

# Análisis de Potencia en la Transmisión de Datos Sobre Topologías Dinámicas en Redes Ad Hoc

Maryam Alejandra Castillo Vargas <maryamcasti@ieee.org>; Fundación Universitaria San Martín-  
Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones

**Abstract**—These paper present the study of power consumption limitations in data transfer over Ad Hoc networks, in order to show the problem and illustrate the solution we design three different scenarios where the connection and disconnection hence four steps handshaking protocol are the focus of this investigation.

The proposed solution is based on graph theory, and shows how the topology control reduces and distributes the power consumption over the entire network.

**Índice de términos**—BSS, WiFi, Grafos, MAC, PHY, Hop, Tramas, Colisiones, Escalabilidad, RTS, CTS, DATA, ACK, CSMA/CA, Ad Hoc, Potencia instantánea.

## I. INTRODUCCIÓN

ESTE documento compila la investigación realizada sobre el análisis de potencia de transmisión de datos en redes inalámbricas 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.

## II. EL HARDWARE.

A pesar de los enormes avances en cuanto eficiencia en el uso de potencia del hardware, las tarjetas de red inalámbricas que trabajan con 802.11b continúan consumiendo

significativas cantidades de potencia, una tarjeta de red típica consume 40 mW en modo sleep y 1540 mW cuando está en idle. En este trabajo se expone como la topología de la red afecta estos modos de operación y su impacto en el consumo de potencia del nodo, además analiza como los cambios constantes de modos de operación afectan el consumo general de potencia de la red.

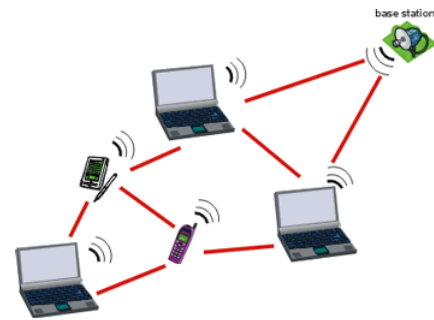


Fig. 1 Esquema de una Red Ad Hoc [1].

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.

### A. Escenarios

En el primero se muestra un escenario donde se plantea una topología de nodos homogéneos con mínimas conexiones dentro de un ambiente indoor, sobre este escenario se observan los cambios de modos de operación de los nodos por el efecto de la movilidad que es característica de la red Ad Hoc y se realiza el análisis de potencia que consume cada nodo debido a cada modo de operación. Para el segundo escenario se introduce el efecto que tiene el área de cubrimiento del nodo sobre el desempeño en potencia de transmisión y el efecto de la conectividad en la red. En el tercer escenario se muestra un ambiente más real donde se

analiza el efecto del crecimiento de la red sobre la potencia que consumen los nodos, y como el crecimiento afecta la potencia en la transmisión de datos.

Por último se usan los datos recogidos para proponer una posible solución al problema de la topología estabilizando la variación de la distancia entre los nodos asignando un nodo principal estático con mayor peso, y se analiza el efecto de esto sobre la potencia consumida por los nodos.

**B. Problema**

En este artículo se analiza la potencia de transmisión entre los nodos de la red, donde las redes Ad Hoc actúan en un entorno altamente dinámico y cuyos enlaces de comunicación inalámbricos requieren un control de potencia de transmisión en sus nodos; así que es necesario que existan mecanismos en el análisis de acceso, y cambios dinámicos de topologías que hagan adecuado el consumo de potencia de operación, haciendo que el rendimiento e estas sea el adecuado.

La movilidad de los nodos, escalabilidad, inestabilidad de la topología, falta de organización preestablecida y funcionamiento de las comunicaciones inalámbricas en redes Ad Hoc hacen posible una sobrecarga excesiva reduciendo el desempeño, y en este tipo de redes no se puedan utilizar los algoritmos de encaminamiento desarrollados para redes fijas. El uso de los medios cableados tradicionales presenta los problemas bien conocidos de optimización del ancho de banda, acceso múltiple, control de potencia, capacidad variable de canal y seguridad. A este conjunto de restricciones se le añade el carácter dinámico de los nodos, que genera constantes modificaciones en la topología de la red.

**III. DESARROLLO**

**A. 802.11b en modo Ad Hoc**

Algunas de las características principales del estándar 802.11b:

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 Tópicos de ayuda.

El estándar 802.11b 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 802.11b 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.

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 wireless 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.

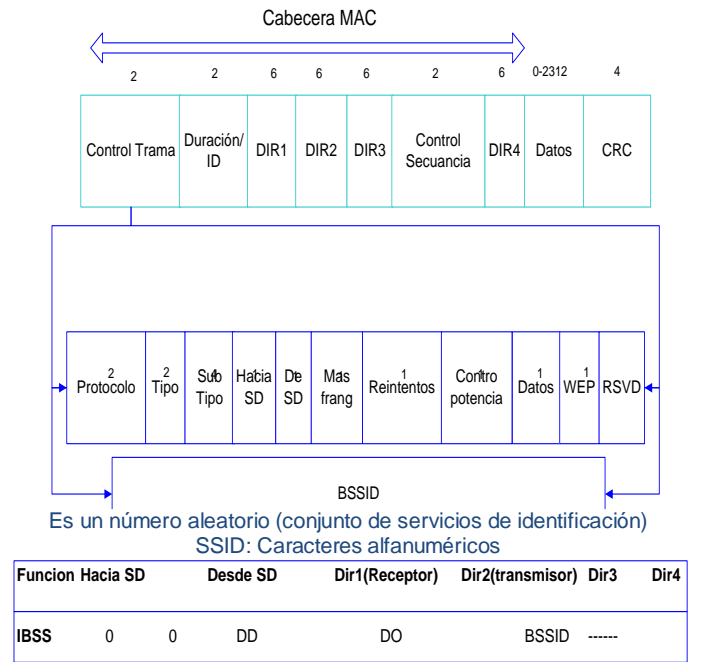


Fig. 2 Formato de trama 802.11b [1]

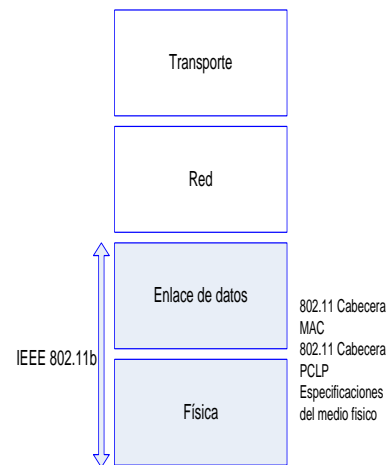


Fig. 3 Especificaciones del Modelo Físico [3].

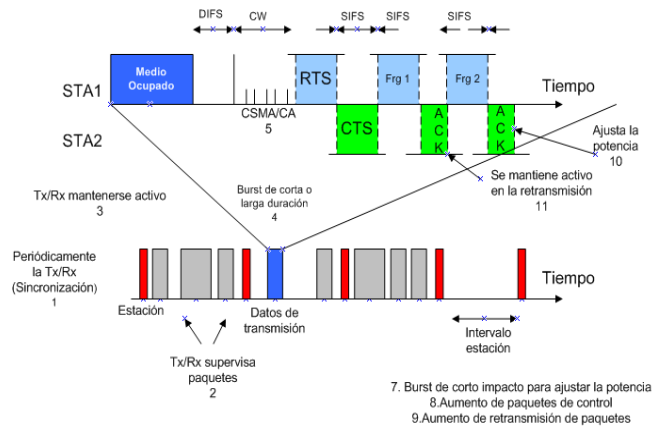


Fig. 4 Diagrama de tramas en el control de acceso al medio [4].

### B. 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.

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).

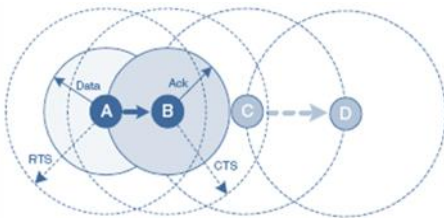


Fig. 5 Entorno IBSS, control de la trama 802.11b [6,7].

### C. Estrategias para la conservación de la energía

Un control de potencia de adaptación en la capa física puede ayudar a conservar la batería la vida de los nodos. En la capa de enlace de datos, la conservación de la energía puede ser lograda mediante el uso de sistemas de distribución eficaces. Para maximizar la vida útil de una red Ad Hoc, los protocolos de enrutamiento podría introducir períodos de sueño de manera que los nodos puedan dejar de transmitir y/o recibir por períodos de tiempo arbitrario sin causar graves consecuencias en el funcionamiento de la red. (Krunz 2008)

Se han investigado estrategias para la conservación de la energía en los diferentes niveles de los terminales móviles:

-- Capa física. Actualmente se han hecho avances en hardware a nivel de circuito en la optimización de la potencia. Pantallas y CPUs que consumen poca potencia o algoritmos

computacionales eficientes en consumo de potencia son algunos ejemplos. Otros trabajos han ido dirigidos a conseguir mejorar la eficacia en los componentes actuales.

-- Capa de enlace: la conservación de la energía puede conseguirse usando esquemas de retransmisión efectivos y operación en modo sleep. La capa de enlace detecta errores en la transmisión y retransmite los paquetes necesarios. En las redes ad hoc, debido a la presencia de movilidad o interferencia de canal, los errores de transmisión pueden ocurrir con bastante frecuencia, lo que lleva a frecuentes peticiones de retransmisión, debido a que dichas peticiones provocan un alto consumo de energía y de interferencia, un nuevo sistema de petición de retransmisiones es necesario.

-- Capa de red En las redes con cables los esfuerzos se han centrado tradicionalmente en aumentar el throughput de la red y minimizar el retardo. Elegir rutas que requieran niveles de consumo de potencia menor puede perjudicar los parámetros tradicionales que se basaban en escoger la ruta con el menor número de saltos. Transmitir con mucha potencia puede disminuir la probabilidad de pérdida de las transmisiones y por lo tanto incrementar el throughput. Sin embargo, esto puede provocar un aumento de la interferencia, bloquear enlaces, y por lo tanto puede provocar una disminución de la capacidad de la red, por lo que transmitir a baja potencia no siempre es perjudicial para la red. Desde el punto de vista de la energía, las redes ad hoc necesitan protocolos que maximicen la vida de todos los nodos y con ello maximizar el tiempo antes de que la red se subdivide, es decir, se dé el caso en que dos nodos no se puedan comunicar entre sí ya que los nodos intermedios necesarios para establecer la comunicación tengan su batería agotada.

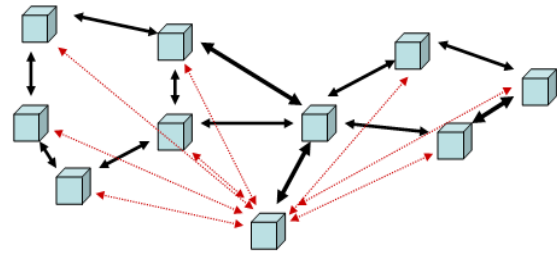


Fig. 6 Topología dinámica [9].

En un entorno móvil, dispositivos portátiles cuentan con limitados recursos energéticos, ya que son alimentados por baterías. Las funcionalidades de potencia de gestión son por tanto muy importante tanto en la infraestructura de base y en el modo Ad Hoc. Obviamente, en el modo Ad Hoc, es decir, dentro de un IBSS, de ahorro de energía las estrategias deben ser totalmente distribuidas en fin de preservar la auto-organización de la naturaleza de la IBSS.

### D. Control eficiente de la topología para la potencia

La técnica de control de la topología (Xiang-Yang Li 2009), es permitir que cada dispositivo inalámbrico localmente ajuste su rango de transmisión y seleccione algunos vecinos para la comunicación, al tiempo que mantiene una estructura que pueda apoyar la eficiencia energética y mejorar el

enrutamiento global de rendimiento de la red. Al permitir a cada nodo la disminución de su potencia (que es generalmente mucho menor que la máxima de potencia transmisión) suficiente para cubrir los vecinos más lejanos, con la topología de control no sólo puede ahorrar energía y prolongar la vida de la red, si no también puede mejorar el rendimiento de red a través de la mitigación nivel medio de contención MAC. A diferencia del tradicional cable de redes y celulares, los dispositivos móviles son a menudo en movimiento durante la comunicación, que podría cambiar la topología de la red en cierta medida. Por lo tanto, es más difícil de diseñar un algoritmo de control de topología de redes inalámbricas Ad Hoc: la topología debe ser local y auto-adaptable mantenerse sin que afectan a la totalidad de la red, y el coste de comunicación durante mantenimiento no debe ser demasiado alto.

E. Diseño de los escenarios

Tres problemas limitantes de potencia de transmisión de datos en redes Ad Hoc, seleccionados según las tramas de paquetes de control, donde la conexión y desconexión de los nodos dentro de la red causan el problema primordial a representar como limitante de potencia para una red Ad Hoc, donde el protocolo de handshaking requerido para la conexión de los nodos causa pérdidas de potencia y la desconexión debido al proceso de retransmisión de datos.

La conexión y desconexión de nodos es generada por la topología variable característica de las redes inalámbricas Ad Hoc, se representan las topologías existentes, la topología homogénea y la no homogénea (Asimétrica) el cual se integra como problema para establecer la comunicación. Otra característica de las redes Ad Hoc es la entrada de nuevos nodos a la red, cuando esto ocurre, se modifican las rutas y se incrementa el tiempo y el número de "saltos" aumentando la potencia de la red.

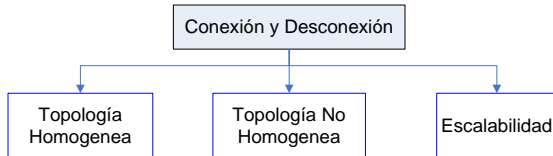


Fig. 7 Esquema de escenarios a diseñar.

F. Topología dinámica Homogénea

Se presenta una topología homogénea, donde los dispositivos de conexión tienen características iguales: rango de transmisión (área de cobertura), la potencia de transmisión, la potencia que cada dispositivo necesita para mantener una comunicación, la fuente de energía externa (baterías), controlador WiFi soportados bajo el estándar 802.11b, nodos bajo continua variación de posición dentro de un área en la cual se pueden enviar y recibir tramas de control del nivel de la MAC, usando el protocolo CSMA/CA y el esquema de 4 vías de handshaking por el señalamiento de paquetes RTCS/CTS, establecen un servicio básico e independiente y cada nodo puede transmitir y recibir tramas de control provenientes de cualquier nodo dentro del área de cobertura.

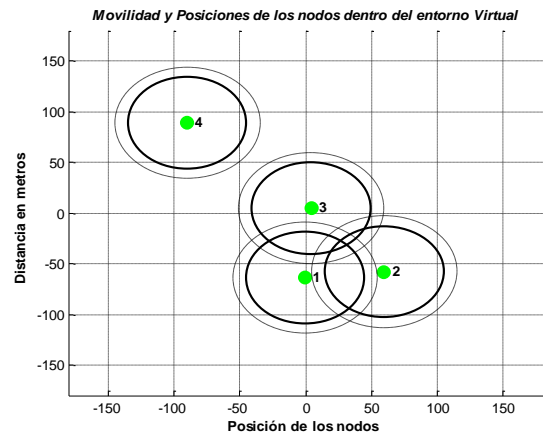


Fig. 8 Topología Dinámica Homogénea

G. Topología dinámica no homogénea

Se presenta una topología móvil no homogénea, donde los dispositivos de conexión tienen diferentes rangos de cobertura, esto ocurre ya que una de las características de estas redes es abarcar diferentes dispositivos inalámbricos lo que la hace más interesante a la hora de establecer una red Ad Hoc. Cada dispositivo de red según el diseño del fabricante, la aplicación y lo robusto que sea el hardware, crean un consumo de potencia diferente en los dispositivos, como ejemplo la conexión Ad Hoc entre un celular, un laptop y una palm, para este escenario nos limitamos a los rangos de cobertura y observar el desempeño de la red.

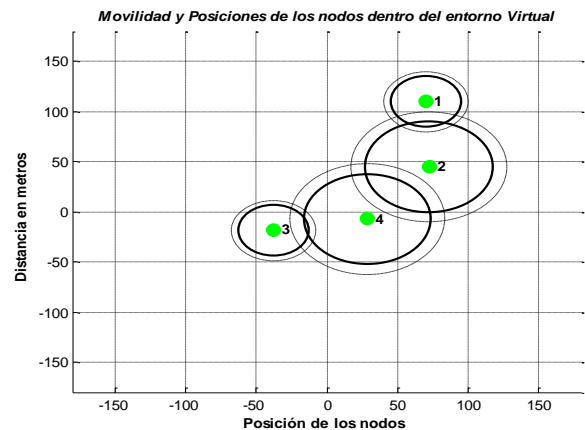
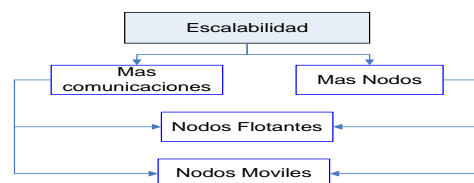


Fig. 9 Topología Dinámica No Homogénea.

H. Escalabilidad

Para escalabilidad el escenario es dinámico pero con una distribución de nodos homogénea (es decir una densidad de nodos constante por unidad de área) y se analiza q ocurre cuando se originan transmisiones desde n nodos hacia n nodos si el tamaño de la red aumenta.



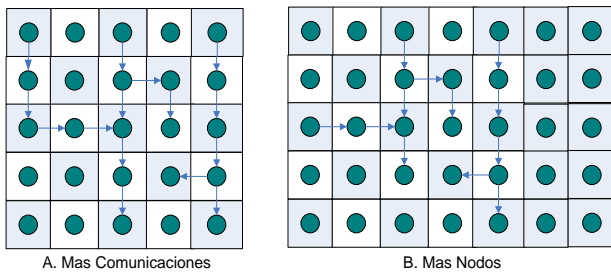


Fig. 10 Análisis de Escalabilidad.

Cuando existen más comunicaciones y ahí mas nodos ingresando a la red, hay un incremento en los envíos de paquetes de control RTS/CTS –DATA/ACK, incrementando el consumo de potencia en la red, se crea un escenario donde se observa lo que ocurre con 20 nodos dentro del entorno de conexión y desconexión, la comunicación y el consumo de potencia en el protocolo handshaking de la red 802.11b en modo Ad Hoc.

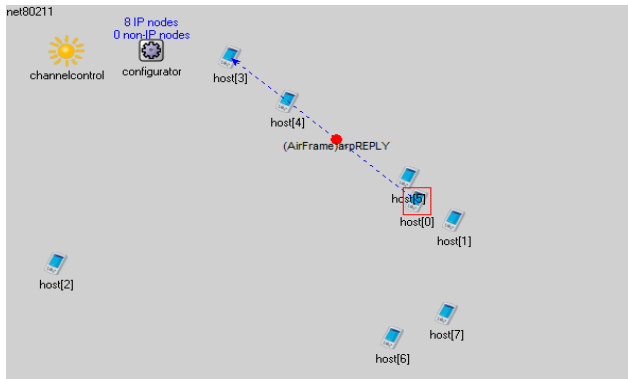


Fig. 11 Escenario de Escalabilidad.

### I. Escenario para la solución a la limitación de potencia

La eficiencia energética y la capacidad de la red son quizás dos de las cuestiones más importantes en las tecnologías inalámbricas Ad Hoc. Algoritmos de control de topología se han propuesto para mantener la conectividad de red al tiempo que reduce el consumo de energía y mejora la capacidad de la red. La idea clave para el control de topología es que, en lugar de transmitir con la potencia máxima, los nodos de la red inalámbrica en colaboración con el multisalto determinan su potencia de transmisión y define la topología de la red mediante la formación de la relación adecuada de vecino bajo ciertos criterios. La topología de control afecta a la reutilización de la red del territorio y lucha por el medio. Una serie de algoritmos de control de topología se han propuesto crear un uso eficiente de energía de la red, con una movilidad limitada. (Kaveh Pahlavan 2009)

En las redes inalámbricas Ad Hoc, la construcción y el mantenimiento de una topología con grados más bajos de nodo generalmente tiene por objeto mitigar la carga excesiva de tráfico en los nodos inalámbricos.

El control de topología en las redes Ad Hoc presenta el problema de ajustar la potencia de transmisión en nodos de red para alcanzar la topología óptima que maximiza el funcionamiento de red.

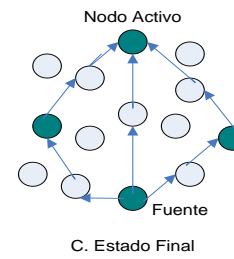


Figura 12 Autoconfiguración de la red (Xiang-Yang Li 2006).

## IV. RESULTADOS

### A. Conexión y desconexión

Se visualizan las tramas del protocolo 802.11b para un entorno con cuatro posibles nodos comunicándose, obteniendo los resultados esperados. El problema es la conexión y desconexión por causa de las tramas de control mensajes en el protocolo 802.11b, con esta simulación se logra observar lo que ocurre con los envíos dependientes del rango de cobertura de cada dispositivo, observando que la topología dinámica es la causante de las pérdidas de paquetes y los constantes envíos de requerimiento entre los nodos de la red incrementando el consumo de potencia en la red, ya que el cambio de estados del nodo lo ocasiona.

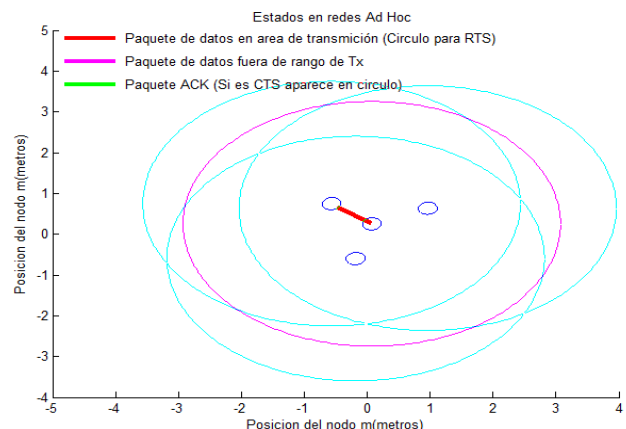


Figura 13 Prueba de envío de paquetes RTS–(requerimiento de un envío).

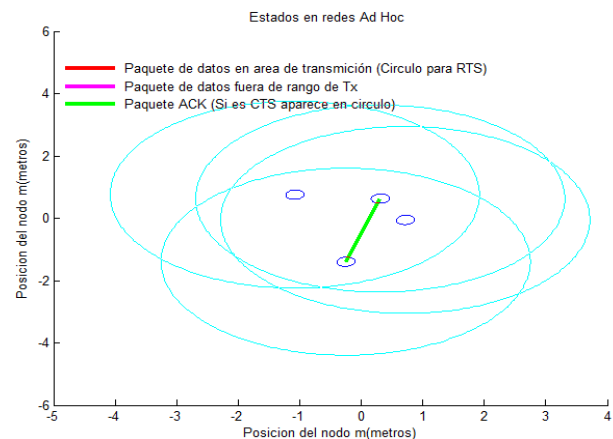


Fig. 14 Prueba de envío de paquetes ACK (Acknowledgement).

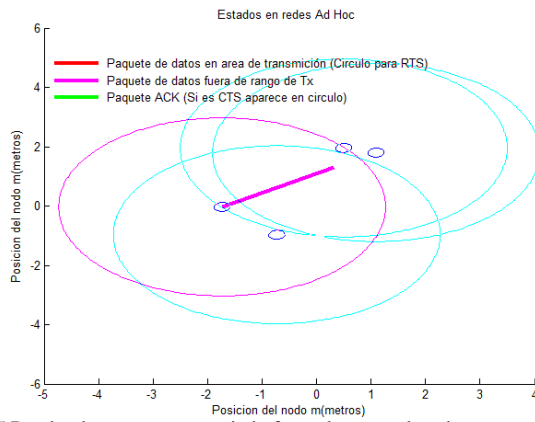


Fig. 15 Prueba de un paquete enviado fuera de rango de cobertura.

Topología Homogénea	Topología No Homogénea	Escalabilidad
El consumo de energía no está bien equilibrado en los nodos de la red.	El consumo de energía no está bien equilibrado en los nodos de la red.	Si aumenta el número de hops y el tiempo de respuesta, se incrementa la cantidad de potencia consumida.
Los continuos requerimientos de envío muestra Un proceso de conexión más extenso, esto incrementado la carga en el nodo.	Las tramas de control en los registros de conexión muestran un alto consumo de energía en la red, ya que cada vez que la red sale de su rango de cobertura, tiene que volver a enviar las tramas.	Al aumentar el tamaño de la red el tiempo de transmisión aumenta y el número de éxitos disminuye.
Las tramas de control en los registros de conexión muestra un alto consumo de energía en la red, ya que cada vez que la red sale de su rango de cobertura, tiene que volver a enviar las tramas.	Los continuos requerimientos de envío muestra un proceso de conexión más extenso, esto incrementado la carga en el nodo.	Cuando ocurren hops o múltiples hops, la potencia de transmisión se reparte entre los nodos disminuyendo el consumo individual.
La potencia instantánea es la potencia consumida por la transmisión de datos en diferentes estados del tiempo.	La potencia instantánea es la potencia consumida por la transmisión de datos en diferentes estados del tiempo.	Como el incremento de requerimientos incrementa el consumo de potencia disminuye la tasa de éxitos.
Se observa el comportamiento de cada nodo dentro de la red con sus nodos vecinos	Se afecta el establecimiento de la comunicación, causada por diversidad de dispositivos que tienen diferentes rangos	Al aumentar el número de hops disminuye el consumo de potencia.

B. Resultados de la topología homogénea

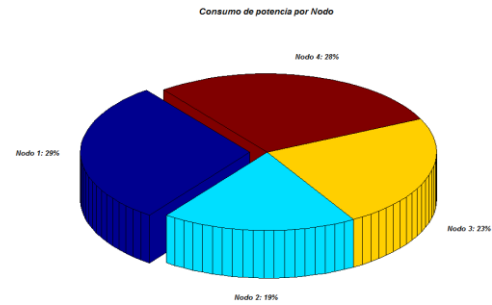


Fig. 16 Consumo de potencia por nodo en la topología homogénea.

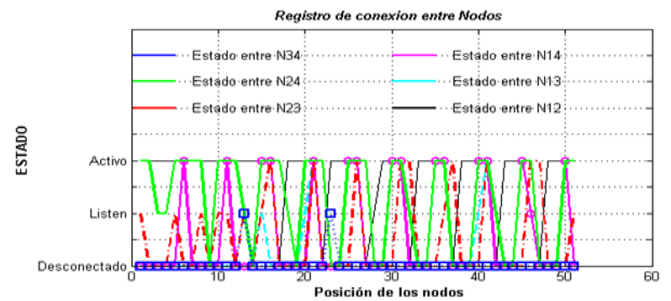
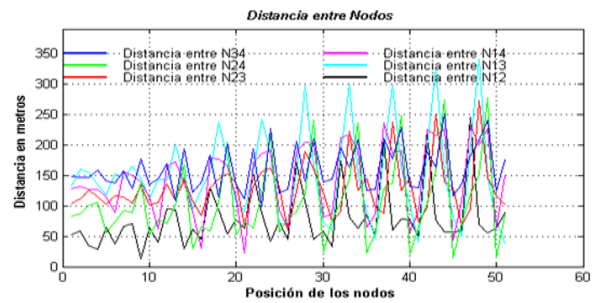


Fig. 17 Registro de distancias entre los nodos.

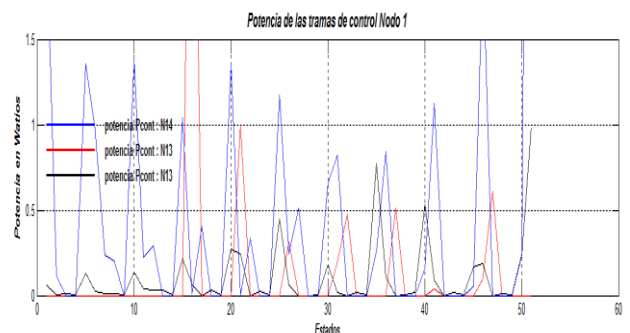
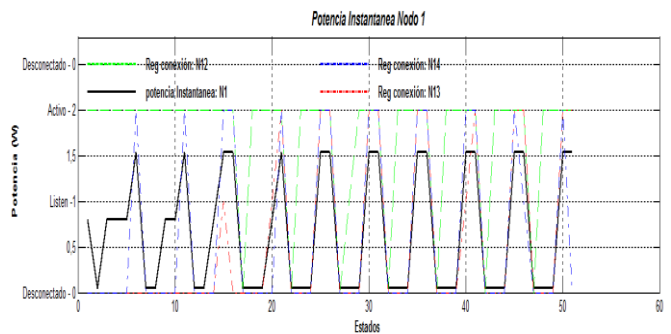


Fig. 18 Potencia instantánea para el nodo 1.

C. Resultados de la topología No homogénea

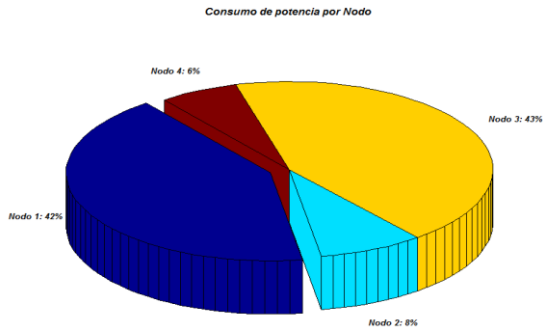


Fig. 19 Consumo de potencia instantánea por nodo en la topología No homogénea.

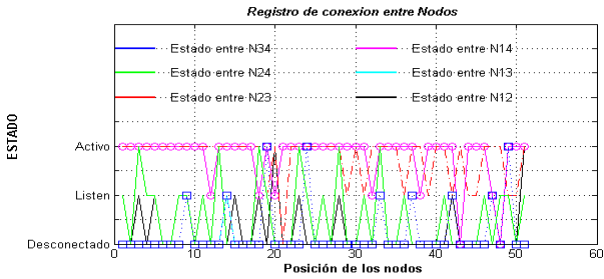
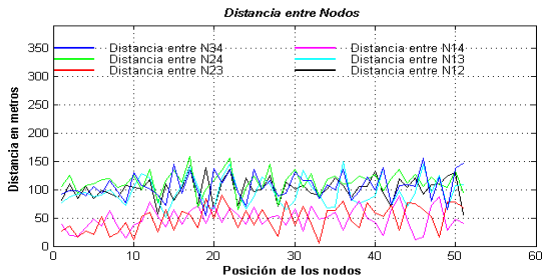


Fig. 20 Registro de distancias entre los nodos.

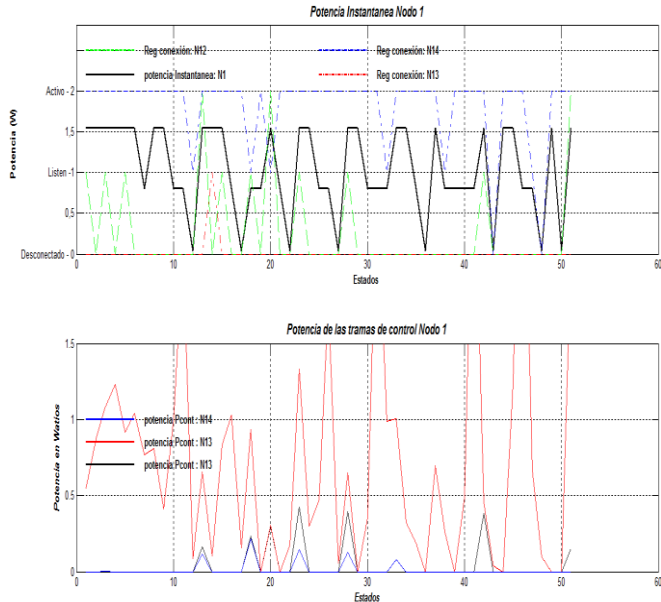


Fig. 21 Potencia instantánea para el nodo 1.

D. Escalabilidad

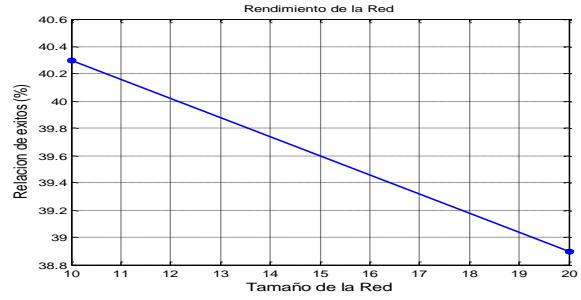


Fig. 22 Prueba del rendimiento de la red para escalabilidad.

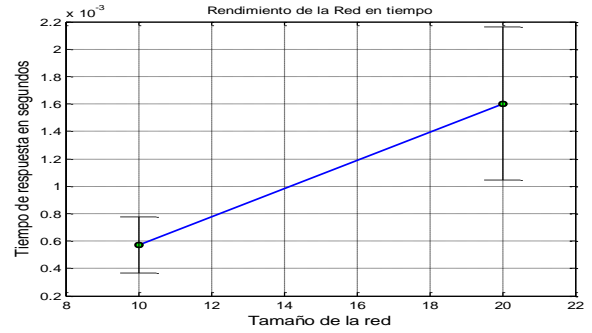


Fig. 23 Prueba del rendimiento de la red en tiempo para escalabilidad.

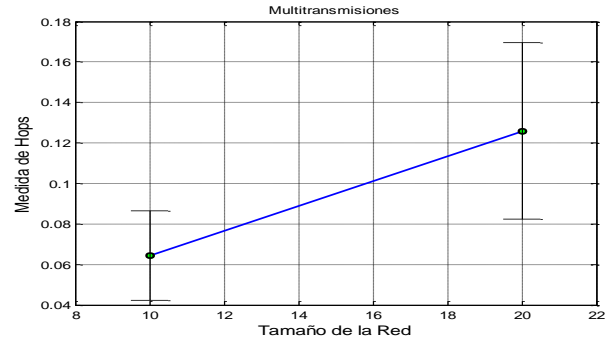


Figura 24 Prueba de rendimiento de la red con multi-transmisiones.

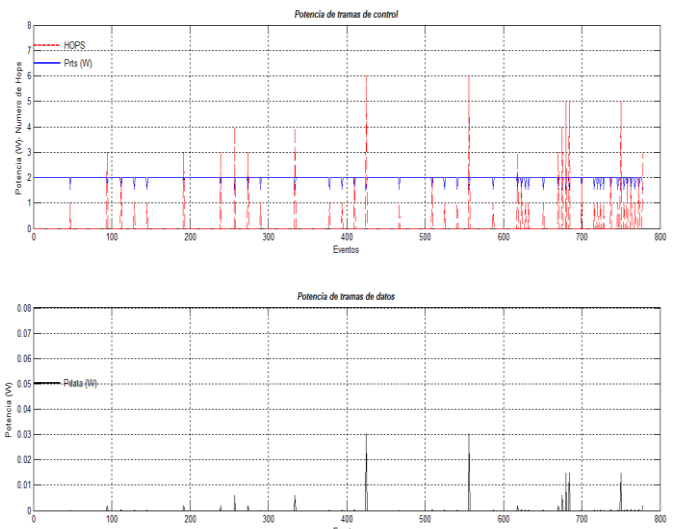


Fig. 25 Potencia de tramas de control y tramas de datos.

**E. Planteamiento a la solución de potencia**

-- Al otorgar peso a los nodos hace que la selección de rutas sea más simple, dado que siempre tendrá que buscar el nodo de mayor peso en este caso el nodo estático el que controlaría las rutas en redes Ad Hoc, de esta forma la potencia en este nodo es más estable y al estar más tiempo en un solo estado como conectado (activo), los cambios de potencia son menores lo que permite implementar en las tramas de control de potencia sobre la capa física.

-- Al reducir las distancias entre nodos se disminuye el problema de conexión y desconexión, por lo tanto se reduce la potencia por las tramas de control y el consumo por nodo es más estable y se reparte mejor el consumo por nodo.

-- Muestra las posibles interacciones entre los nodos es decir la cantidad de requerimientos que deben hacer si desean establecer una ruta.

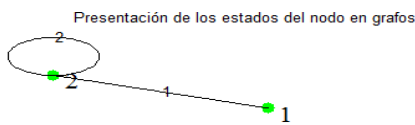


Fig. 26 Estados del nodo en grafos.

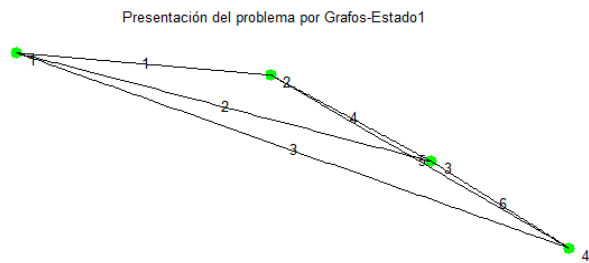


Fig. 27 Rutas de nodos con su coste para el estado 1.

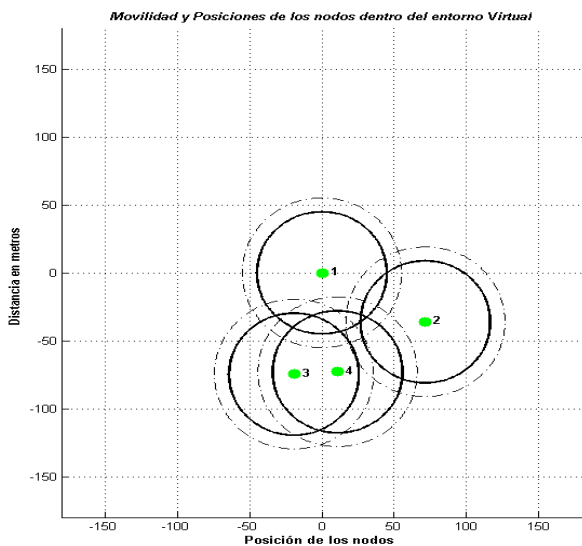


Fig. 28 Solución a la limitación de potencia.

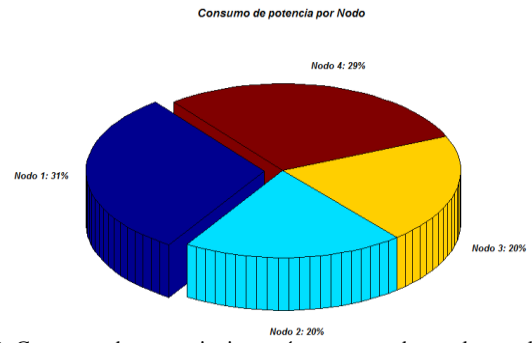


Fig. 29 Consumo de potencia instantánea por nodo en la topología No homogénea.

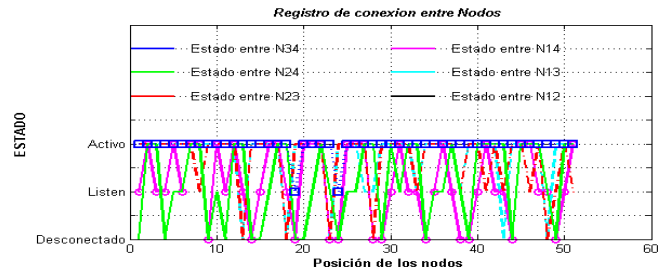
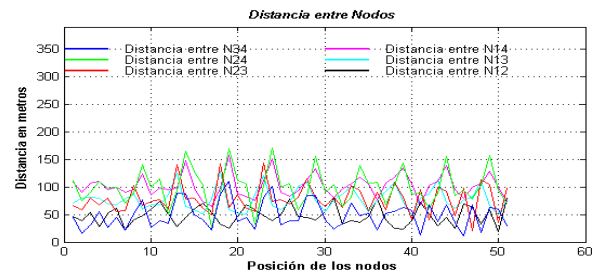


Fig. 30 Registro de distancias entre los nodos.

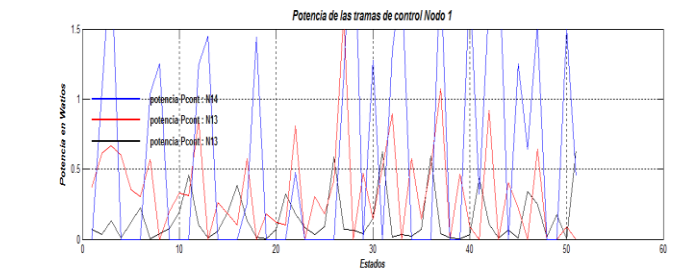
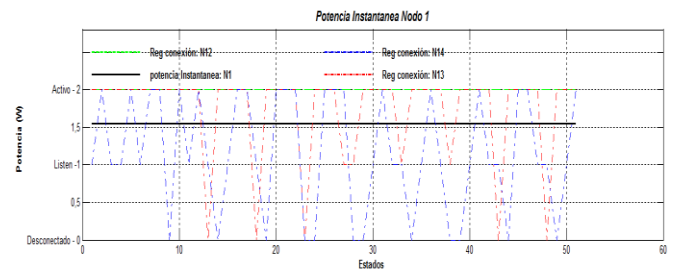


Fig. 31 Potencia instantánea para el nodo 1.

**V. CONCLUSIONES**

La tecnología 802.11b es ideal para implementar redes Ad Hoc de salto simple, esto significa que los nodos se deben encontrarse dentro del mismo rango de transmisión para establecer comunicación, esta limitación genera la necesidad de implementar algoritmos de ruteo en la capa de aplicación lo

q incrementa el consumo del nodo por uso del procesador, y la no existencia de estos algoritmos aumenta el consumo por las tramas de control.

Se analizó que la vida de la batería no es solo función de la energía consumida por bit de datos en un modo activo, si no el tiempo que debe estar en este estado.

Se analizó el comportamiento de las diferentes métricas, concluyendo que dependen de las características de la red. Claramente la técnica comúnmente aplicada, la minimización del número de saltos, no es óptima para redes donde la gestión de la batería de la red es vital para la misma.

Al analizar la escalabilidad en la red, se puede observar la reducción en la cantidad de mensajes de control, la organización bajo nodos por demanda y la eficiencia que esto puede brindar para el encaminamiento.

En los resultados se puede apreciar como el principal causante del incremento en el consumo de potencia es la conexión y desconexión de los nodos, causado por la movilidad de estos, fenómeno q influye sobre el tiempo de vida del enlace.

Al analizar las simulaciones de topología homogénea con un nodo fijo, se pudo observar como el promedio de la distancia entre nodos disminuía, aumentando la vida útil de las conexiones.

Este fenómeno de conexión y desconexión por topología difiere del problema q causa la entrada de nuevos nodos a la red donde el efecto sobre la potencia no es la topología si no la generación de nuevos enlaces q aumentan las tramas de control.

Se demostró q el enviar los mensajes de control a máxima potencia, incrementa el consumo de energía y no influye sobre la capacidad de mantener los enlaces de la red.

En la simulación de la solución se puede observar como con un nodo fijo q reduzca la distancia promedio entre nodos no solo reduce el consumo de potencia en los mensajes, además brinda a la red enlaces activos durante mayor espacio de tiempo lo que permite reducir los mensajes de control.

Cuando una red Ad Hoc posee gran cantidad de conexiones activas el consumo de energía de la red y el de cada nodo se ven reducidos esto ocurre debido a que los mensajes toman diversos caminos (Multihop) para llegar a su destino, esto distribuye el consumo de energía entre los nodos activos y las conexiones activas reducen los mensajes de control.

En condiciones de trabajo es deseable mantener la red usando una topología con conexión mínima, con el objeto de no incrementar el consumo de los nodos en la transmisión de un solo mensaje, esto se ve cuando al incrementarse el número de nodos en la red el camino del mensaje aumenta, incrementando la latencia en la transmisión y por ende la energía consumida por los nodos.

El problema descrito en el presente proyecto es esencialmente el impacto de la topología sobre la operación del protocolo MAC, como la topología es en la mayoría de los casos imposible de controlar la solución apunta a una modificación del protocolo MAC; debido a que las libertades sobre este aspecto están limitadas por la norma la opción es adaptar el protocolo para q comparta información con las

capas superiores e inferiores para adaptarse de forma eficiente al ambiente multisalto de una red ad hoc.

En este trabajo se ha puesto en evidencia la necesidad de aplicar nuevas técnicas que tengan en cuenta la energía de la red, se ha planteado una posible solución (control de topología) demostrando que puede ser eficiente.

En una red Ad Hoc donde el número de nodos está aumentando se puede ver en la simulación como la transmisión de datos disminuye la potencia por las tramas de control, pero aumenta el consumo por las tramas de datos y a mayor cantidad de nodos la tasa de éxitos se reduce, lo que indica que el esquema Multihop en realidad no contribuye a la reducción del consumo de potencia

## REFERENCIAS

- [1] M. W. Abolhasan, T.; Dutkiewicz, E, "A review of routing protocols for mobile ad hoc networks," IEEE, 2004.
- [2] L. B. Azzedine Boukerche, Ed., SIMULATION AND MODELING OF WIRELESS, MOBILE, AND AD HOC NETWORKS (Mobile Ad Hoc Networking, 2009, p. ^pp. Pages.
- [3] S. Baek, "Performance analysis of power save mode in IEEE 802.11 infrastructure WLAN," Department of Mathematics and Telecommunication Mathematics Research Center, 2008.
- [4] C. Barrett, "Characterizing the interaction between routing and MAC protocols in ad-hoc networks," IEEE, 2002.
- [5] S. Baek, "Performance analysis of power save mode in IEEE 802.11 infrastructure WLAN," Department of Mathematics and Telecommunication Mathematics Research Center, 2008.
- [6] C. Barrett, "Characterizing the interaction between routing and MAC protocols in ad-hoc networks," IEEE, 2002.
- [7] M. C. Basagni, S. Giordano, y I. Stojmenovic, Mobile Ad Hoc Networking: Wiley-IEEE 2004.
- [8] S. S. Giorgio Franceschetti, Wireless Network, From the Physical Layer to Communication, Computing, Sensing, and Control, 2005.
- [9] J. A. D. P. Rosado, "Modelo de pérdida de paquetes para redes híbridas," Universidad Autónoma de Barcelona, 2007.
- [10] M.-T. Z. a. Y. Z. Shao-Qiu Xiao, Wireless Ad hoc Networking: Auerbach publications, 2006.
- [11] M. C. Stefano Basagni, Silvia Giordano, MOBILE AD HOC NETWORKING, 2009.
- [12] Cisco, "Fundamentos De Redes Inalámbricas," p. Capítulo 2 IEEE 802.11, 2007.
- [13] A. Communications, "Power Consumption and Energy Efficiency Comparisons of WLAN Products," ed, 2004.
- [14] C. d. M. Cordeiro, Ad Hoc & Sensor Networks: World Scientific, 2007.
- [15] R. Hekmat, Ad-hoc Networks: Fundamental Properties and Network Topologies 2008.
- [16] L. B. Azzedine Boukerche, Ed., SIMULATION AND MODELING OF WIRELESS, MOBILE, AND AD HOC NETWORKS (Mobile Ad Hoc Networking, 2009
- [17] M. Roberto Carlos Hincapie, IEEE, Blanca Alicia Correa, Member, IEEE, and Laura Ospina, Member, IEEE, "Survey on Clustering Techniques for Mobile Ad Hoc Networks," IEEE, 2008
- [18] M. C. Stefano Basagni, Silvia Giordano, MOBILE AD HOC NETWORKING, 2009.
- [19] J. J.-N. L. a. I. Chlamtac, Ed., Mobile Ad Hoc networking with a view of 4G wireless. IEEE, JOHN WILEY & SONS, INC, 2009, p. ^pp. Pages.
- [20] J. Sarangapani, Wireless Ad hoc and Sensor Networks: Protocols, Performance, and Control (Control Engineering) (Hardcover), 2007.
- [21] L. Gorostiza, "Ramificación y Superprocesos," Centro de Investigación y estudios avanzados del instituto politécnico nacional 2004.
- [22] I. C. Jennifer Liu, Ed., MOBILE AD HOC NETWORKING WITH A VIEW OF 4G WIRELESS: IMPERATIVES AND CHALLENGES (IEEE, Wiley. 2009, p. ^pp. Pages.
- [23] M. Krunz, "Transmission Power Control in Wireless Ad Hoc Networks: Challenges, Solutions, and Open Issues," Department of Electrical and Computer Engineering The University of Arizona, 2008.