)

#### 4.3.13 Teoría de Grafos

La Teoría de grafos desempeña un papel importante en la fundamentación matemática de las redes. Los grafos constituyen una herramienta básica para modelar fenómenos discretos y son fundamentales para la comprensión de las estructuras de datos y el análisis de algoritmos. (Gross, 2006)

Figura 15. Esquemas de grafos para redes Ad Hoc



(Giorgio Franceschetti, 2005)

Existen diferentes formas de almacenar grafos en una computadora. La estructura de datos usada depende de las características del grafo y el algoritmo usado para manipularlo; entre las estructuras más sencillas y usadas se encuentran las listas y las matrices, aunque frecuentemente se usa una combinación de ambas. Las listas son preferidas en grafos dispersos porque tienen un eficiente uso de la memoria; por otro lado, las matrices proveen acceso rápido, pero pueden consumir grandes cantidades de memoria.

Grafo  $G = (V, E)$ , para los grafos en redes, se denota Grafo  $G = (N, L)$

$N$  = un conjunto de  $n$  vértices o sea Nodo

$L$  = un conjunto de aristas  $m$  (o sea, arcos) conectando pares de vértices Link (Conexión)

$E$  = un conjunto de aristas  $m$  (o sea, arcos) conectando pares de vértices,  $(u, v) \in E$

Notación:  $|N| = n, |L| = m$

#### **4.3.13.1 Caminos**

Una sucesión de aristas adyacentes que empieza en  $v$  y termina en  $w$  se llama un camino de  $v$  a  $w$  el largo de un camino es el número de aristas que contiene la distancia de  $v$  y  $w$  es el largo mínimo de todos los caminos de  $v$  a  $w$  la distancia de un vértice a sí mismo es cero un ciclo es un camino donde se regresa al vértice inicial un camino simple solamente recorre la misma arista una vez, nunca dos veces o más el diámetro de  $G$  es la distancia máxima en todo el grafo.

#### **4.3.13.2 Conectividad**

$G$  es conexo si cada par de vértices está conectado por un camino si no existe ningún camino de  $v$  a  $w$  en  $G$ , el grafo está no conexo  $G$  es fuertemente conexo si cada par de vértices está conectado por al menos dos caminos disjuntos un grafo desconectado se puede dividir en componentes conexos.

### **4.3.14 QoS en Diferentes Capas (Y. Zhang, 2000)**

#### **4.3.14.1 Capa de Aplicación.**

Los requisitos de una clase particular de servicio (CoS) y su forma adaptativamente cambiante de CoS en función del estado de la red (con los comentarios de la red) para que sus paquetes no sean rechazados si la red no puede mantenerse al día con el Consejo de Estado que desee.

#### **4.3.14.2 La capa de sesiones o la de presentación.**

Estos pueden actuar como clasificadores que distingue entre el Consejo de Estado y de diferentes datos de los mapas pertenecientes a diferentes clases de colas separadas para la capa de transporte.

#### **4.3.14.3 La capa de transporte.**

Las CoS superiores más la cola a menudo, usando algún arbitraje y mapas de las tres clases de servicio a los diferentes canales de la red de la capa de transporte (un protocolo de enrutamiento diferente para cada CoS).

#### **4.3.14.4 La capa de red.**

Cada una de las CoS ve los datos de manera diferente, utilizando diferentes mecanismos de enrutamiento y enviando los datos en tres (3) diferentes cola para la capa de enlace.

#### **4.3.14.5 La capa de enlace.**

Para las diferentes CoS utiliza diferentes protocolos que los datos puedan ser entregados más rápido, mejor y seguro.

#### **4.3.14.6 La capa física.**

e utiliza para los sistemas de corrección de errores y permite dar más tiempo para la transmisión a más CoS. Además puede adaptarse para cambiar los esquemas de modulación, con respecto al estado del canal, por lo tanto tratar de ofrecer un servicio incluso cuando el canal Bit Error Rate (BER) es alto.

#### **4.3.15 Recursos Reservados de QoS**

El modelo de calidad de servicio especifica la arquitectura en la que ciertos servicios podrían proporcionarse en la red. Un modelo de QoS para MANETs debe considerar primero los retos de la MANET, por ejemplo, la topología dinámica y variable en el tiempo la capacidad de enlace. Además, las posibles aplicaciones comerciales de MANETs requieren una conexión transparente a Internet. Así, el modelo de QoS para MANETs también debe considerar la calidad de servicio, arquitecturas existentes en la Internet.

Si un flujo tiene alguna garantía de calidad de servicio, se le tendrá que ser asignado algunos recursos que serán exclusivamente para su uso. Esto asegurará que tan pronto como el paquete de flujo particular llega a un nodo, no tendrá que esperar algún camino o recurso para ser liberados y que será transmitido al siguiente nodo "al instante". Otra cuestión que surge aquí es lo que los recursos

deben ser reservados para un determinado conjunto de parámetros de calidad de servicio y la forma en que se liberarán cuando se termina el flujo. Señalando que un conjunto particular de recursos se han asignado también es un problema importante.(Xu, 2004)

#### **4.3.16 Enrutamiento con QoS**

El enrutamiento con QoS debe ser garantizado por la capa de red. La idea es encontrar una ruta hacia el destino que cumpla los requisitos de QoS. Esta ruta es a veces llamada como "calidad de servicio de ruta conocida." Esta forma es muy importante porque los nodos son móviles, las conexiones se rompen y se hará de forma dinámica y por tanto, el protocolo de ruteo debe hacerse cargo de esas situaciones.

Alguna garantía de acceso al medio debe ser proporcionada por la capa de enlace de datos, para apoyar los requisitos indicados por QoS. Esto desempeña un papel muy importante en el cumplimiento de los objetivos deseados debido a que el nodo transmisor debe obtener el tiempo de transmisión requerido para que pueda enviar los datos al siguiente nodo. Collision Avoidance (CA), el terminal oculto y los problemas de terminales expuestos deben ser resueltos.(Xiang-Yang Li, 2009)

#### **4.3.17 Desafíos a Enfrentar**

Distintas propiedades de enlace físico: Debido a que la conexión inalámbrica es impredecible y variable en el tiempo, se hace difícil asegurar que un nivel mínimo de servicio sea satisfecho.

##### **4.3.17.1 Problemas de acceso al medio.**

Debido a que el canal inalámbrico es compartido por muchos dispositivos, gestionar este canal de tal manera que se cumplan las garantías de calidad de servicio es difícil.

##### **4.3.17.2 Rutas.**

Debido a que los nodos son móviles, ocurren cambios de topología de red al azar con el tiempo, luego el protocolo de enrutamiento necesita actualizar las rutas y los vínculos.

##### **4.3.17.3 Consumo de energía.**

Los nodos, siendo móviles, tienen una capacidad de potencia limitada.

#### **4.3.17.4 Caracterización del estado del enlace.**

Debido a los cambios de la red con el tiempo, se necesita tener algún mecanismo, que puede seguir para actualizar el estado de la red, sobre esa base, predecir si será capaz de lograr una calidad particular de requerimiento de servicio o no.

#### **4.3.17.5 Topologías dinámicas.**

Los nodos son libres de moverse de manera arbitraria, por lo que la topología de red que normalmente es multi-salto pueden cambiar rápidamente y al azar, a veces impredecible, lo cual puede consistir tanto de los vínculos bidireccionales y unidireccionales.

#### **4.3.18 Temas y Consideraciones de Diseño (Xiang-Yang Li, 2009)**

Servicios de adaptación para los medios de comunicación de flujo continuo, el paradigma más adecuado para el servicio móvil de las redes Ad Hoc es adaptable en la naturaleza. Se observa que la voz de adaptación y aplicaciones de video que funcionan en redes celulares móviles son capaces de responder a la pérdida de paquetes, jitter, cambios en el ancho de banda disponible y sustitución de rutas, manteniendo un cierto nivel de calidad del servicio. Aunque la adaptación de aplicaciones multimedia puede responder a la dinámica de la red, que típicamente requieren alguna garantía de ancho de banda mínimo por debajo del cual están inutilizados. En este contexto, los servicios de adaptación proporcionan un mínimo de garantías de ancho de banda de voz en tiempo real y los flujos de vídeo y datos, lo que permite mejorar el nivel (es decir, máximo ancho de banda) del servicio que se entregarán cuando se disponga de la gestión de recursos para establecer rutas a través de la red que cumplan de extremo a extremo los requisitos de QoS. En éste caso, hay un cierto nivel de integración de la gestión de recursos y de enrutamiento. Se podría aplicar éste enfoque a protocolos de enrutamiento MANET, dado que las escalas de tiempo durante el cual las nuevas rutas se calculan son mucho más rápidos que los que tradicionalmente se encuentran en el caso de enrutamiento en las infraestructuras fijas. Tareas de configuración de sesiones y de enrutamiento (es decir, nuevas rutas de computación) son distintas y funcionalmente independientes. Por lo tanto, la señalización, la gestión de recursos y de enrutamiento debe ser modelado de forma independiente en la arquitectura de red.

En sistemas de la banda de señalización son capaces de funcionar cerca de las velocidades de transmisión de paquetes y por lo tanto muy adecuado a responder a la rápida dinámica de escala de tiempo en entornos móviles Ad Hoc. La expresión "en la banda de señalización" significa llevar la información de control junto con los datos, mientras que el término "fuera de la banda de señalización"

significa llevar la información de control en los paquetes de control independiente y canales que son diferentes de la ruta de datos.

El enfoque "de estado flexible" implica la gestión estatal en los nodos intermedios de enrutamiento que es adecuado para la gestión de las reservas en las redes móviles Ad Hoc. Los modelos de estado flexible de la naturaleza transitoria en la reserva de la red, que tiene que responder a un rápido tiempo de escala en la dinámica inalámbrica, el tiempo de cambios en la movilidad de moderada magnitud y más largo período de tiempo de escala "los tiempos de mantenimiento."

Por lo tanto, el desarrollo de nuevos marcos de calidad de servicio y protocolos basados en la noción de la banda de señalización y flexibilidad de gestión estatal y construido con la separación de enrutamiento, QoS, señalización y las funciones de transmisión, ofrecerá una respuesta escalable y flexible solución a la prestación de servicios móviles de adaptación en las redes Ad Hoc.(Wen-Zhan Song, 2007)

#### **4.3.19 Clasificación de Soluciones de QoS**

Las soluciones de calidad de servicio son básicamente clasificados en enfoque de calidad de servicio y las capas en el que operan. Enfoques de calidad de servicio se pueden clasificar en los siguientes tipos.

##### **4.3.19.1 Asociado.**

Aquí, habrá una estrecha interacción entre el algoritmo de enrutamiento y el mecanismo de QoS para proporcionar garantías de QoS.

##### **4.3.19.2 Desasociadas.**

Aquí, no habrá ningún protocolo de enrutamiento en el que el mecanismo de QoS es dependiente.

##### **4.3.19.3 Independiente.**

Aquí, la red de protocolos de la capa no dependen de la MAC.

##### **4.3.19.4 Dependientes.**

Los protocolos de la capa de red dependen de la capa MAC.

#### **4.3.19.5 Cuadro impuestas.**

Habrá una tabla de enrutamiento de cada nodo que ayuda en la transmisión de los paquetes.

#### **4.3.19.6 Por demanda.**

El nodo fuente se encuentra la ruta. No se proporcionan las tablas de enrutamiento.

#### **4.3.19.7 Híbrido.**

Esto incluye las características de la tabla tanto las impuestas como las obtenidas en la demanda.

#### **4.3.20 Solución de QoS en la Capa MAC**

Los componentes QoS de apoyo en las capas superiores, tales como se nalizaci n y enrutamiento, suponen la existencia de un protocolo MAC, que resuelve los problemas de medio de contención, soportes de comunicación unicast fiable, proporcionando los recursos de reserva para el tráfico en tiempo real en un entorno distribuido inalámbrica. Una gran cantidad de protocolos MAC han sido propuestos para las redes inalámbricas. Lamentablemente, sus objetivos de diseño son generalmente para resolver medios de congestión y ocultos y los problemas expuestos de terminales para mejorar el rendimiento. La mayoría de ellos no ofrecen recursos de reserva ni garantías de QoS para el tráfico en tiempo real. El primer problema que un protocolo MAC en las redes inalámbricas debe resolver es el problema de terminales ocultos o expuestos. En segundo lugar, un protocolo MAC QoS debe proporcionar los recursos de reserva y garantías de QoS para el tráfico en tiempo real. Los siguientes son los protocolos MAC que garantiza calidad de servicio; evitar colisión por acceso múltiple con Piggyback de reserva (MACA / PR), RTMAC y protocolo de distribución de ancho de banda llocation / Compartir /Extensión (DBASE). (Wen-Zhan Song, 2007)

#### **4.3.21 Solución de QoS en la Capa de Red (Mieghem, 2005)**

Los protocolos de enrutamiento QoS buscan rutas con los recursos suficientes para los requisitos de QoS.

Los protocolos de enrutamiento QoS debe trabajar junto con la gestión de recursos para establecer rutas a través de la red que cumplan de extremo a extremo los requisitos de calidad de servicio, como el retraso o demora límites de fluctuación, la demanda de ancho de banda o limitaciones métricas. La métrica de

calidad de servicio puede ser cóncava o adictiva. Enrutamiento con QoS es difícil en MANETs por las siguientes razones:

- Los gastos generales de enrutamiento de calidad de servicio es demasiado alto para el ancho de banda limitado MANETs porque el host móvil debe tener algunos mecanismos para almacenar y actualizar la información de estado del enlace. Se debe equilibrar el beneficio de la calidad de servicio de enrutamiento contra el consumo de ancho de banda en MANETs.
- Debido a la naturaleza dinámica de la MANETs, el mantenimiento de la información precisa de estado del enlace es muy difícil.
- El significado de que calidad de servicio requerido debe ser garantizar una vez un camino viable es establecido, ya no es cierto. El recurso reservado no puede ser garantizada debido a la movilidad causada por la ruptura de ruta o el agotamiento de poder de los ordenadores móviles. El enrutador QoS rápidamente debería encontrar una nueva ruta viable para recuperar el servicio.

Existen tres tipos diferentes de soluciones de la capa de red: sobre la demanda, tablas impuestas e híbrido.

#### **4.3.21.1 Ticket-Based Probing (TBP).**

La idea fundamental aquí es utilizar los boletos para limitar el número de rutas de candidatos.

#### **4.3.21.2 QoS-Ad Hoc On-Demand Distance Vector (AODV).**

Este protocolo es una extensión del protocolo AODV bien conocido. Es en la demanda y diseñado para funcionar en una red TDMA. Este protocolo combina la información de la red y la capa de enlace de datos.

### **4.4 ESTADO DEL ARTE**

#### **4.4.1 Descubrimiento de protocolos**

Actualmente existen distintos protocolos de descubrimiento de servicios pero, en general, enfocados a redes con infraestructura estable y poco adaptados a redes Ad Hoc. Los protocolos de descubrimiento más conocidos junto con sus características se exponen en la siguiente tabla.

Tabla 1. Protocolos para descubrimientos de servicios

	LOCALIZACION-AWARE	NO-TRANSPARENTE	TRANSPARENTE	ACTIVO	PASIVO
SLP		+		+	+
SSDP	+			+	+
SDS		+			
SALUD O		+		+	+
JINI		+			
JSDP		+	+	+	+

(Srivastava, 2008)

#### 4.4.2 Detección de intrusos y seguridad en redes móviles Ad Hoc

Un intruso, en una red Ad Hoc, consiste en un nodo (dispositivo móvil, medio de transporte, satélite, etc.) que irrumpe en una red privada, a la que no pertenece, accediendo a los datos y a la información que circula en dicha red. Su ingreso ilícito a la red, no es garantía de una fácil detección, teniendo en cuenta que se adquiere un acceso inalámbrico que constantemente cambia de topología.(Castaño, 2008)

#### 4.4.3 Análisis de potencia de transmisión en Redes Ad Hoc

En ella se realiza un análisis de la topología dinámica, donde para lograr un eficiente consumo de energía esta debería estar distribuida de forma equitativa entre el conjunto de nodos que la forman, y a la vez debe minimizarse el consumo total de energía para cada transmisión.

El problema de ajuste de la potencia de transmisión a los nodos de la red es el control de la topología en redes Ad Hoc, donde surge la pregunta cómo lograr obtener mayor rendimiento de las baterías que los alimentan cuando la topología se encuentra en constante cambio, si la eficiencia de la comunicación deja de depender de los algoritmos de control?. Se soporta una posible solución bajo el análisis de algoritmos eficientes para la energía, donde se consideran dispositivos bajo el estándar 802.11b, Teniendo en cuenta la batería y las rutas de enlace entre los nodos de la red, se propone viables métricas al respecto. Dichas métricas y los problemas de limitación se comparan mediante simulación de escenarios de prueba, seleccionando tres limitantes para su análisis y formular el problema en la transmisión de potencia en la transmisión de datos.

Recientemente, el control de potencia en las redes móviles Ad Hoc ha sido el centro de una extensa investigación. Sus principales objetivos son la reducción de la energía total consumida en la entrega de paquetes y/o aumentar el rendimiento de la red mediante el aumento de la reutilización del espacio de canal. En este

trabajo, se da una visión de una posible solución a la limitación de potencia por medio del control de la topología y se discuten los factores que influyen en la limitación de potencia de transmisión, incluidos entre la ruta (red) y el control de acceso al medio (MAC). Además se plantean tres escenarios donde se muestra el efecto de la movilidad y de la topología sobre la potencia de transmisión y sobre el consumo de potencia del nodo (Castillo, 2009).

#### **4.5 LIMITACIONES Y ALCANCES**

En este proyecto de grado solo se tiene presupuestado llegar hasta la simulación de un escenario donde se muestre como QoS afecta el problema de rutas en las redes móviles Ad Hoc. Además la selección de los protocolos que se incluirán en la tabla (segundo objetivo específico), serán elegidos por el autor de este proyecto a criterio propio y atendiendo propuestas del asesor técnico. Con el fin de que se pueda llegar a una conclusión, teniendo en cuenta los resultados obtenidos en dicha simulaciones. En ningún momento se desea garantizar calidad de servicio, solo se quiere demostrar como los parámetros de QoS afectan las redes.

Con este trabajo se desea dejar la monografía, como un manual lo suficientemente claro con el fin de incluirlo como soporte en el grupo de interés (ISRA) de la facultad de ingeniería de la Fundación Universitaria San Martín. Además dejando un proyecto abierto para que otro estudiante pueda seguir ampliando dicho manual.

## 5. DISEÑO METODOLÓGICO

Para obtener un conocimiento científico, se debe utilizar un procedimiento de investigación, pero no existe un método completamente seguro para eliminar los errores en la elaboración y validación de las teorías científicas, tal procedimiento es relativo según cada momento histórico e incluso según la naturaleza del conocimiento.

Atendiendo a los objetivos de la presente investigación, la metodología que se plantea para el desarrollo de este proyecto es la descriptiva y la explicativa.

**Descriptiva:** Su objetivo es describir la estructura de los fenómenos y su dinámica; identificar aspectos relevantes de la realidad. Pueden usar técnicas cuantitativas o cualitativas.

- Análisis de contenido.
- Investigación-acción.
- Método comparado.

**Explicativa:** Además de describir el fenómeno se tratara de buscar la explicación del comportamiento de las variables. La metodología es básicamente cuantitativa, con el fin del descubrimiento de las causas.

- Estudios de casos. Se utiliza cuando hay cuestiones a resolver sobre el "cómo" y el "por qué" de un hecho, cuando el investigador no tiene control sobre el fenómeno y cuando éste se da en circunstancias naturales. A veces se queda en el nivel explicativo.
- Estudios correlacionales. Permiten comprender la complejidad de los problemas estudiados determinando las variables relacionadas con ellos.(Graells, 1996)

Estas metodologías se desarrollarán teniendo en cuenta los siguientes pasos:

- Recopilación de Información en redes Ad Hoc (antecedentes- estado del arte- funcionalidad)
- Escoger una problemática, limitar y analizar; justificar por que es importante la implementación de este proyecto y su solución.

- Comprender las diferencias entre las redes en modo infraestructura y modo Ad Hoc con el fin de establecer las ventajas y desventajas de las redes Ad Hoc y modo de operación en el entorno.
- Estudiar las topologías dinámicas, y ver que tan esencial es ofrecer calidad de servicio en estas redes.
- Realizar las asesorías con el asesor técnico, realizando correcciones, tareas e investigaciones propuestas.
- Elaborar el documento de Anteproyecto (Seminario de Grado)
- Analizar los diferentes simuladores que existen para redes inalámbricas con el objeto de seleccionar el que se va utilizar en este Proyecto.
- Diseño de ambientes de prueba para la simulación de las topologías, basándome en aplicaciones en domótica.
- Elaborar simulación de topologías dinámicas, para ver que protocolos son más eficientes en las redes Ad Hoc.
- Elaborar el informe final de la investigación (Monografía)

## 6. DESARROLLO

### 6.1 DESCRIPCIÓN DE LAS APLICACIONES DE QoS DENTRO DE LOS PROTOCOLOS DE RUTEO

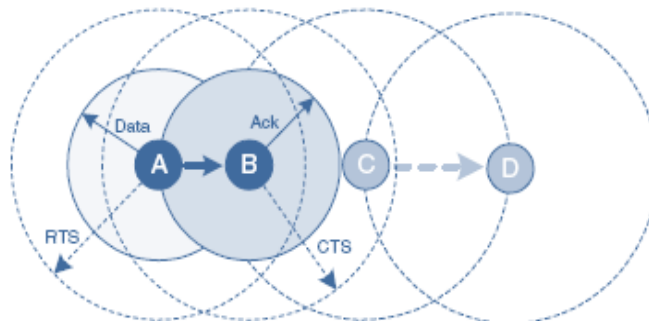
En primer lugar es necesario tener en cuenta las principales características que presentan las redes Ad Hoc a la hora de proveer QoS. Principalmente la topología dinámica, que modifica los nodos vecinos constantemente, así como el estado de los enlaces, modificando de esta forma el ancho de banda disponible; El retardo presente en los enlaces, conducen a que la provisión de QoS sea poco menos que una locura en este tipo de redes.

En consecuencia, muchas de las iniciativas que se comentan se basan en la suposición de cierto estacionamiento entre los nodos de la red, logrando distinguir entre nodos con gran movilidad, y otros con menor movilidad. En primer lugar será necesario establecer un marco de trabajo para las conexiones y desconexiones dentro de la red, ya que para tener una comunicación estable y garantizar QoS se deben establecer las rutas y describir el problema. De esta forma, se puede identificar diferentes componentes, todos ellos necesarios a la hora de proveer calidad de servicio: modelo de QoS, señalización para la reserva de recursos QoS, Enrutamiento QoS, Control de acceso al medio QoS tramas de control por los protocolos de soporte como el 802.11a, 802.11b. 802.11g (CEDAR).

#### 6.1.1 Diseño topología dinámica

La auto-organización es un fenómeno, el comportamiento sencillo de las entidades individuales (nodos). Las redes Ad Hoc se basan en este comportamiento; y por esta razón se constituyen en una tecnología ideal para establecer comunicación en aplicaciones donde los usuarios son móviles.

Figura 16. Protocolo hadshaking dentro del 802.11n

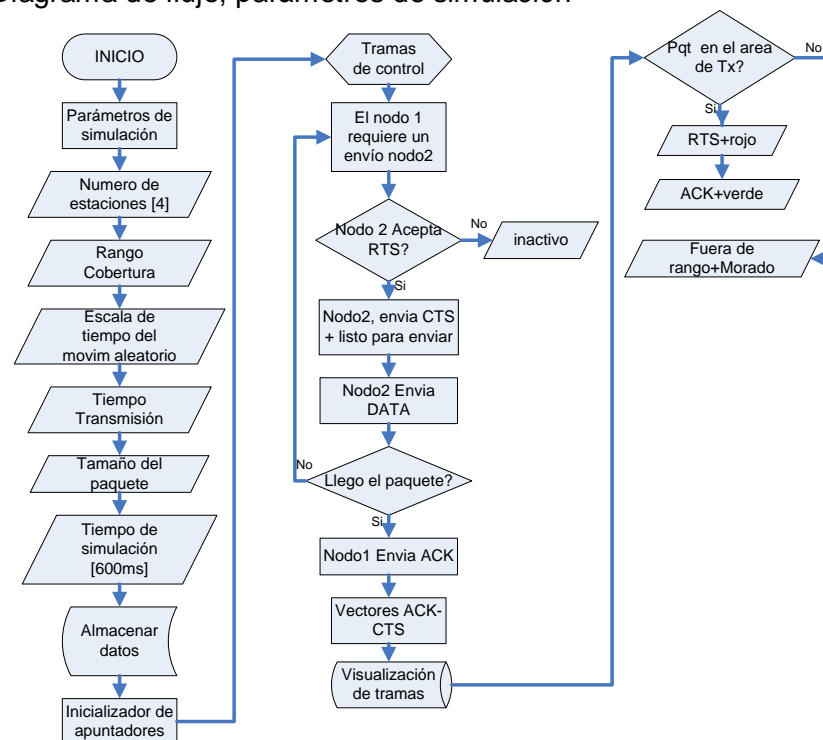


(Stefano Basagni, 2009)

En una red Ad Hoc los nodos se comportan de forma autónoma, permitiendo que estos se muevan libremente en cualquier dirección y en cualquier momento de forma independiente respecto de los demás nodos. Un nodo puede establecer un enlace inalámbrico con otro nodo, si este se encuentra dentro de su rango de transmisión. De lo contrario, debe existir una ruta formada por nodos intermediarios que faciliten la transmisión de los datos o la información, en este tipo de redes, la movilidad y la topología es un factor determinante para el diseño de control adecuado en la red.(SeungJong, 2007)

- Implicaciones de la topología dinámica
  - Mayor frecuencia de refrescamiento de los protocolos
  - Mayor consumo de energía
  - Conexión y desconexión de enlaces entre nodos
  - Movilidad ilimitada
  - Interferencia: Comunicación radio
  - Conexiones asimétricas

Figura 17. Diagrama de flujo, parámetros de simulación

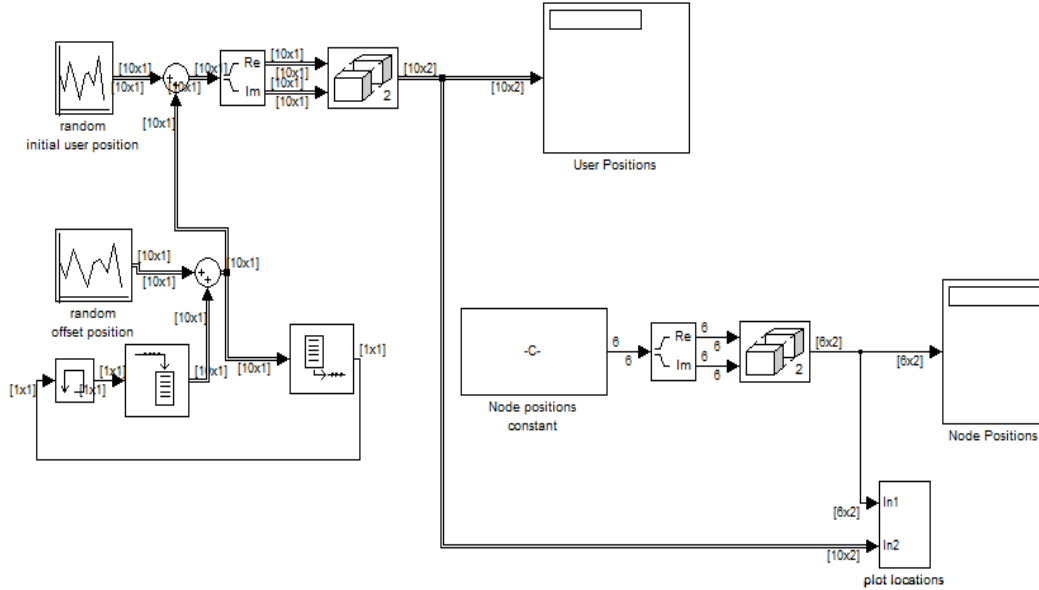


(Gomez, 2010)

Se crea la aplicación en Matlab, simulando un entorno de red dinámico, con toolbox, simulink y código para la movilidad y establecer los parámetros de rutas según el QoS:

### 6.1.1.1 Bloque para movilidad aleatoria de nodos, dentro de un entorno de domotica.

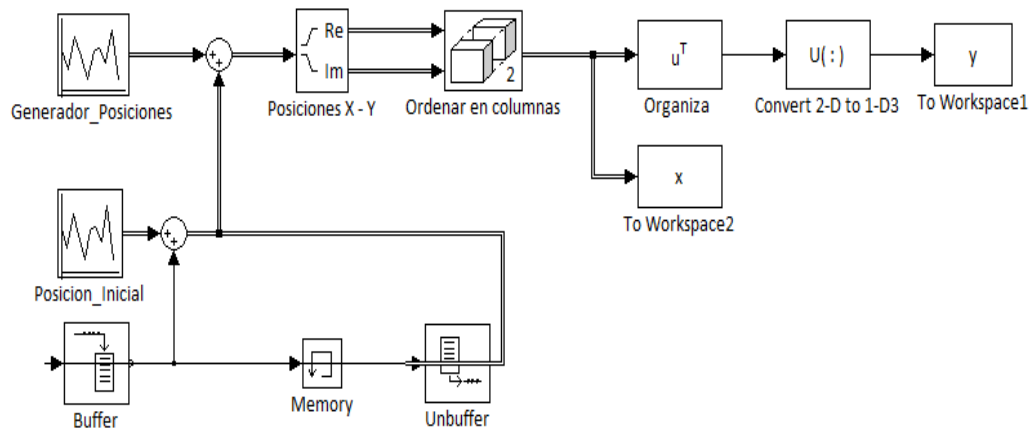
Figura 18. Modulo aleatorio de posiciones nodales



(Gomez, 2010)

### 6.1.1.2 Bloque, generador de posiciones, y tablas de ruteo (Buffer)

Figura 19. Modulo generador de posiciones-Buffer matricial

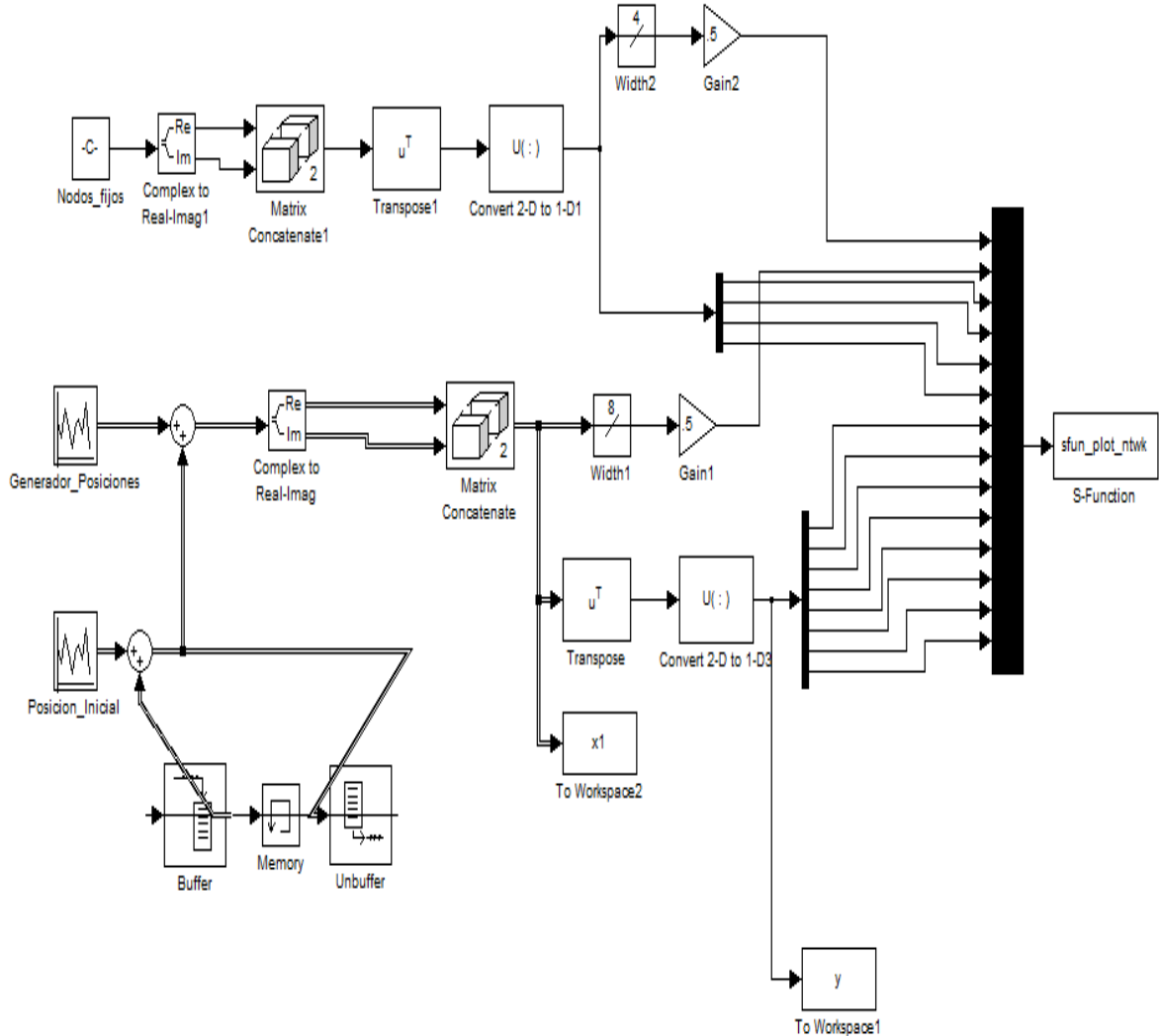


(Gomez, 2010)



### 6.1.1.4 Escenario de movilidad para una red Ad Hoc aplicado a observar QoS, en rutas sobre un escenario de domótica.

Figura 21. Diseño de aplicación topología dinámica



(Gomez, 2010)

### 6.1.2 Priorización de servicios

La calidad de servicio establece prioridades, es un control de prioridades a crear en la red. El tráfico de la red puede ser priorizado para adecuarse a los objetivos de la organización. Por ejemplo, asegúrese que el personal conectado la red no está reduciendo los recursos para aplicaciones críticas como ERP, comercio electrónico, aplicaciones estratégicas y servidores de información clasificada. Esto es especialmente crítico en oficinas externas en donde el ancho de banda es un recurso costoso y limitado. (Ilyas, 2006)

El acceso a las aplicaciones críticas puede ser menoscabado o inclusive totalmente inhabilitado por aplicaciones no críticas; personal bajando o subiendo grandes archivos via web o ftp u observando aplicaciones multimedia vía Internet.

El tráfico puede ser marcado utilizando diferentes criterios (por sub-red, puerto de servicio, departamento, etc.). Una vez marcado se prioriza de acuerdo a su criticidad y se asignan rutas de recorrido y recursos de ancho de banda por cada tipo de servicio. Priorizando el tráfico a las aplicaciones de misión crítica se garantiza el acceso de estos a un ancho de banda mínimo, sin necesidad de afectar otros servicios menos prioritarios.

Utilizando servicios QoS el ancho de banda de la red puede ser garantizado para los servicios esenciales durante los períodos de alta congestión. Utilizando esquemas de priorización de tráfico que se modifiquen en el tiempo se logra una mejor administración y uso de los recursos de ancho de banda limitados.

Cuando hay excesivo tráfico y congestión se priorizan los servicios esenciales y se les entrega la mayor disponibilidad del ancho de banda; luego al disminuir la carga o cuando los servicios esenciales no están en uso, el ancho de banda se retorna automáticamente al resto de los solicitadores de recursos.(Shao-Qiu Xiao, 2006)

### **6.1.3 Descubrimiento de servicios**

Las redes Ad Hoc están intrínsecamente ligadas con el concepto de computación ubicua. Existe una tendencia a que cualquier equipo tenga capacidades de proceso. Esos equipos tendrán capacidades de comunicación y normalmente se comunicarán formando una red Ad Hoc. Cada uno de esos equipos tendrá servicios muy específicos como, por ejemplo, medir la temperatura de una sala u ofrecer un sistema de aire acondicionado. En ese entorno, formado por redes Ad Hoc, donde multitud de equipos ofrecerán multitud de servicios los mecanismos para descubrir servicios cobran una especial relevancia. Se puede caracterizar el problema como sigue. Las aplicaciones identifican los servicios usando números de puertos o nombres pero no direcciones IP. El problema consiste en enlazar esos descriptores de servicio con las direcciones IP de las máquinas(Stefano Basagni, 2009)

### **6.1.4 Modelo de QoS**

La principal idea es la reserva de recursos en la red por flujos. La reserva se realiza para cada flujo entre fuente y destino, indicando los recursos que resultarán necesarios (ancho de banda, retardo, jitter, etc.). Para la provisión del servicio cada router del núcleo de la red debe mantener una tabla con el estado de reserva por flujo. La principal limitación de este modelo es la gran cantidad de

información que es necesario almacenar en cada nodo intermedio, lo cual hace que la solución no sea escalable a situaciones comunes con gran cantidad de flujos entre usuarios finales.

### 6.1.5 Señalización de QoS

El mecanismo de señalización será el encargado de realizar la reserva y liberación de recursos en la red, así como el establecimiento de flujos en la red. Los diversos mecanismos de señalización se dividen entre aquellos que incorporan la información de control dentro de los paquetes de datos, *in-band Signalling*, y los que utilizan mensajes expresos de control, *out-of-band signalling*. Uno de los mecanismos de señalización más extendidos es el protocolo RSVP, definido por el IETF. Se trata de un mecanismo fuera de banda, *outof-band signalling*, que permite la reserva de recursos de red extremo a extremo para tráfico unicast y multicast. Se basa en la utilización de dos mensajes PATH y RESV que recorren el camino estableciendo una reserva en los nodos intermedios. Sin embargo este mecanismo de señalización podría no resultar muy adecuado para una red móvil Ad Hoc debido a la excesiva sobrecarga del protocolo y a la falta de adaptación a la topología dinámica.

El objetivo principal es el soporte de servicios adaptativos, es decir, aplicaciones con capacidad de adaptarse a cambios en el ancho de banda disponible. Se basa en señalización in-band, utilizando el campo de opciones de la cabecera IP para indicar los requisitos de recursos indicando ancho de banda mínimo y máximo. (Ilyas, 2006)

### 6.1.6 Enrutamiento QoS

Los protocolos de enrutamiento en redes Ad Hoc se pueden dividir en tres grupos: proactivos, reactivos y basados en *cluster*. Los protocolos proactivos son aquellos que mantienen una ruta hacia todos los nodos, aunque en ese momento no se utilicen. El caso de los protocolos reactivos intenta optimizar el uso de ancho de banda descubriendo la ruta hacia un destino sólo en el caso en que sea necesario enviar un paquete. Finalmente los protocolos basados en cluster son una mezcla de los dos tipos que se ha visto anteriormente, y se basan en definir jerarquías entre los nodos de la red y mantener información sobre la topología local. Un protocolo de enrutamiento con capacidades QoS debería intentar establecer una ruta que satisfaga determinados requisitos de ancho de banda, retardo, jitter, etc. Sin embargo, la topología dinámica presente en redes Ad Hoc hace que asegurar estos parámetros sea una tarea muy complicada. Inicialmente los protocolos reactivos serían más interesantes gracias a su menor uso de recursos de red (escasos en redes Ad Hoc).

### **6.1.7 Servicios Integrados (IntServ)**

Especifica un mecanismo para soportar sesiones de punta a punta a través de Internet, que necesitan una específica calidad de servicio. Requiere de un módulo en cada router IP a lo largo de la trayectoria, que reserva recursos para cada sesión y entonces se asegura que cada paquete de datos en tránsito sea chequeado para ver qué recursos le corresponden recibir. Estas reservaciones son pedidas usando un protocolo de reserva de recursos conocido como RSPV. Si la solicitud de RSPV falla, entonces la sesión no se inicia.

Una de las desventajas es que necesita de nuevo software tanto en el envío de paquetes y en el control de todos los routers a lo largo del camino de la red concerniente. Otra desventaja es que si fuera usado en la mayoría de las principales conexiones ISP, llevando millones de paquetes por segundo, el overhead por paquete en la implementación de los chequeos necesarios y administración de los recursos se cree ser ampliamente inaceptable. Aparte, en IntServ, el Sistema Autónomo o los límites del proveedor son esencialmente invisibles. En general, el fracaso de IntServ se debe principalmente a que en tomo un camino en donde deja atrás las raíces del éxito de IP y adoptó la noción de que QoS significa conexiones. El modelo orientado a la conexión no puede ser usado para traer una QoS viable de punta a punta a la Internet, por asumir un modelo de la Internet que es homogéneo administrativamente. (Li, 2007)

### **6.1.8 Servicios Diferenciados (DiffServ)**

En esta arquitectura, los paquetes son clasificados y marcados para recibir un trato particular en cuanto al envío en cada salto. Sofisticada clasificación, marcado, política y operaciones de acondicionamiento necesitan sólo ser implementadas en los bordes de la red o en los hosts.

Esta arquitectura logra escalabilidad al implementar un complejas funciones de clasificación y condicionamiento sólo en los nodos del borde de la red, y aplicando conductas por salto a los agregados del tráfico que han sido apropiadamente marcados usando el campo DS en las cabeceras de IPv4 o IPv6. Es mantenida una distinción entre:

- El servicio provisto a un agregado de tráfico,
- Las funciones de condicionamiento y los comportamientos por salto, usados para realizar los servicios,

- El valor del campo DS, usado para marcar paquetes para seleccionar el comportamiento en cada salto, y
- Los mecanismos de implementación particulares del nodo que realizan un comportamiento por salto.

Esta arquitectura sólo provee servicio diferenciado en una dirección del flujo de tráfico y es por ende asimétrica.

## 6.2 ANALISIS DE QOS EN TRES PROTOCOLOS PARA REDES AD HOC

En los protocolos basados en QoS, la red tiene que hacer un balance entre el consumo de energía y la calidad de los datos. En particular la red tiene que satisfacer ciertas métricas de QoS como retardo, energía, ancho de banda etc. cuando entrega los datos a la estación base BS.

El estándar 802.11 especifica en la capa de acceso al medio (MAC) la gestión de potencia que permite a las estaciones móviles la conservación de energía por el cambio de estado de los nodos a modos de bajo consumo. En el caso de una red con infraestructura, la gestión de la energía está centralizada en el punto de acceso. Para las redes Ad Hoc los estados de sus enlaces por radiofrecuencia pueden ser activos, inactivos o estado de reposo. En el estado activo el nodo consume la potencia máxima y se utiliza para la transmisión y recepción. El estado inactivo es cuando el nodo esta dentro del rango de transmisión, pero no transmite ni recibe datos. El estado de reposo no permite la recepción de datos o la transmisión y tiene un bajo consumo de potencia notorio al estado activo. El factor crítico en el consumo general de energía de un dispositivo de 802,11 es el tiempo que el dispositivo debe permanecer en un modo activo para transmitir o recibir una cierta cantidad de datos.

Tabla 2. Estandar familia 802.11

Protocolo	Año	Frecuencia operación	Velocidad máxima
<b>802.11</b>	1997	2.4-2.5GHz	2Mbit/s
<b>802.11a</b>	1999	5.15-5.35/5.47/5.72	54Mbit/s
<b>802.11b</b>	1999	2.4-2.5Ghz	11Mbit/s
<b>802.11g</b>	2003	2.4-2.5Ghz	54Mbit/s
<b>802.11n</b>	2008	2.4Ghz o 5Ghz	540Mbit/s

(Gomez, 2010)

Los diferentes elementos, que se han visto anteriormente, involucrados en la provisión de QoS no tendrían ningún sentido si el control de acceso al medio (MAC) no proporciona algún procedimiento para la reserva de recursos.

Gran cantidad de protocolos MAC se han propuesto para entornos wireless si bien la mayoría no ofrece la posibilidad de realizar una reserva de recursos

Los requisitos de seguridad en una red móvil Ad Hoc son los mismos que los existentes en redes tradicionales y se enumeran a continuación: confidencialidad, integridad, autenticación, no repudiación y disponibilidad. Sin embargo, las características generales de una MANET de topología dinámica, enlaces de ancho de banda limitado y capacidad variable, limitaciones de energía y capacidad de procesamiento en los nodos y seguridad física limitada, hacen del cumplimiento de los requisitos anteriores un problema mucho más complejo de abordar, mostrando la dificultad de diseñar una solución general en términos de seguridad sobre un escenario móvil Ad Hoc.(Mieghem, 2005)

CEDAR es uno de los primeros protocolos de ruteo que introduce QoS en las decisiones de ruteo. Las decisiones en SAR-CEDAR dependen de tres factores: recursos de energía, QoS en cada ruta, y el nivel de prioridad de cada paquete

La política de seguridad a aplicar en un entorno Ad Hoc dependerá, en gran medida, de la aplicación y del escenario concreto para los que se realiza el despliegue de la red. Las propuestas de seguridad se centran en aspectos concretos del problema. En se identifican tres aspectos clave que deberán ser cubiertos por cualquier política de seguridad en redes Ad Hoc: sistemas de detección de intrusiones (SDI), seguridad de los protocolos de enrutamiento y servicios de gestión de claves.

### **6.2.1 Protocolo 802.11a**

La 802.11a soporta velocidades de hasta 54Mbit/s y trabaja en la frecuencia regulada de 5GHz. Comparada con la 802.11b, esta mayor frecuencia limita el rango de la 802.11a. Además, el trabajar en una frecuencia mayor significa que la señal de la 802.11a tiene una mayor dificultad para atravesar muros y objetos. Por otro lado, como la 802.11a y la 802.11b utilizan frecuencias distintas, ambas tecnologías son incompatibles entre ellas. Algunos fabricantes ofrecen híbridos 802.11a/b, aunque estos productos lo que tienen realmente son las dos extensiones implementadas.

#### **6.2.1.1 Ventajas.**

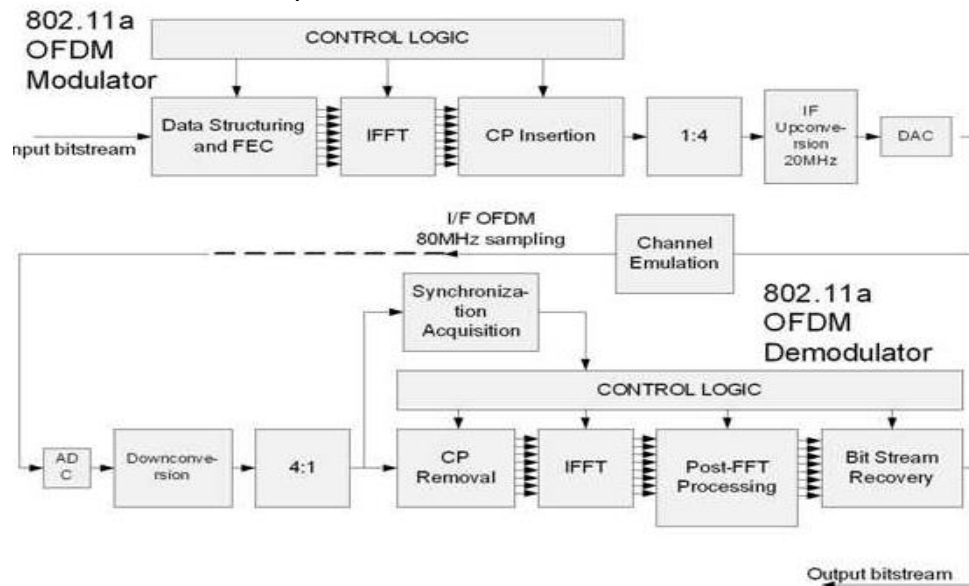
Velocidad máxima alta, soporte de muchos usuarios a la vez y no produce interferencias en otros aparatos. En la actualidad ya se maneja también el estándar IEEE 802.11a, conocido como WIFI 5, que opera en la banda de 5 GHz y que disfruta de una operatividad con canales relativamente limpios. La banda de 5 GHz ha sido recientemente habilitada y, además no existen otras tecnologías

(Bluetooth, microondas, ZigBee, WUSB) que la estén utilizando, por lo tanto existen muy pocas interferencias. Su alcance es algo menor que el de los estándares que trabajan a 2.4 GHz (aproximadamente un 10%), debido a que la frecuencia es mayor (a mayor frecuencia, menor alcance).(IEEE, 2007)

### 6.2.1.2 Inconvenientes.

Alto costo, bajo rango de señal que es fácilmente obstruible con respecto al protocolo 802.11b, 802.11g y 802.11n.

Figura 22. Modulador OFDM para 802.11a



(IEEE, 2007)

### 6.2.2 Protocolo 802.11n

- Componentes de una arquitectura 802.11n
  - WM: El medio utilizado para implementar una WLAN
  - STA: Dispositivos con interfaz 802.11b-g
  - CF: Función de coordinación de transmisión y recepción
  - BSS: Conjunto de STAs controladas por una CF
  - BSA: Área de cobertura de un BSS

El estándar 802.11n es el usado para modo Ad Hoc, permite un máximo de transferencia de datos de 540Mbps en un rango de 100 metros

Las distancias para estos dispositivos Wireless 802.11, son de 100 metros para espacios cerrados y hasta 400 metros en espacios abiertos. El alcance depende principalmente de la potencia de emisión de los equipos, dato que suele suministrar el fabricante en mW o en Decibeles dB y de los “objetos a atravesar”, no es lo mismo una oficina con paredes de yeso, a un edificio antiguo con paredes gruesas de piedra.

Tabla 3. Rangos de transferencia para el 802.11n

<b>Velocidad Hipotética</b>	<b>Rango en ambientes (cerrados)</b>	<b>Rango en el aire (Libre)</b>
<b>540 Mbts/s</b>	100 m	300 m
<b>5.5 Mbts/s</b>	75 m	300 m
<b>2 Mbts/s</b>	100 m	400 m
<b>1 Mbts/s</b>	150 m	500 m

(IEEE, 2009)

El estándar 802.11n define la capa física y parte de la capa de enlace del modelo OSI. La capa física se encarga de transportar los datos como bits en tanto la capa de enlace define el control de acceso al medio. De acuerdo al estándar 802.11n usa una función de coordinación distribuida, basado en CSMA/CA para evitar las colisiones. En este caso, los nodos necesitan que el medio este desocupado por un tiempo determinado después de lo cual el transmisor envía el paquete de datos DATA, si la transmisión es correcta el receptor a su vez enviara una respuesta indicando que recibió el paquete correctamente (ACK). Otra opción es el mecanismo RTS/CTS (Request to send/Clear to send). RTS y CTS paquetes se señalamiento enviados por el transmisor y el receptor antes de los paquetes de DATA y ACK. Con el propósito de reservar el medio informando a los nodos vecinos que una comunicación tendrá lugar. Los paquetes RTS y CTS contienen el NAV, (network allocation vector) para indicar cuanto tiempo demorara la transmisión inalámbricas,")

El dialogo RTS/CTS, llamado también virtual carrier sensing, se usa para resolver el problema de terminales ocultos. Este mecanismo funciona muy bien en redes inalámbricas que usan infraestructura. Sin embargo en redes Ad Hoc no es efectivo por que en las redes con infraestructura se asume que solo existe un rango de transmisión.

Se especifican funciones de sincronización (TSF) para lograr la sincronización de reloj entre las estaciones. En una red con infraestructura se proporciona la sincronización de los relojes por el AP, y todas las estaciones sincronizan su propio reloj para el reloj del AP. En un IBSS, debido a la falta de una estación centralizada, la sincronización del reloj se logra a través de un algoritmo

distribuido. En ambos casos, la sincronización se obtiene mediante la transmisión especial de macros que contiene información de tiempo. El TSF requiere de dos funciones fundamentales, a saber, la sincronización de mantenimiento y la adquisición de sincronización, Limitantes de la potencia de transmisión en redes Ad Hoc.(Giuseppe Anastasi, 2009)

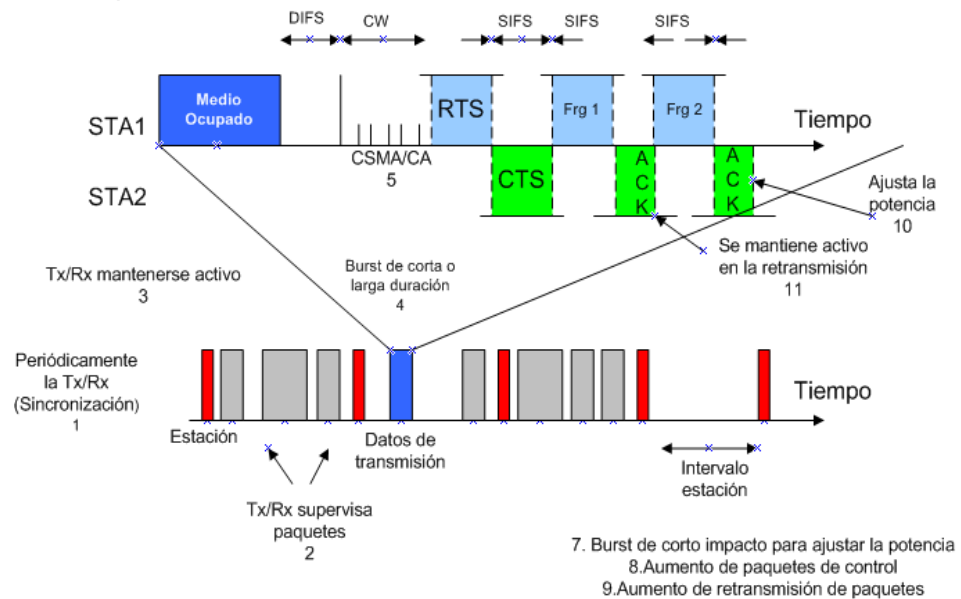
Tabla 4. Características 802.11n

Estándar	802.11n
Grado de adaptación	Adoptado masivamente
Costo	Bajo
Cobertura	300m-400m- buena conectividad con determinados obstáculos
Acceso al publico	El número de Host crece exponencialmente, Más extendido y aceptado.
Compatibilidad	Compatible con 802.11g-b Incompatible con 802.11a
Sensibilidad de recepción	Típica -84dBm para 540Mbps Típica -90dBm para 2Mbps

(IEEE, 2007)

En la siguiente grafica se describe cómo dos o más estaciones de 802,11n logran crear una red Ad Hoc y se establece un servicio básico independiente (IBSS).

Figura 23. IBSS para 802.11n



(IEEE, 2009)

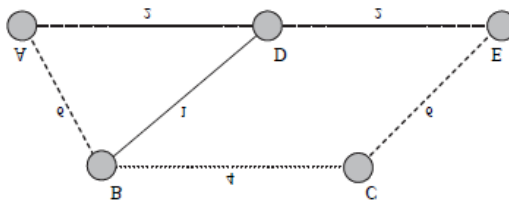
Un IBSS permite que dos o más estaciones de 802,11n puedan comunicarse entre sí, sin la intervención de un punto de acceso ya sea centralizada o una red de infraestructuras. Por lo tanto, el IBSS puede ser considerado como el apoyo prestado por el estándar 802.11 para la comunicación en estas redes móviles debido a la flexibilidad del protocolo CSMA / CA, para recibir y transmitir los datos correctamente es suficiente que todas las estaciones dentro de la IBSS se sincronicen con un reloj común.

### 6.2.3 CEDAR(Stefano Basagni, 2009)

CEDAR (Core Extraction Distributed Ad Hoc Routing Protocol) Se trata de un protocolo de enrutamiento con soporte de QoS basado en tres pilares básicos. En primer lugar la extracción de núcleo permite identificar un conjunto mínimo de nodos en la red que formarán parte del núcleo. Todo nodo debe formar parte del núcleo o ser vecino de un nodo del núcleo. CEDAR propone un algoritmo para la elección de los nodos que compondrán el núcleo de la red, y define un proceso de pseudo-broadcast para el intercambio de información entre los nodos del núcleo.

Integra ruteo y soporte de QoS. Establece dinámicamente un núcleo de la red y propaga de manera incremental el estado de los enlaces estables con alto ancho de banda a los nodos del núcleo. El cálculo de ruta es en demanda y es desarrollada por los nodos núcleo. La ruta se selecciona en base a la QoS que el enlace puede proporcionar. Se asume que la comunicación entre nodos mediante protocolos de capa 2 es confiable y que los nodos pueden estimar la disponibilidad de ancho de banda del enlace. Se propone para redes Ad Hoc pequeñas o medianas, consistentes de diez a cientos de nodos.

Figura 24. Ruteo y soporte de QoS



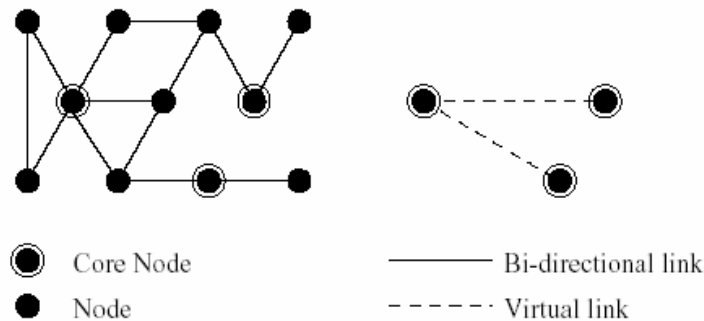
(Van, 2007)

#### 6.2.3.1 Obtención de ruta.

Primero se establece una ruta núcleo del dominador ó núcleo fuente al dominador destino. La ruta núcleo proporciona la dirección de la ruta fuente al destino. A través de dicha información calcula de manera iterativa una ruta parcial de la fuente a un nodo en el dominio más lejano posible en la ruta núcleo, que satisface el ancho de banda requerido.

Otro de los pilares que componen CEDAR es la propagación del estado de enlace, cuyo objetivo es que cada nodo del núcleo conozca el estado y topología de los enlaces locales, así como de los enlaces más lejanos pero estables y con gran ancho de banda. Finalmente el último pilar de la propuesta CEDAR es el cálculo de la ruta. Cuando una fuente desea enviar tráfico a un destino, previamente manda un mensaje indicando <origen, destino, ancho de banda solicitado>. Esta información se propaga por el núcleo a través del pseudo-broadcast, hasta que alcanza el destino, mientras los nodos intermedios comprueban la disponibilidad de ancho de banda en cada salto intermedio.

Figura 25. Direccionamiento de datos



(Van, 2007)

### 6.2.3.2 Propagación de información de QoS

Cada nodo núcleo requiere actualizar la información de su topología local y también información correspondiente a la estabilidad relativa de enlaces con alto ancho de banda. CEDAR logra esto mediante incremento y decremento de ondas. Un incremento de onda de movimiento lento (*Show-moving increase wave*) denota un incremento en el ancho de banda del enlace, y un decremento de onda de movimiento rápido (*Fast-moving decrease wave*) denota un decremento del ancho de banda del enlace. Para enlaces inestables que suben y bajan de nivel frecuentemente, el decremento de onda de movimiento rápido se adelanta rápidamente y detiene la propagación del incremento de onda de movimiento lento, asegurando que la información del enlace correspondiente a enlaces dinámicos se mantenga local (no se difunda). Para enlaces estables, el incremento de onda propaga gradualmente dicha información a través del núcleo. Cada incremento de onda tiene una distancia máxima de difusión. El incremento de onda con bajo ancho de banda sólo viaja distancias cortas, mientras que para niveles altos de ancho de banda se permite la difusión a lo largo de red. Esencialmente, la idea es propagar a través del núcleo solamente los enlaces estables con alto ancho de banda y mantener localmente los enlaces inestables o con bajo ancho de banda.

### 6.2.3.3 Algoritmo de descubrimiento de ruta con QoS

Consta de 3 componentes:

- Descubrir la localización del destino y establecer una ruta núcleo al destino
- Establecer una ruta con QoS admisible lo más corta posible de la fuente al destino usando la ruta núcleo como una guía direccional.
- Restablecimiento dinámico de rutas para actualización de conexiones en fallas de enlaces y cambios de topología en la red Ad Hoc.

Desarrolla ruteo y QoS mediante los nodos núcleo.

- Protocolo Híbrido proactivo: mantiene tablas con información local a los nodos núcleo.
- Protocolo Híbrido Reactivo: El descubrimiento de ruta es por demanda
- Arquitectura de núcleo permite procesos de ruteo y difusión eficientes y con bajo sobrecarga.
- Tiene una apropiada difusión de información de enlaces estables con alto ancho de banda.
- Difusión de núcleo provee un mecanismo confiable para el establecimiento de ruta con soporte de QoS.
- La actualización de nodos núcleo provoca sobrecarga.

### 6.2.4 Aplicaciones que deben mejorar QoS

La respuesta fundamentalmente recae en la arquitectura. Hay dos maneras importantes de mirar a la QoS. La más obvia es como un servicio que un usuario final (end-user) solicita, ya sea directa o indirectamente, cuantificado en la máquina del usuario final. En este caso es posible en general para el usuario el determinar si el objetivo de la QoS se cumple, por simple medición. Por ejemplo, un usuario inicia una llamada de voz sobre IP y espera que sea legible. Desde el punto de vista del humano, la calidad de la llamada es subjetiva, pero mediciones objetivas de la tasa de paquetes, el retardo, jitter, etc, son necesarias para una llamada legible y deben ser suministradas por la red. El permitir tener una

conexión telefónica o una sesión de video entre dos puntos finales es el problema de QoS de la red de interés para mucha gente y han habido muchos intentos de asociar cierta QoS a determinada aplicación, en particular voz y video. Esto limita innecesariamente la utilidad y extensibilidad de QoS. (Xiang-Yang Li, 2006)

La segunda manera de mirar a la QoS es desde el punto de vista del administrador de la red. En este caso hay objetivos administrativos para diferentes tipos de tráfico que pueden no ser aparentemente cuantificables para un usuario final, pero si para el administrador de la red. A pesar de la usual asociación con "mejor servicio", QoS puede ser usada por administradores de red para limitar ciertos tipos de tráfico en una red. Las características intrínsecas del tráfico de ciertas aplicaciones y sus requerimientos varían enormemente. Actualmente, el patrón de tráfico dominante es el siguiente: cortas sesiones con un puñado de paquetes en cada dirección. Por ende, un flujo de Internet no puede en general ser caracterizado como una "llamada" donde los costos de establecimiento son aceptables debidos a la duración de la llamada. Por el contrario, los costos de establecimiento necesitan ser minimizados o eliminados. En la práctica, se tiene una mezcla de tráficos con características diferentes y aún así cada router en la red trata a todos los paquetes de la misma manera. Esta situación puede llevar a los Proveedores de Servicios de Internet (ISP) a identificar un requerimiento para tratar el tráfico de distintos suscriptores de acuerdo a una política específica. En la ausencia de otros acuerdos contractuales, todos los suscriptores deben esperar recibir un "trozo justo" de los recursos disponibles, pero esto no es garantido por el comportamiento estándar de TCP. Una solución de red básica de QoS podría ser el reforzar algún tipo de "acceso equitativo" bajo congestión.

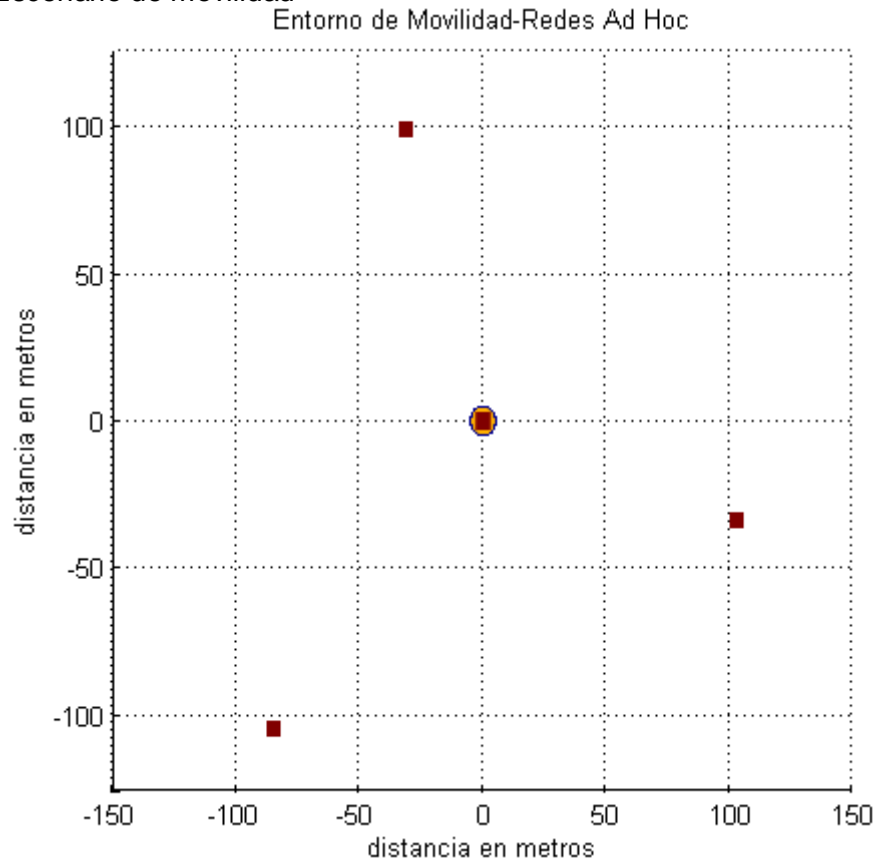
En resumen, pensar en QoS en una manera única o para una única aplicación es un mal enfoque. Aunque voz y video se pueden beneficiar y sacar ventaja de QoS, ambas aplicaciones funcionan en la Internet de "best-effort" y cuando es necesaria la QoS debería ser decisión del usuario basándose en el costo-beneficio. Esto se debe a que lo que puede ser no necesario para uno puede ser necesario para otros. Por ende, no se debe asumir sobre qué tipo de tráfico va a requerir mejor o peor trato, sino que se debe enfocar en construir un marco de trabajo donde sea posible entregar diferentes tratos a diferentes tipos de tráfico, donde el tipo de tráfico puede ser determinado de una manera flexible. (Van, 2007)

## 7. PRUEBAS Y RESULTADOS

### 7.1 ENTORNO DINÁMICO REDES AD HOC PARA APLICACIÓN A RUTAS EN QOS

Para describir las aplicaciones que otorga QoS dentro del protocolo de ruteo, se soporta sobre rutas de enlace, conexiones, tiempos de respuesta, tramas de control, todo esto sobre una topología móvil dentro de un entorno de domótica, observando si se realiza la entrega de paquetes y que tanto lo ayuda garantizar el QoS dentro de una topología Ad Hoc (móviles). (Castillo, 2009)

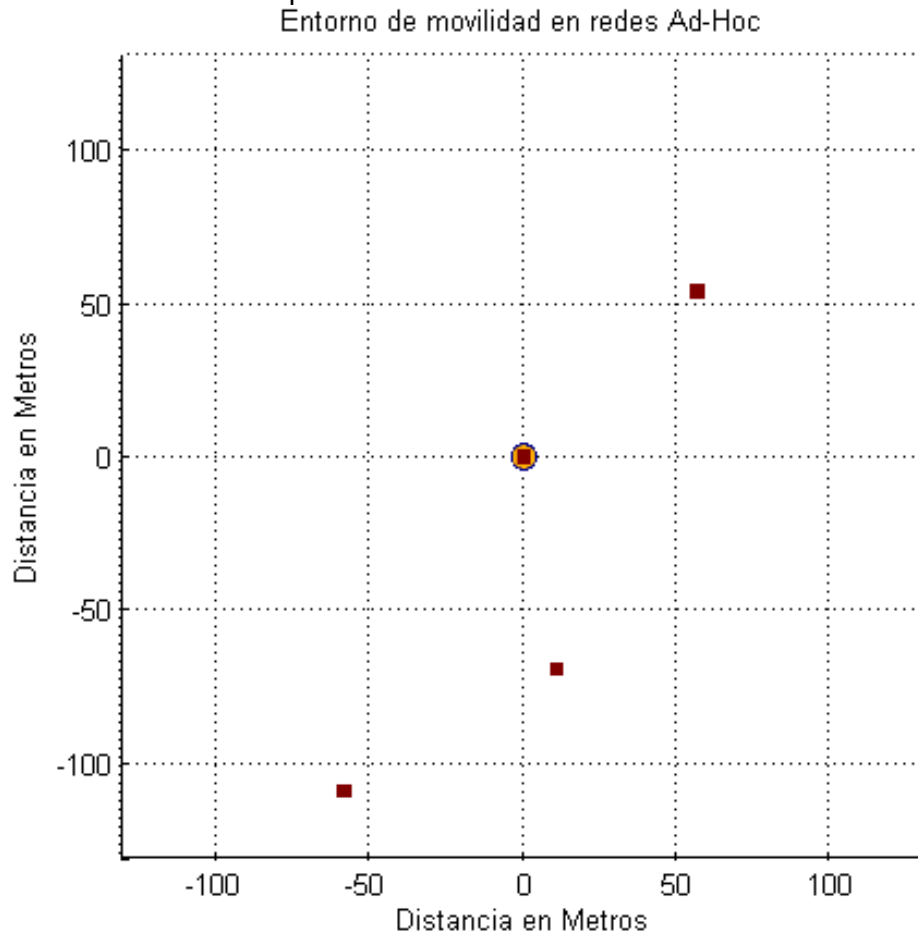
Figura 26. Escenario de movilidad



(Gomez, 2010)

La simulación muestra un escenario en domótica de 100mts x 150mts, con tres nodos móviles y un nodo como central de red (nodo administrador), nodo emisor o receptor, donde todos son móviles y pueden formar rutas de conexión entre ellos, comunicándose con el nodo central, o cualquier otro nodo de la red. Estos nodos siempre están disponibles para la recepción de datos y el envío de ellos, pueden estar protocolados por el estándar 802.11a, 802.11b, 802.11g, y sobre ellos se puede montar funciones de protocolos de enrutamiento.

Figura 27. Nodos en diferentes posiciones

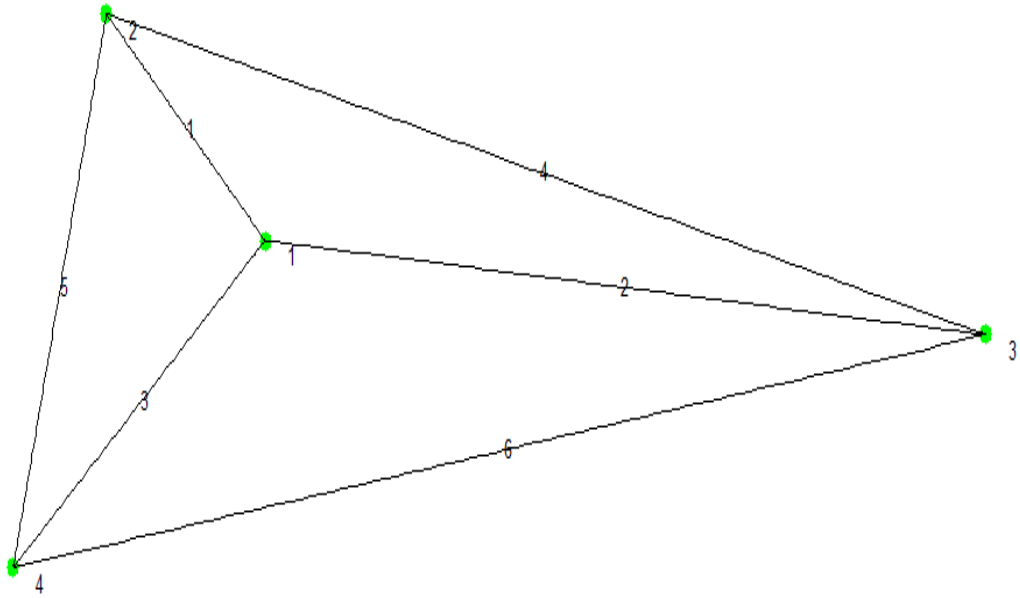


(Gomez, 2010)

Se uso la teoría de grafos para determinar los pesos de las conexiones, establecer prioridades en la comunicación, de igual forma se puede establecer las rutas posibles en la comunicación por cada uno de los nodos que hace parte de la red. El toolbox ayuda a la asociación de un conjunto máximo de series de nodos en el cual cada nodo puede alcanzar cualquier otro a través de algún camino (según su rango de cobertura) así permitiendo modelizar relaciones dentro de la red, de modo que se puedan resolver problemas asociados al enrutamiento.

La auto-organización es un fenómeno que se puede apreciar claramente en muchos procesos de la naturaleza. Las redes Ad Hoc se basan en este comportamiento y por esta razón se constituyen en una tecnología ideal para establecer comunicación en aplicaciones donde los usuarios son móviles, en Matlab se diseña el aplicativo usando el toolbox de grafos para modelar los cambios de posiciones dentro del entorno y lograr observar las rutas y distancias entre los nodos de la red.

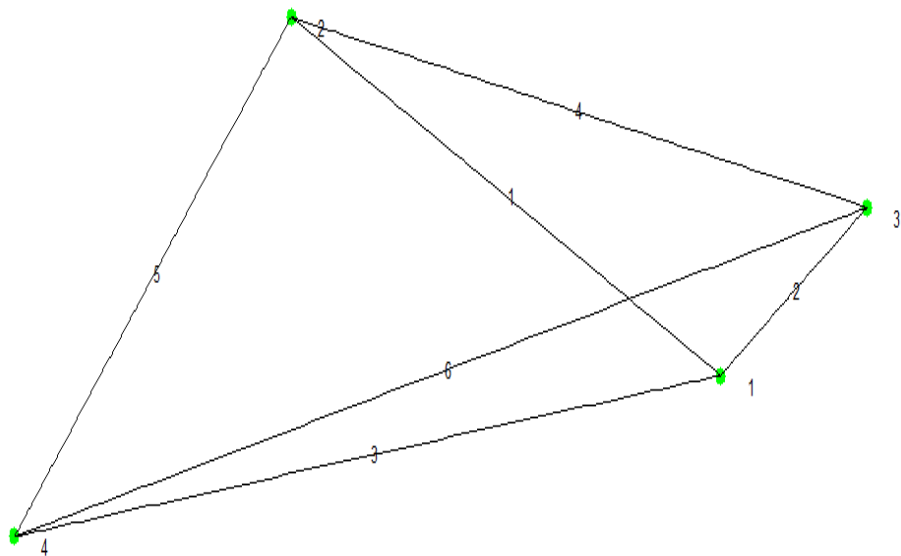
Figura 28. Encaminamiento en redes Ad Hoc  
Rutas-Distancias entre Nodos De la Red-Ad Hoc



(Gomez, 2010)

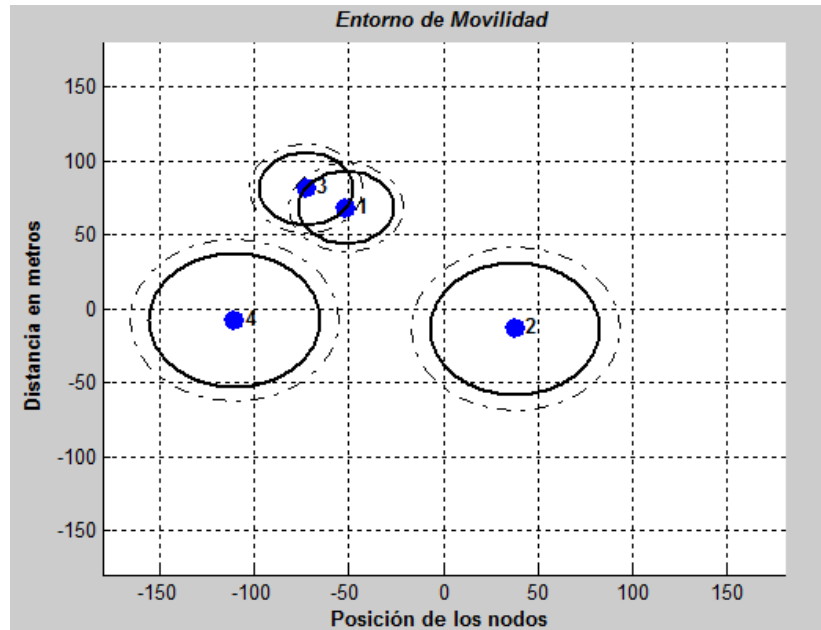
Se representan por teoría de grafos, las distancias y el coste de cada ruta y conexión creada, para representar el diagrama según vectores de dirección. Los puntos son los nodos y las líneas los enlaces.

Figura 29. Distancias entre nodos de la red  
Teoría de Grafos-Aplicados al Enrutamiento de datos



(Gomez, 2010)

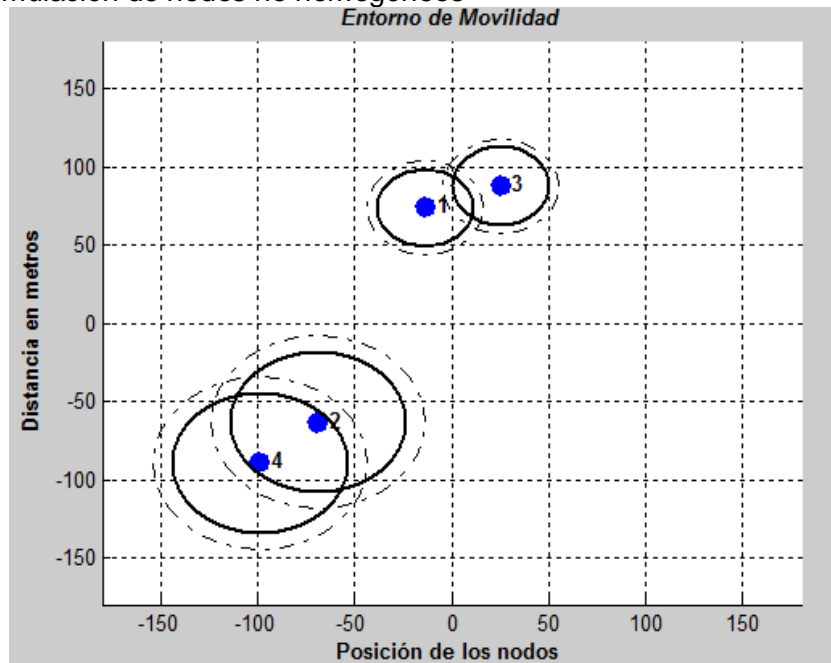
Figura 30. Simulación con lóbulos de transmisión



(Gomez, 2010)

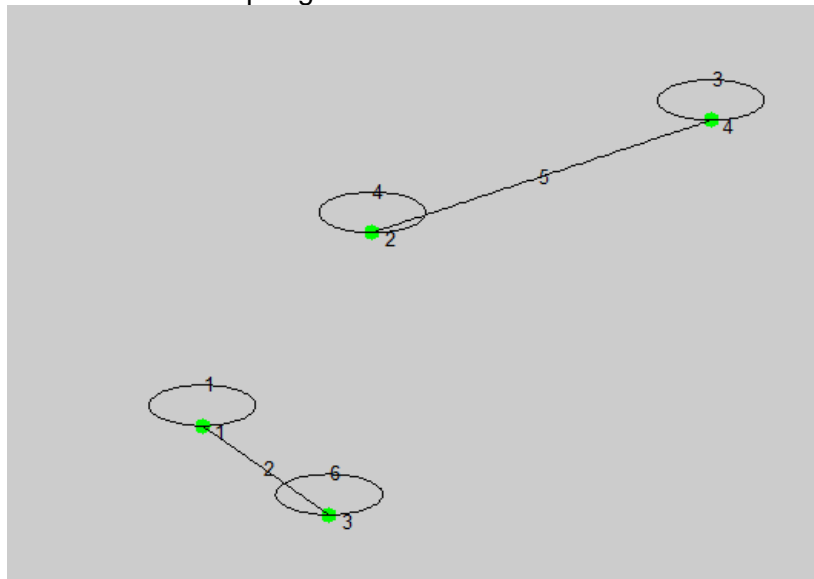
Los lóbulos subrayados son área de transmisión, los lóbulos punteados área de detección, sobre un entorno de 150m x 150m (espacios con aplicación en domótica con nodos no homogéneos)

Figura 31. Simulación de nodos no homogéneos



(Gomez, 2010)

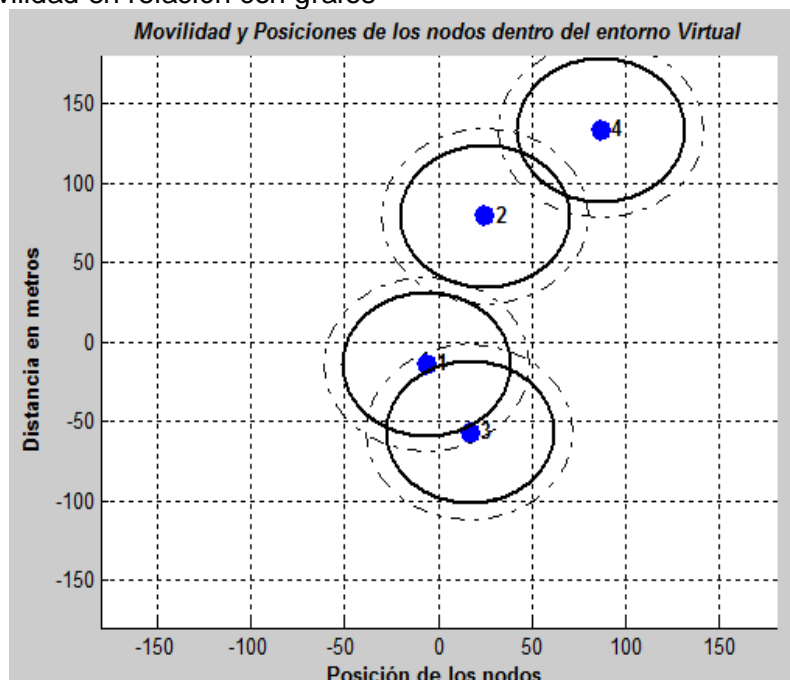
Figura 32. Estados de conexión por grafos



(Gomez, 2010)

La simulación ilustra la distancia y el estado del nodo (lóbulo en cada nodo), ilustrando el grafo y el coste de la ruta de conexión entre los nodos de la red.

Figura 33. Movilidad en relación con grafos

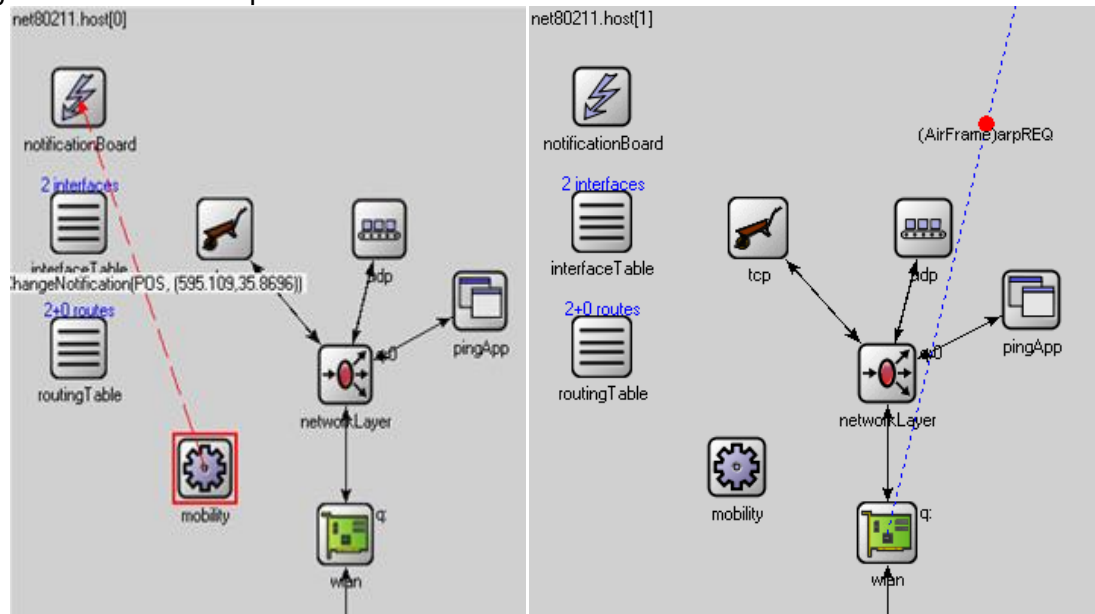


(Gomez, 2010)

## 7.2 SIMULACION APLICACIONES DE QOS EN LA CONEXIÓN DE LOS NODOS

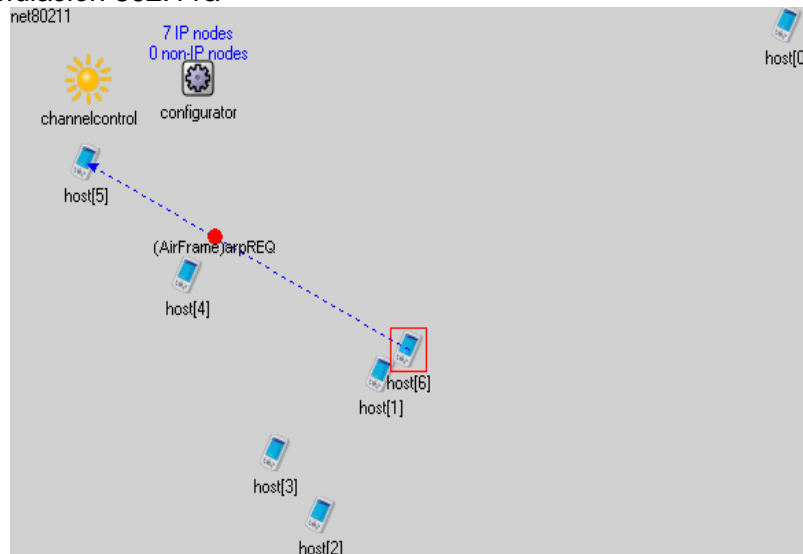
### 7.2.1 Protocolo 802.11a

Figura 34. Interface Opnet



(Gomez, 2010)

Figura 35. Simulación 802.11a

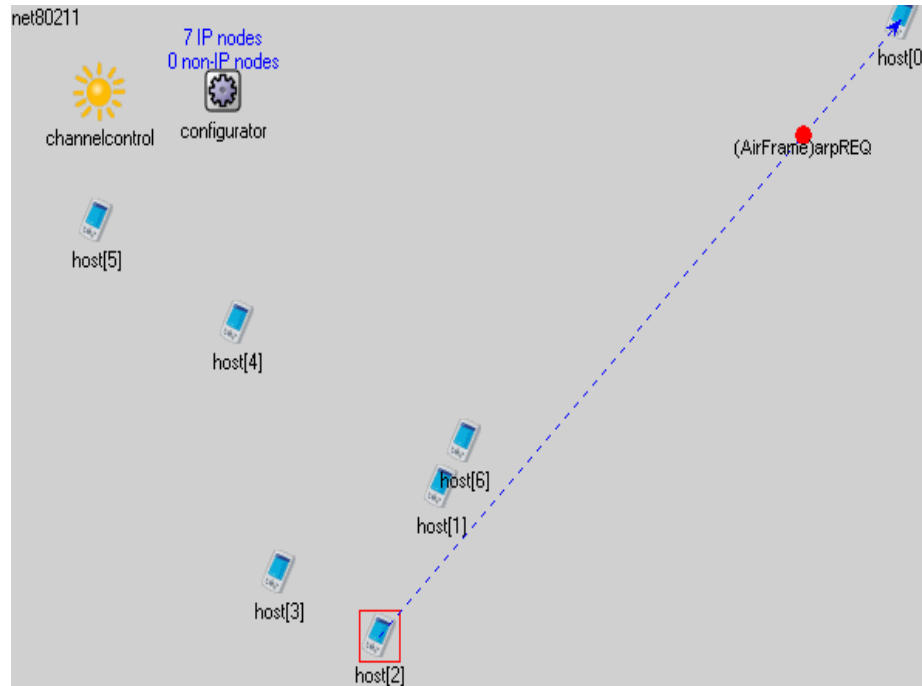


(Gomez, 2010)

Esta parte de la simulación ilustra en protocolo 802.11a en funcionamiento, estableciendo parámetros para Ad Hoc, donde no implementa servicios ni

prioridades en la conexión, es direccional, no se encarga de hacer un control de paquetes correctos.

Figura 36. Transferencia de datos 802.11a



(Gomez, 2010)

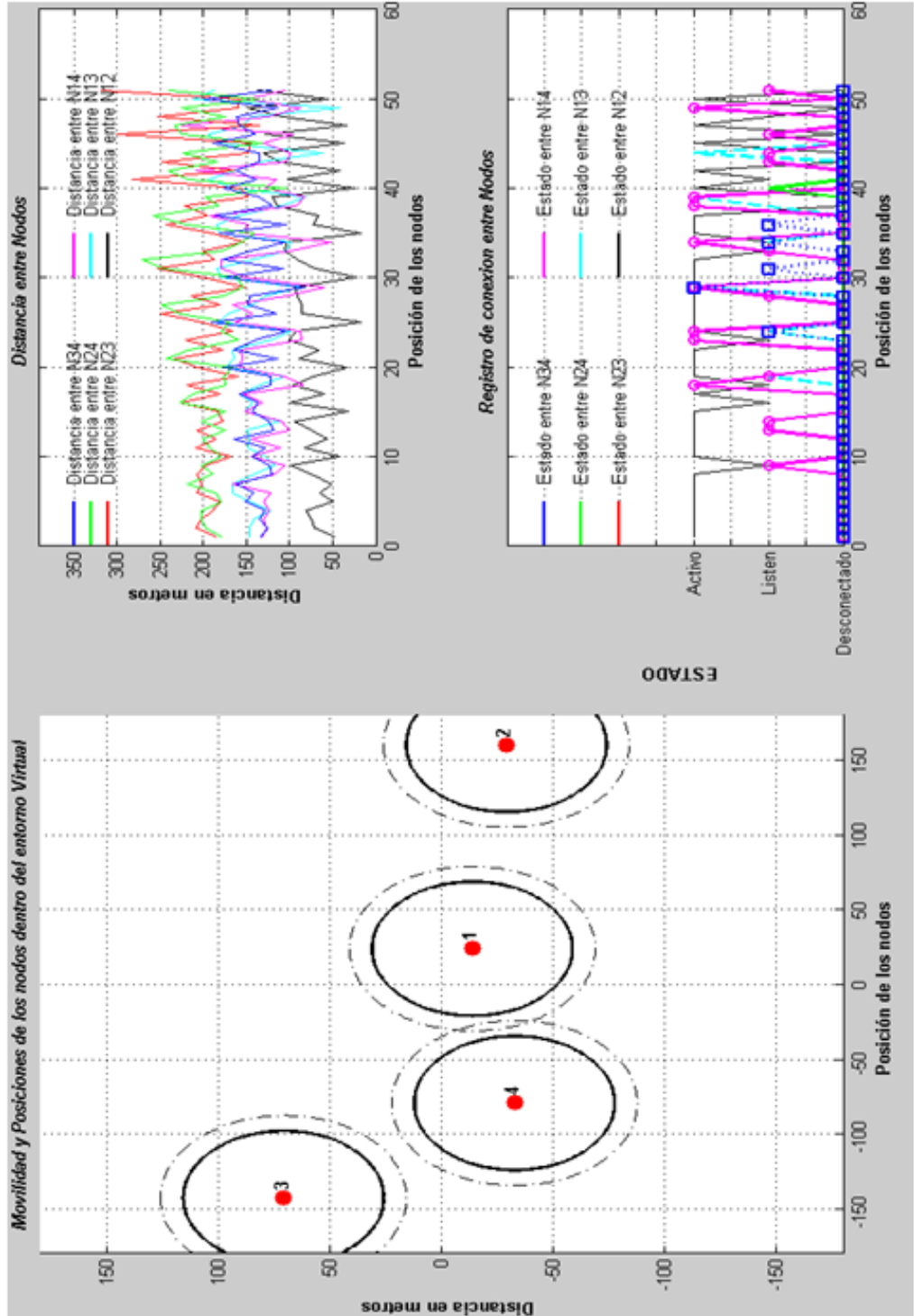
Todos los dispositivos inalámbricos no presentan tarjetas de red bajo el estándar 802.11a, el cual solo los que estén bajo este protocolo pueden generar la conexión, se debe configurar y presentar una administración de la red el cual permita establecer las comunicaciones que desean, su rendimiento no es proporcional con la escalabilidad de la red.

Sus principales ventajas son su velocidad, la base instalada de dispositivos de este tipo, la gratuidad de la frecuencia que usa y la ausencia de interferencias en la misma.

Sus principales desventajas son su incompatibilidad con los estándares 802.11b y g, la no incorporación a la misma de QoS (posibilidades de aseguro de Calidad de Servicio, lo que en principio impediría ofrecer transmisión de voz y contenidos multimedia online), la no disponibilidad de esta frecuencia en Europa dado que esta frecuencia está reservada a la HyperLAN2.

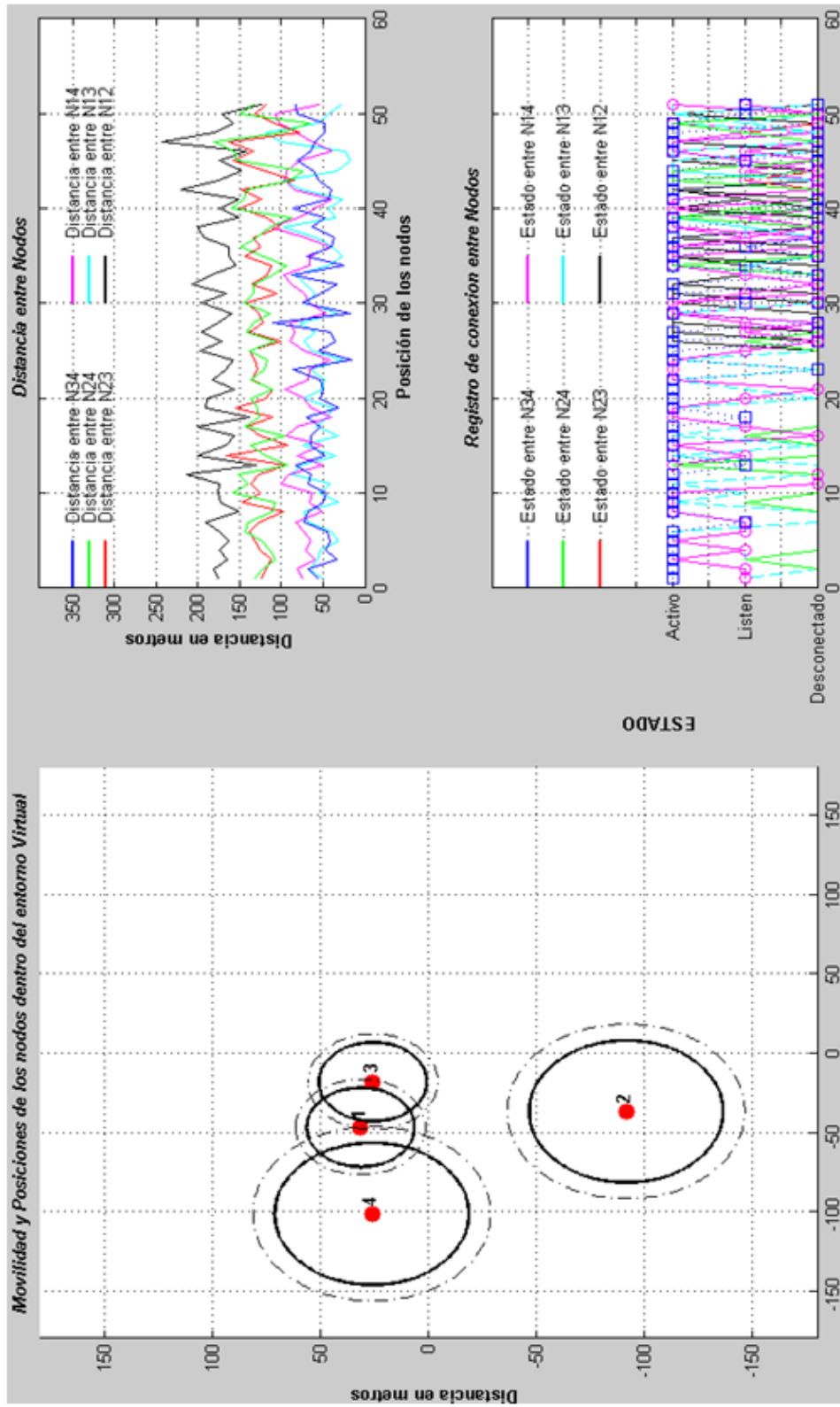
## 7.2.2 Protocolo 802.11n

Figura 37. Simulación escenario 802.11n



(Gomez, 2010)

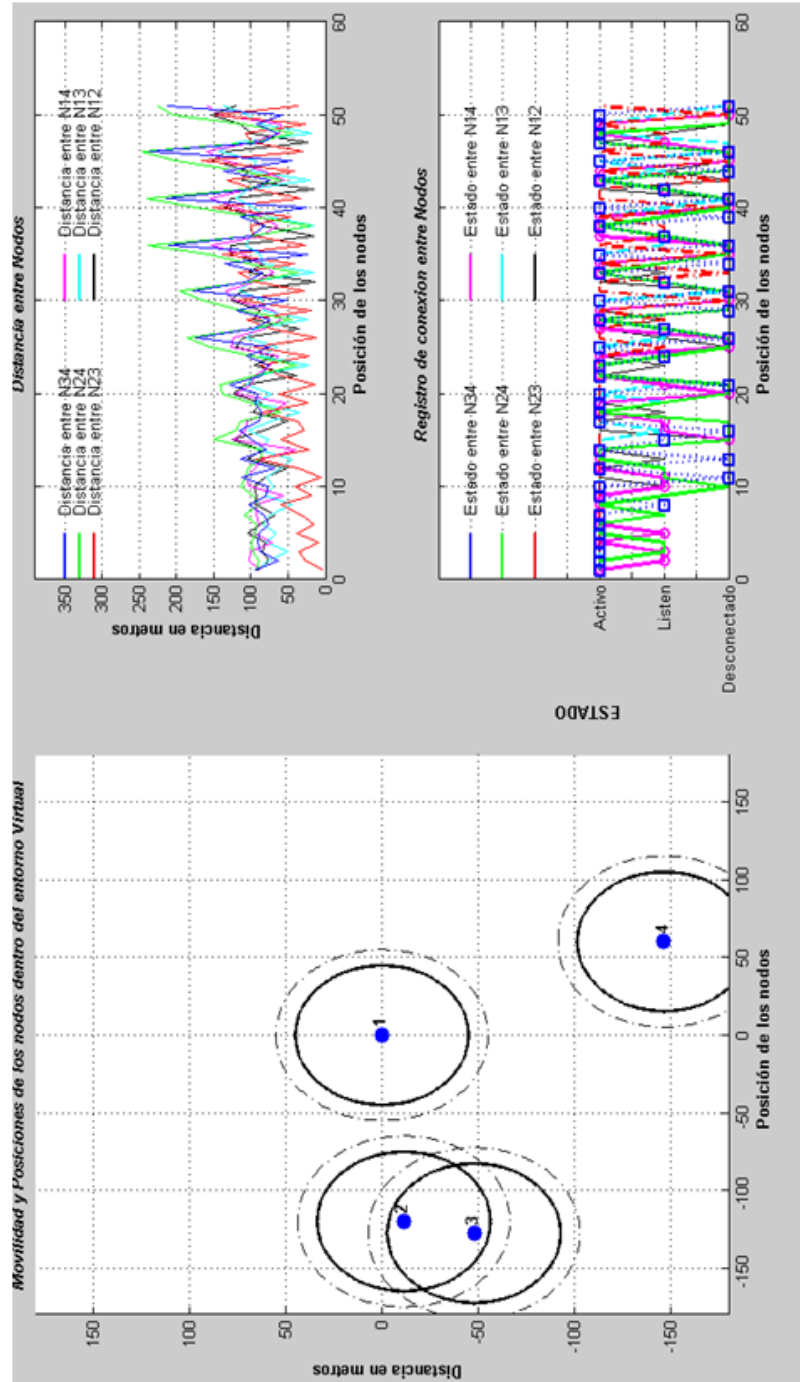
Figura 38. Simulación distancias 802.11n



(Gomez, 2010)

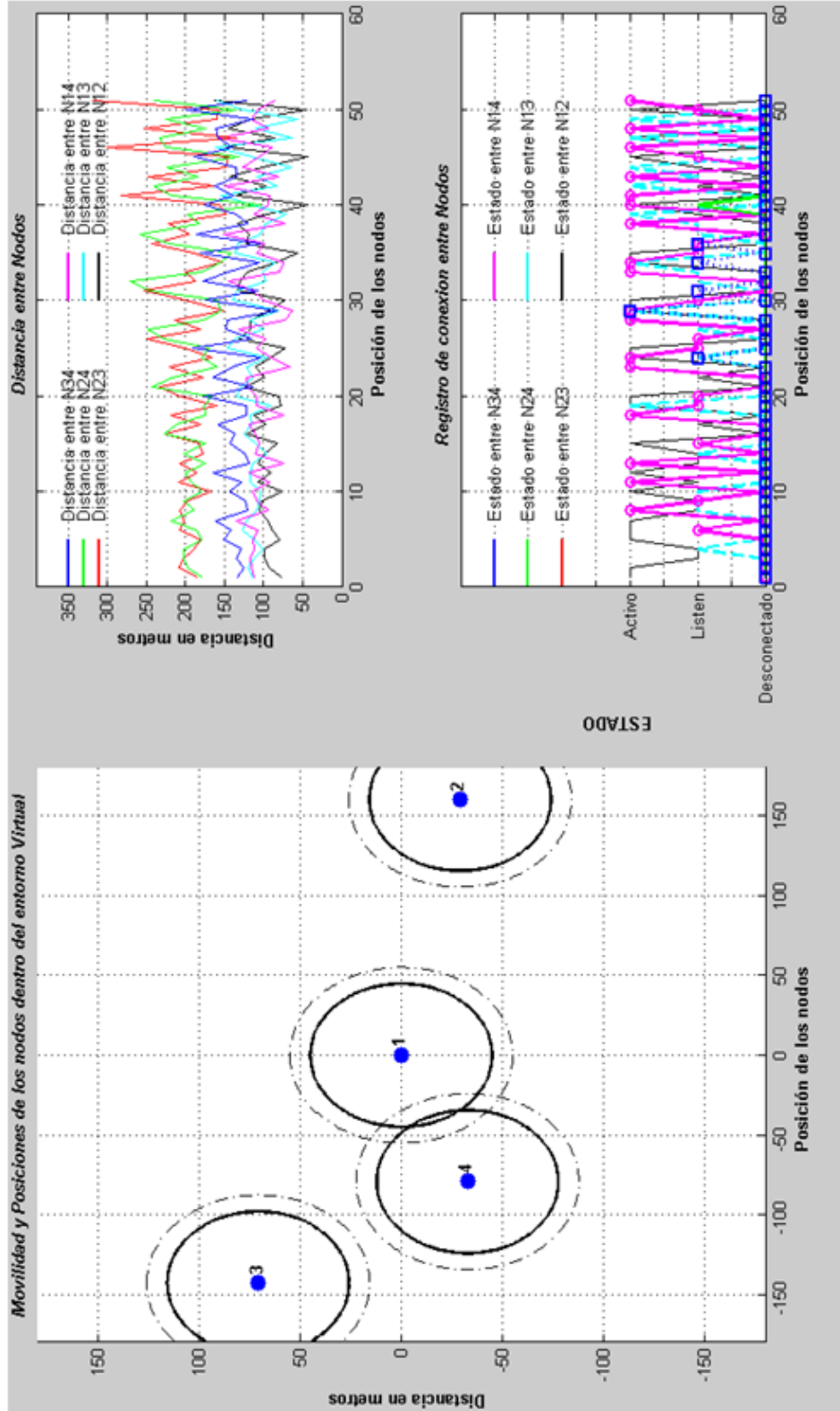
### 7.2.3 Protocolo CEDAR

Figura 39. Simulación protocolo CEDAR



(Gomez, 2010)

Figura 40. Registros de distancia 802.11n



(Gomez, 2010)

## 7.2.4 Tabla comparativa entre los tres protocolos evaluando la eficiencia de las rutas:

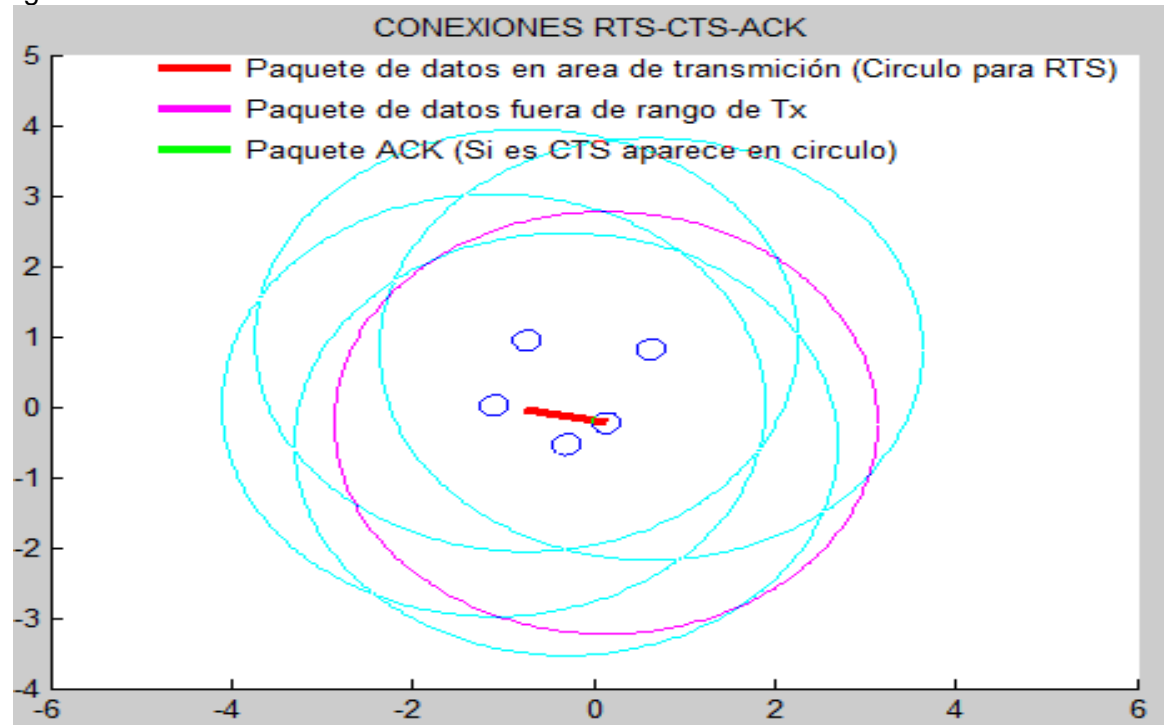
Tabla 5. Comparación de protocolos

802.11a	802.11n	CEDAR
Protocolo usado para redes más extensas, en Ad Hoc el móvil en la conexión debe estar estático.	Modifica los nodos vecinos constantemente según su entorno.	Crear clustering para dejar un nodo administrador en la red.
Retardo en los enlaces a establecer, ya que establece turnos en los nodos por colas.	Establece un marco y registro en sus tablas de ruteo de conexiones y desconexiones.	El núcleo permite identificar un conjunto mínimo de nodos en la red.
No puede existir multiplicidad de conexiones entre nodos.	No puede existir multiplicidad de conexiones entre nodos.	No puede existir multiplicidad de conexiones entre nodos.
802.11a y la 802.11b utilizan frecuencias distintas, ambas tecnologías son incompatibles entre ellas.	Dispositivos con interfaz 802.11b-g	Se puede implementar sobre el protocolo 802.11n
Alta velocidad de transmisión	Usa multihop en caso de necesitarlo.	Define un proceso de pseudo-broadcast para el intercambio de información entre los nodos del núcleo.
Poca interferencia porque no existen muchos dispositivos que manejen las mismas frecuencias.	Especifica en la capa de acceso al medio (MAC) la gestión de conexiones y desconexiones del enlace.	Requiere actualizar la información de su topología local.
Tiene menor alcance para establecer enlaces con nodos aislados o dentro de otro entorno sin utilizar multihop.	Función de coordinación de transmisión y recepción, presentan los dispositivos áreas de transmisión y recepción de datos.	Este protocolo garantiza parámetros que QoS, al analizar las mayores conexiones exitosas y su registro de distancias.
Alto costo, bajo rango de señal que es fácilmente obstruible	De acuerdo al estándar 802.11n usa una función de coordinación distribuida, basado en CSMA/CA para evitar las colisiones.	Es eficiente con no más de 10 nodos participantes en la red.
Su estado es activo o inactivo.	Presenta estado del nodo listening, activo y desconectado.	Presenta estado del nodo listening, activo y desconectado.

(Gomez, 2010)

### 7.3 PROBLEMAS DE RUTAS EN REDES AD HOC

Figura 41. Conexiones RTS-CTS-ACK

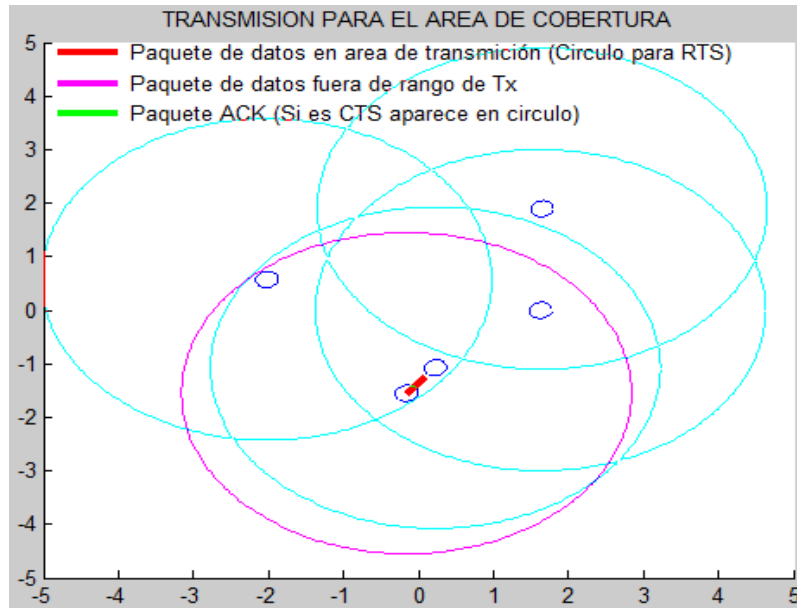


(Gomez, 2010)

Para coordinar la transmisión de datos entre el transmisor y el receptor, un bus asincrónico implementa un protocolo *handshaking*. El protocolo *handshaking* consiste de una serie de pasos, en los cuales el transmisor y el receptor, luego de acordar pasan a la siguiente etapa de la transmisión.

El productor de información envía una petición (una transición de subida en la señal req) indicando que la información colocada en las líneas de datos es válida. Esta información es capturada por el receptor, indicándolo a través de una subida en la señal de reconocimiento (ack). En este momento ya se ha completado la comunicación, no obstante hay que devolver el medio de comunicación a su estado inicial; por lo tanto, la señal de petición debe bajar para que se puedan cambiar la información de las líneas de datos; y después bajar la señal de reconocimiento indicando que ya no se está capturando ninguna información. Este protocolo es denominado protocolo handshake de cuatro fases, es decir, hay que completar cuatro eventos para poder realizar una nueva comunicación. En este caso, el significado de cada evento depende del nivel de cada señal

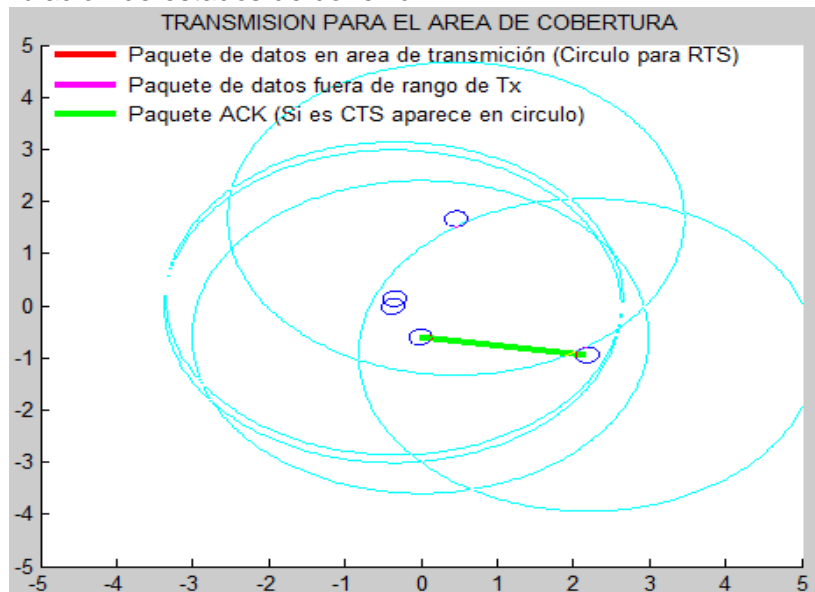
Figura 42. Transmisión áreas de cobertura



(Gomez, 2010)

El protocolo handshake dispone de dos señales de control utilizadas por el productor y receptor de información, produciéndose una comunicación real entre ambos procesos

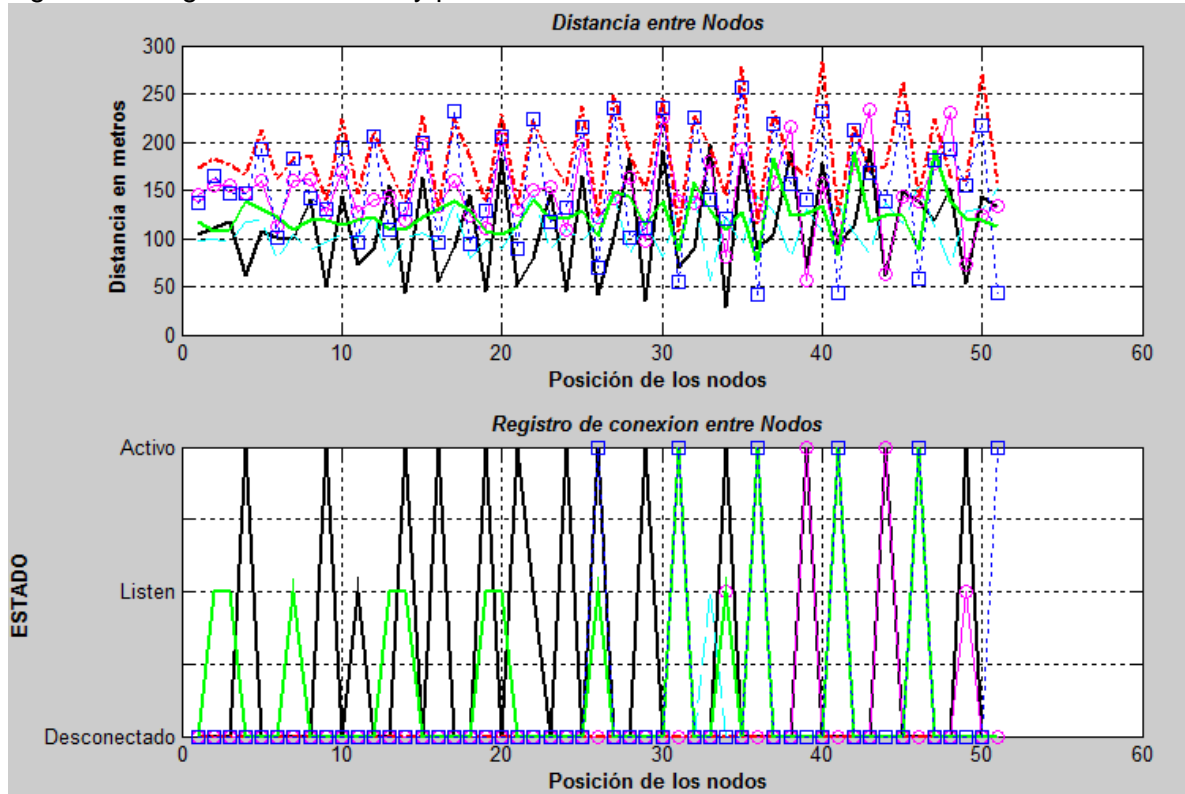
Figura 43. Simulación de estados de conexión



(Gomez, 2010)

## 7.4 IMPLEMENTACIÓN DE PARÁMETROS QOS SOBRE REDES MÓVILES AD HOC

Figura 44. Registro de estados y posiciones



(Gomez, 2010)

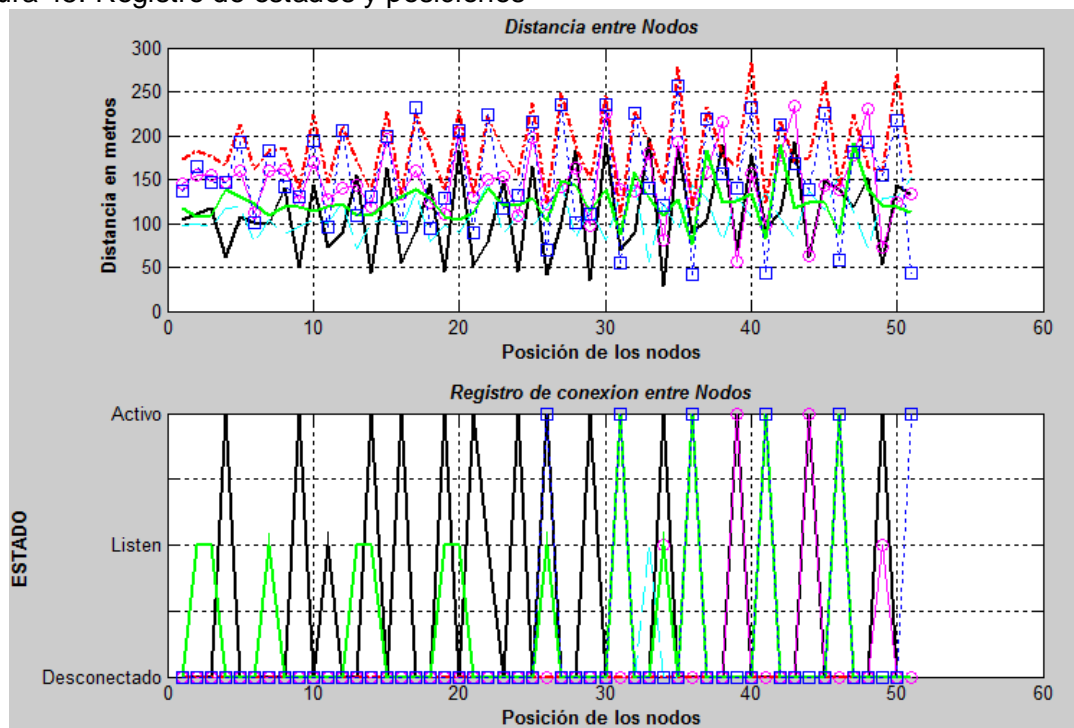
La implementación de parámetros, ayuda a un mejor desempeño de conectividad dado a que se dan prioridades en la red, y se lleva un mejor control por jerarquía dentro de la red, se observa que el consumo de recursos, es menor a l no existir muchos cambios de estado, y se controla la entrega de paquetes, según el protocolo hadshaking. Al controlar la red por estados se lleva un registro y control de calidad de la red, observando donde son sus estados críticos, y puntos mayores de conexión.

Todas las estaciones que reciban el RTS y/o el CTS, pondrán su indicador de *Virtual Sense Indicator* (llamado *Network Vector Allocation* ó NAV), con la duración indicada. Usando esta información, NAV, conjuntamente con el *Physical Carrier Sense* es decir la escucha del nivel físico se puede proceder a la reserva del medio de transmisión. Este mecanismo reduce la probabilidad de colisión en el área de recepción para estaciones que estén *escondidas* de su transmisor. La estación escucha el mensaje de CTS y posteriormente reserva el medio como ocupado hasta el fin de la transacción. Es importante observar, que debido a la

corta duración de los mensajes RTS y CTS, también se reduce el *overhead* de colisiones debido a que son reconocidas más rápidamente de lo que lo serían si se realizara la transmisión del paquete entero. Esto es así siempre y cuando el paquete sea significativamente más grande que el RTS, por tanto el estándar permite la transmisión de paquetes pequeños sin la necesidad de mensajes RTS/CTS y es controlado por cada estación mediante un cierto umbral llamado *RTSThreshold*

## 7.5 IMPLEMENTACIÓN DE PARÁMETROS QOS SOBRE REDES MÓVILES AD HOC

Figura 45. Registro de estados y posiciones



(Gomez, 2010)

La implementación de parámetros, ayuda a un mejor desempeño de conectividad dado a que se dan prioridades en la red, y se lleva un mejor control por jerarquía dentro de la red, se observa que el consumo de recursos, es menor a l no existir muchos cambios de estado, y se controla la entrega de paquetes, según el protocolo hadshaking.

Al controlar la red por estados se lleva un registro y control de calidad de la red, observando donde son sus estados críticos, y puntos mayores de conexión.

## 8. CONCLUSIONES

- El auge de las redes móviles Ad Hoc y sus especiales características han provocado la aparición de gran cantidad de grupos de investigación para afrontar el desarrollo de los tradicionales servicios que se pueden usar en Internet. En este artículo se han analizado tres de los principales servicios de valor añadido que estarán presentes en las redes móviles Ad Hoc: calidad de servicio seguridad y descubrimiento de servicios.
- Los requisitos de las actuales aplicaciones multimedia hacen necesario que la red deba proveer cierto nivel de QoS al usuario. Si bien este problema está prácticamente resuelto en redes fijas, las especiales características de las redes móviles Ad Hoc hacen necesario un nuevo estudio para afrontar este problema. Principalmente, la topología dinámica y los escasos recursos de los nodos hacen necesario que la carga del mecanismo de provisión de QoS sea lo más ligero posible, en cuanto a carga de procesamiento (CPU), como de recursos de red (ancho de banda).
- En el artículo se han identificado cuatro componentes básicos para el soporte de QoS: modelo, señalización, enrutamiento, y acceso al medio. La cooperación de todos estos componentes determinará la capacidad y rendimiento del mecanismo de provisión de calidad de servicio, haciendo que el desempeño de la red sea cada vez mejor.
- Con respecto a la seguridad, se debe destacar que los requisitos de seguridad son especialmente difíciles de abordar en una red móvil Ad Hoc, debido fundamentalmente a las características propias de su naturaleza. Estas características imponen una serie de restricciones que hacen que las técnicas de seguridad empleadas en redes convencionales no puedan ser aplicables directamente en este nuevo entorno. Por otro lado, la elaboración de una política de seguridad de carácter general es un problema de gran complejidad. Habitualmente, las técnicas de seguridad a introducir dependerán de la aplicación concreta para la que se realiza el despliegue de la red.
- En este documento se ha indicado el estado del arte en tres de los aspectos claves que deberán ser cubiertos por cualquier política de seguridad aplicable en una MANET: detección de intrusiones, enrutamiento seguro y gestión de claves.
- En cuanto al descubrimiento de servicios, este aspecto es vital en una red que estará formada por múltiples equipos, cada uno con características muy específicas, debiendo cooperar y conocerse entre ellos para ser de utilidad al

usuario. En redes con infraestructura este problema cuenta con diversa soluciones. Pero en redes Ad Hoc hay que cubrir múltiples nuevos aspectos. Las dos corrientes son las que usan modelos directos y modelos mediados. Si se usan modelos directos los problemas a resolver son básicamente cómo reducir el número de mensajes y como conseguir mecanismos de difusión eficientes. Si se usan modelos mediados hay que idear formas para replicar los nodos servidores y distribuir la carga entre ellos.

## 9. RECOMENDACIONES

De una forma resumida y no por orden de importancia, son numerosos los retos que deben superarse para alcanzar los beneficios prácticos de las redes Ad Hoc inalámbricas, tales como:

- Enrutamiento efectivo (*Throughput* alto, pérdida nula o baja de paquetes, etc.)
- Métodos de control de acceso al medio ( o canal)
- Administración móvil
- Seguridad
- La calidad de servicio (QoS) de las aplicaciones multimedia, que es afectada
- Principalmente por el retardo y por la administración del disponible ancho de banda, entre otros factores.
- Conseguir elementos / equipos con potencia extremadamente baja para evitar tener que recargar frecuentemente la batería.
- Dispositivos de poco peso debido a que son portátiles y deben poder llevarse encima (*wearable*).
- Conseguir bajos costos en el mercado
- Resolver el problema de las interferencias.
- Conseguir interoperabilidad entre los diferentes equipos que están moviéndose dentro en la red, a través de un eficiente modelo y protocolo de enrutamiento.
- Creación de contenidos.
- Los factores ambientales juegan un papel muy importante, no solo limitando la distancia entre dos nodos, sino agregándole ruido, interferencia y variedad de terrenos que obstruyen la señal.

## 10. GLOSARIO

**Algoritmo:** Es una lista bien definida, ordenada y finita de operaciones que permite hallar la solución a un problema. Dado un estado inicial y una entrada, a través de pasos sucesivos y bien definidos se llega a un estado final, obteniendo una solución.(Clayton, 2002)

**Backbone:** Se refiere a las principales conexiones troncales de Internet. Está compuesta de un gran número de routers comerciales, gubernamentales, universitarios y otros de gran capacidad interconectados que llevan los datos a través de países, continentes y océanos del mundo.(Clayton, 2002)

**BSC:** (Controlador de Estación Base) es el elemento de red central del BSS y controla la red de radio.(YANES, 1995)

**BSS:** Subsistema de Estación Base, es una parte de la red responsable del control de la ruta de radio.(YANES, 1995)

**BTS:** (Estación Base) es un elemento de red que mantiene el interfaz Aire.(YANES, 1995)

**Conmutación:** La conmutación de paquetes es una técnica de conmutación que nos sirve para hacer un uso eficiente de los enlaces físicos en una red de computadoras. Un paquete es un grupo de información que consta de dos partes: los datos propiamente dichos y la información de control, en la que está especificado la ruta a seguir a lo largo de la red hasta el destino del paquete.(Clayton, 2002)

**Enlace infrarrojo:** Los enlaces infrarrojos se encuentran limitados por el espacio y los obstáculos. El hecho de que la longitud de onda de los rayos infrarrojos sea tan pequeña (850-900 nm), hace que no pueda propagarse de la misma forma en que lo hacen las señales de radio.(Clayton, 2002)

**Estandar:** Es una especificación que regula la realización de ciertos procesos o la fabricación de componentes para garantizar la interoperabilidad.(Clayton, 2002)

**Ethernet:** Ethernet es un estándar de redes de computadoras de área local con acceso al medio por contienda CSMA/CD. El nombre viene del concepto físico de ether. Ethernet define las características de cableado y señalización de nivel físico y los formatos de tramas de datos del nivel de enlace de datos del modelo OSI.(Clayton, 2002)

**FreeBSD:** Es un sistema operativo multiusuario, capaz de efectuar multitarea con apropiación y multiproceso en plataformas compatibles con múltiples procesadores; el funcionamiento de FreeBSD está inspirado, en la variante 4.4 BSD-Lite de UNIX. (Jade, 1998).

**Gateway:** Equipos para interconectar redes.(Clayton, 2002)

**HUB:** Un concentrador o Hub es un dispositivo que permite centralizar el cableado de una red y poder ampliarla. Esto significa que dicho dispositivo recibe una señal y repite esta señal emitiéndola por sus diferentes puertos.(Clayton, 2002)

**Interconexion:** La interconexión es la conexión física y lógica entre dos o más redes de telecomunicaciones. Su objetivo es facilitar que los usuarios de cualquier operador se puedan comunicar con los usuarios de los demás operadores y dar acceso a los servicios ofrecidos por las distintas redes.(Clayton, 2002)

**LAN:** (Local Área Network - Red de Área Local). Interconexión de computadoras y periféricos para formar una red dentro de una empresa u hogar, limitada generalmente a un edificio.(Carrascal, 2007)

**Noise floor:** El ruido de fondo es la medida de la señal creada a partir de la suma de todos los ruidos no deseados y las fuentes de señales dentro de un sistema de medición.(Clayton, 2002)

**Protocolo:** Se conoce como protocolo de comunicaciones a un conjunto de reglas que especifican el intercambio de datos u órdenes durante la comunicación entre sistemas.(Clayton, 2002)

**QoS:** Calidad de Servicio (Quality of Service, en inglés) son las tecnologías que garantizan la transmisión de cierta cantidad de datos en un tiempo dado (throughput). Calidad de servicio es la capacidad de dar un buen servicio. Es especialmente importante para ciertas aplicaciones tales como la transmisión de video o voz.(Clayton, 2002)

**Radiofrecuencia:** También denominado espectro de radiofrecuencia o RF, se aplica a la porción menos energética del espectro electromagnético, situada entre unos 3 Hz y unos 300 GHz. Las ondas electromagnéticas de esta región del espectro se pueden transmitir aplicando la corriente alterna originada en un generador a una antena.(Clayton, 2002)

**RED:** Una red es un sistema de comunicación entre computadoras que permite la transmisión de datos de una máquina a la otra, con lo que se lleva adelante entre ellas un intercambio de todo tipo de información y de recursos.(Lanzillotta, 2004)

**Router:** Enrutador (router), enrutador es un dispositivo de hardware para interconexión de red de ordenadores que opera en la capa tres (nivel de red). Este dispositivo permite asegurar el enrutamiento de paquetes entre redes o determinar la ruta que debe tomar el paquete de datos.(Clayton, 2002)

**Topología:** La topología de red o forma lógica de red se define como la cadena de comunicación que los nodos que conforman una red y usan para comunicarse.(Clayton, 2002)

**UHF:** (Ultra High Frequency, frecuencia ultra alta) es una banda del espectro electromagnético que ocupa el rango de frecuencias de 300 MHz a 3 GHz. En esta banda se produce la propagación por onda espacial troposférica, con una atenuación adicional máxima de 1 dB si existe primera zona de Fresnel.(YANES, 1995)

**Velocidad de transmisión:** La velocidad de transmisión es el número de bits transmitidos por segundo cuando se envía un flujo continuo de datos.(Clayton, 2002)

**VHF:** (Very High Frequency) es la banda del espectro electromagnético que ocupa el rango de frecuencias de 30 MHz a 300 MHz.(YANES, 1995)

**WAP:** (Wireless Access Point o WAP). En redes de computadoras, un punto de acceso inalámbrico es un dispositivo que conecta dispositivos de comunicación inalámbrica entre sí para formar una red inalámbrica. Un WAP generalmente se conecta a una red inalámbrica y puede retransmitir datos entre dispositivos inalámbricos y dispositivos alámbrados.(Carrascal, 2007)

**WI-FI:** Es un sistema de envío de datos sobre redes computacionales que utiliza ondas de radio en lugar de cables, además es una marca de la Wi-Fi Alliance.(Clayton, 2002)

**WLAN:** (en inglés; Wireless Local Área Network) es un sistema de comunicación de datos inalámbrico flexible, muy utilizado como alternativa a las redes LAN cableadas o como extensión de éstas. Utiliza tecnología de radiofrecuencia que permite mayor movilidad a los usuarios al minimizar las conexiones cableadas.(Clayton, 2002)

## BIBLIOGRAFÍA

- Abolhasan, M. W., T.; Dutkiewicz, E. (2004). A review of routing protocols for mobile Ad Hoc networks. *IEEE*.
- Alianza Wifi Marzo de 2009, from [http://www.wi-fi.org/about\\_overview.php](http://www.wi-fi.org/about_overview.php)
- Barrett, C. (2002). Characterizing the interaction between routing and MAC protocols in Ad Hoc networks. *IEEE*.
- Basagni, M. C., S. Giordano, y I. Stojmenovic. (2004). *Mobile Ad Hoc Networking*: Wiley-IEEE
- Castaño, C. F. T. (2008). clusters in Ad Hoc. Universidad Nacional de Colombia.
- Castillo, M. A. (2009). *ANALISIS DE POTENCIA SOBRE LAS TOPOLOGIAS DINAMICAS EN REDES AD HOC*. FUSM, Bogota.
- Cisco. (2007a). Fundamentos De Redes Inalámbricas. Capítulo 2 IEEE 802.811.
- Cisco. (2007b). Self-Study Guide Interconnecting Cisco Network Devices.
- Cisco. (2007c). Self-Study Guide Interconnecting Cisco Network Devices. capítulo 6.
- Cisco. (2007d). -Study Guide Interconnecting Cisco Network Devices. Capítulo 5.
- Cobertura de Redes inalámbricas. from <http://static.commentcamarche.net/es.kioskea.net/pictures/wireless>
- Communications, A. (2004). Power Consumption and Energy Efficiency Comparisons of WLAN Products.
- Cordeiro, C. d. M. (2007). *Ad Hoc & Sensor Networks*: World Scientific.
- Du, D.-Z. (2007). *Resource Management in wireless networking*: Springer.
- Electrónicos, I. d. i. E. y. (2007). Estandar 802.11b. *IEEE*, from <http://www.ieee802.org>

- Eric Brewer, M. D., Bowei Du, Kevin Fall, Melissa Ho, Matthew Kam, Sergiu Nedevschi, Joyojeet Pal, Rabin Patra, y Sonesh Surana. (2004). The Case for Technology for Developing Regions (Vol. Volume 6, pp. 253).
- Fernets. (2003). comunicaciones digitales
- Giorgio Franceschetti, S. S. (2005). *Wireless Network, From the Physical Layer to Communication, Computing, Sensing, and Control.*
- Giuseppe Anastasi, M. C., Enrico Gregori (Ed.). (2009). *IEEE 802.11 AD HOC NETWORKS:PROTOCOLS, PERFORMANCE,AND OPEN ISSUES.*
- Glisic, S. G. (2009). *Advanced WirelessNetworks 4G Technologies.*
- Gomez, L. C. (2010). *ANÁLISIS DE QoS PARA PROTOCOLOS EN REDES MÓVILES AD HOC* Fundación Universitaria San Martín, Bogotá.
- Gorostiza, L. (2004). Ramificación y Superprocesos. *Centro de Investigación y estudios avanzados del instituto politecnico nacional*
- Hekmat, R. (2008). *Ad Hoc Networks: Fundamental Properties and Network Topologies*
- Hong, C. (2007). *Wireless sensor networks for habitat monitoring.*
- IEEE. (2006). information technology-telecommunications and information exchange between systems-local and metropolitan area networks-specific requirements-part 11: Wireless lan medium access control (mac) and physical layer (phy) specifications. from <http://ieeexplore.ieee.org/servlet/opac?punumber=5258>
- IEEE. (2007). comunicaciones, teoría de la información, sistemas inalámbricos. Editor asociado del IEEE Transactions on Communications. from [http://www.ieee.org.mx/IEEE\\_-\\_ROC%26C\\_2007\\_Papers.html](http://www.ieee.org.mx/IEEE_-_ROC%26C_2007_Papers.html)
- IEEE. (2009). Retrieved Marzo de 2009, from <http://ieeexplore.ieee.org/arge/noticiasdetalle.asp.htm>
- Ilyas, M. (2006). Ad Hoc Wireless Networks. In C. PRESS (Eds.)

- Iván Vidal, C. G., Ignacio Soto, José Ignacio Moreno. (2006). Servicios de Valor Añadido en Redes Móviles Ad Hoc. *Universidad Carlos III de Madrid*.
- J. Gross, J. Y. (2000). Graph Theory and its Applications. *IEEE*.
- Juan-Carlos Cano, C. T. C., Manuel P. Malumbres, Pietro Manzoni. (2009). IP-Based Quality of Service Framework for Mobile Ad Hoc Networks. Universidad Politécnica de Valencia.
- Kumar, V. K. a. P. R. (2005). Principles and Protocols for Power Control in Wireless Ad Hoc Networks. *IEEE Spectrum*.
- Li, X. (2007). *Wireless Ad Hoc and Sensor Networks*: Cambridge.
- Macker, S. C. a. J. (2005). Mobile Ad Hoc networking (manet): Routing protocol performance issues and evaluation considerations. *IEEE Spectrum*.
- Mieghem, P. V. (2005). *Performance Analysis Of Communications Networks and Systems*: Cambridge.
- SeungJong, P. R. S. (2007). Adaptive Topology Control for Wireless Adhoc Networks. *IEEE, Georgia Institute of Technology*.
- Shao-Qiu Xiao, M.-T. Z. a. Y. Z. (2006). *Wireless Ad Hoc Networking*: Auerbach publications.
- Srivastava, G. (2008). Power efficient connected topologies in Ad Hoc networks. *IEEE*.
- Stefano Basagni, M. C., Silvia Giordano. (2009). *MOBILE AD HOC NETWORKING*.
- Van, P. (2007). performance analysis of communications Networks and systems. *IEEE*.
- Wen-Zhan Song, Y. W., Xiang-Yang Li, Ophir Frieder. (2007). Localized Algorithms for Energy Efficient Topology in Wireless Ad Hoc Networks. *IEEE*.

Xiang-Yang Li, W.-Z. S., Yu Wang. (2006). Efficient Topology Control for Ad Hoc Wireless Networks with Non-uniform Transmission Ranges. *IEEE*.

Xiang-Yang Li, W.-Z. S., Yu Wang. (2009). TOPOLOGY CONTROL IN WIRELESS AD HOC NETWORKS. *IEEE*.

Xu, Y. H., J.; Estrin, D. . (2004). Adaptive Energy-Conserving Routing for Multihop Ad Hoc Networks. USC/ISI Technical.

Y. Zhang, W. L. (2000). Intrusion detection in wireless Ad Hoc networks. *IEEE*

Yutaka Mori, J. H., Solomon Bien, Ya Xu. (2004). Topology Control Protocols to Conserve Energy in Wireless Ad Hoc Networks. *IEEE*.