

# Análisis de la Gestión y Seguridad de las **redes WLAN** en el Rango de Frecuencias Cercano a la **Banda de 2,4GHz**

Chaparro B. Fabián  
Sáchica A. María  
Vargas J. Andrés

Recepción: 2011-08-01 | Aceptación: 2011-09-07

INGENIO MAGNO / Tunja - Colombia / N° 3 / mayo 2012 / p.p.

**Resumen**— Se pretende describir del estudio y análisis del uso del espectro radioeléctrico en la banda de frecuencia concerniente a los 2.4 GHz; banda de frecuencias utilizada en dispositivos de acceso a la red de área local inalámbrica; de igual forma busca parametrizar las variables que puedan incidir en el normal funcionamiento de los servicios soportados por la tecnología Wi-fi, relacionando características de gestión y seguridad de los protocolos de red inmersos en el control de acceso a redes inalámbricas de acceso local. Para esto se ha optado por la utilización de herramientas de software y hardware, que permitan tener una trazabilidad de las características técnicas en el uso de esta tecnología inalámbrica, el presente documento pretende plasmar el estudio y análisis del comportamiento de la red bajo las características técnicas medidas a través de las herramientas tecnológicas descritas anteriormente y la descripción de la metodología empleada para cumplir con los objetivos propuestos.

**Palabras clave**— Espectro radioeléctrico, gestión, inalámbrica, RF, WLAN, Seguridad.

Para citar este artículo / To reference this article /  
Para citar este artigo  
Chaparro, B.F, SÁCHICA, A.M, Vargas, J.A (2012).  
Análisis de la Gestión y Seguridad de las redes  
WLAN en el Rango De Frecuencias Cercano A La  
Banda De 2,4GHz. Ingenio Magno. Vol.3, pp. 100-  
107. Universidad Santo Tomás Tunja - CIIAM.

**Abstract**—The present document shows the description that study and review concerning the use of spectrum of the 2,4 GHz band frequency; frequency band used in devices to access wireless local area network; in the same way looking for parameterize the variables that may affect the normal operation of services supported by wireless technology, linking management and security features of network protocols involved in controlling access to wireless local access networks; that is why there has opted for the use of software and hardware tools that allow to get a traceability of the technic characteristics in the use of this wireless technology. This paper pretends to capture the study and analysis of network behavior under the technical characteristics measured through technological tools described above with the description of the methodology used to meet the objectives proposed.

**Keywords**— Radioelectrical Spectrum, RF, management, wireless, frequency, WLAN, Security.

## I. INTRODUCCIÓN

Este trabajo pretende mostrar un componente de estudio relacionado con la utilización de las herramientas de gestión y seguridad en las redes de acceso local inalámbrico "WLAN". Puntualmente relaciona y enfoca en el estudio del protocolo IEEE 802.11 susceptible a ser afectado por la interferencia generada por otras fuentes de radiación electromagnética en la banda cercana a los 2.4 GHz que comparte con dispositivos de uso común como sistemas bluetooth, hornos microondas y los teléfonos inalámbricos principalmente. Estos son usados en oficinas y hogares con una potencia de radiación relativamente mínima y por consiguiente con una distancia de cobertura pequeña, lo anterior se fundamenta técnicamente en el uso de este rango de frecuencia de uso libre o que descrito en otras palabras no requiere de licencia administrativa ó contribución económica en su uso.

De lo anterior se podría plantear una hipótesis respecto a la falta de garantía en la transparencia y nitidez respecto al uso de las redes inalámbricas en este rango de frecuencias señalado; por tal motivo se plantea un deterioro o margen de falta de efectividad en el rendimiento de las redes inalámbricas ó de acceso local WI-FI WLAN por sus siglas en inglés.

Por otro lado no se pretende plantear una generalidad en cuanto al funcionamiento, optimización, gestión ó seguridad de las redes inalámbricas WLAN específicamente las WI-FI; es bien conocido y planteado entre administradores de red las limitantes de acceso, redundancia y fiabilidad que involucra esta herramienta tecnológica, lo relevante hasta este punto es la usabilidad y practicidad de las mismas en patrones observables y medibles de su funcionamiento bajo condiciones normales de operación donde pretenden formar una manera adecuada y transparente para los usuarios que hacen uso de este recurso tecnológico; en concordancia de lo tratado hasta este punto el presente artículo pretende mostrar la evolución de las redes inalámbricas de acceso local en paralelo a la evolución de los sistemas de gestión, administración y seguridad de las mismas.

Es de resaltar la importancia que los recursos de conectividad conllevan socialmente, esta herramienta de la tecnología ha traspasado inmensidad de fronteras en el desarrollo cultural y académico de las personas [1], principalmente por esta surge en su momento la motivación de conocer, aplicar y analizar el comportamiento de algunas variables que relacionan el uso del espectro electromagnético en las redes WLAN y la forma en que un administrador de esta solución tecnológica aplica conceptos de Ingeniería para un uso eficiente, confiable y positivamente tra-

zable en la evolución de la infraestructura a que hacen parte estas mencionadas soluciones.

Un inconveniente común en el uso de esta tecnología es la banda de frecuencia sobre la cual desempeña su funcionamiento la mencionada red inalámbrica, está ha comenzado a saturarse con un comportamiento exponencial; en otras palabras, empieza una proliferación masiva del uso de este rango de frecuencias, dentro de las cuales podemos mencionar que sumado al uso de las ya mencionadas redes WI-FI, el uso de los dispositivos bluetooth, los teléfonos inalámbricos usados en oficinas y hogares y los hornos microondas principalmente, afectan este rango del espectro de frecuencia por ser de uso libre, en otras palabras no se paga por el uso de la misma [4]. En función de esto, se generan constantemente inquietudes y controversias respecto al desempeño y rendimiento de este recurso. El acceso a conectividad a través de las redes WLAN es una de las herramientas más usadas en investigación, búsqueda y exploración dentro del ámbito académico, por tal razón es prescindible parametrizar las características de uso y buen aprovechamiento de este recurso tecnológico para bienestar y usabilidad idónea del mismo a través de las herramientas de gestión y seguridad que involucren directamente a las mismas.

## II. METODOLOGÍA



Fig. 10. Topología convencional de una red inalámbrica integrada  
Fuente: Montico, Matias (2005).

La metodología abordada comprende aspectos que relacionan el marco genérico trazable acorde a las necesidades estructuradas en el desarrollo de la investigación que correlacionan un orden genérico que permite avanzar y consolidar el orden de presentación y desarrollo del presente trabajo; en concordancia con esto se plantea una hipótesis que contempla la realización del estudio del uso de frecuencias en la banda de 2.4 GHz, particularmente sobre el escenario de una red de acceso inalámbrico, esto permite encontrar los criterios y parámetros a

abordar en el análisis respecto a las interferencias e implicaciones en el uso de dispositivos de acceso inalámbrico en una red de datos; a continuación es necesario definir el tipo de desarrollo que requiere ser abordado en la ejecución del proyecto, encontrándose el teórico-práctico en función de la necesidad de recopilar información generalmente obtenida de fuentes bibliográficas, infográficas y bases de datos reconocidas con el fin de estructurar sólidamente la conceptualización teórica necesaria para abordar a investigación; partiendo de esta se consolida el proceso práctico para la escogencia, fundamentación y uso de las herramientas para analizar las diversas variables que intervienen en el comportamiento de las redes de datos inalámbricas, en este punto es necesario dar un enfoque holístico, en función de la aplicabilidad de determinar las falencias en el funcionamiento de la red de datos, plantear soluciones a la misma pero no olvidar que esto recae en el uso que da un grupo de personas bajo un ambiente determinado y en función de esto es necesario involucrar el impacto que esto representa a nivel social, humanístico y educativo de manera conjunta; los procesos siguientes contemplan la integración de las variables, la recolección de datos y la estructuración de los mismos a través de la estadística para contemplar los puntos centrales y aquellos que contemplan una desviación del eje central de estudio, con este conocimiento contemplado hasta este punto se determinan las mejores herramientas de software para el análisis de la red, se escoge el hardware necesario en función de las herramientas de análisis como el ó los tipos de antenas receptoras de la información para finalmente integrar estas etapas, realizar las pruebas, recolectar la información, analizarla, documentarla, concluir la y finalmente estructurar el rendimiento y mejoras que la red de datos requiere para optimizar su funcionamiento.

### III. DESARROLLO DEL ARTÍCULO

El rango de frecuencias cercano a los 2.4 GHz se encuentra dentro de la cobertura de las bandas ISM (Medicas Científicas e Industriales), las cuales corresponden a las bandas de radiofrecuencia electromagnética reservadas internacionalmente para uso no comercial [2]. Estas pueden utilizarse sin necesidad de licencia siempre que se respeten unos determinados límites de potencia.

Definidas por la Unión Internacional de Telecomunicaciones "ITU", en el artículo 5 de las Regulaciones de Radio "RR 5.138, 5.150 y 5.280" señala que todo equipo que trabaje con ellas debe ser tolerante a errores y a utilizar mecanismos de protección contra interferencias, como

las determinadas por las diversas técnicas de ensanchado de espectro, que particularmente lo que refiere es una separación mínima de uso entre canales tanto en el tiempo como en la frecuencia. Sumado a esto es importante considerar además de la relación señal a ruido característico del espectro ensanchado a las diversas formas de modulación usada por las tecnologías WLAN [3] para el alcance funcional de la velocidad, esto fundamenta característicamente la relación de negociación de velocidades entre varios usuarios.

Característicamente encontramos que tanto los puntos de acceso como las estaciones transmiten en diferentes frecuencias llamadas canales. El estándar IEEE 802.11 [4], tiene asignados un total de 14 canales con un ancho de banda de 22 MHz (Ver figura 2) por canal de uso; se puede apreciar un rango de frecuencias entre 2,484GHz – 2,412GHz; la asignación por canal de la frecuencia central de operación puede observarse en la Tabla 1.

Relación entre Canal y Frecuencia.	
Canal	Frecuencia
1	2.412 GHz
2	2.417 GHz
3	2.422 GHz
4	2.427 GHz
5	2.432 GHz
6	2.437 GHz
7	2.442 GHz
8	2.447 GHz
9	2.452 GHz
10	2.462 GHz
11	2.462 GHz
12	2.467 GHz
13	2.472 GHz
14	2.484 GHz

Fuente: <http://es.scribd.com/doc/38706496/35/C-I-Banda-Estrecha>

Es de resaltar que regionalmente se asigna determinado número de canales en función de la normatividad local respetando la recomendación dada internacionalmente por la ITU, por ejemplo en Colombia se realiza uso del canal 1 al canal 11.

El ancho de banda de la señal es superior a la separación entre canales, razón por la cual es imprescindible una separación de al menos 5 canales con el fin de evitar interferencias entre celdas adyacentes, frecuentemente se opta por asignar por ejemplo los canales 1, 6 y 11. Esto puede apreciarse de manera más clara en la Figura 2.

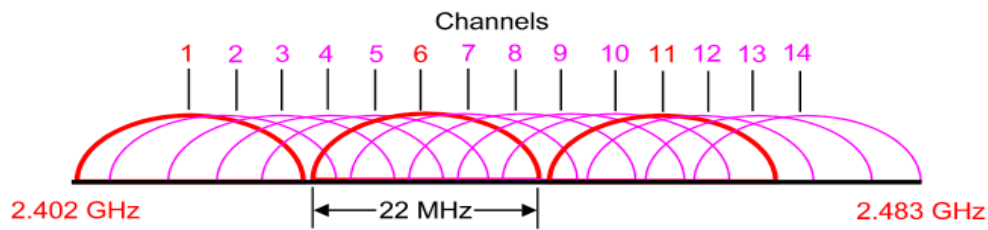


Figura 2. Asignación de canales de más uso en la banda de 2.4GHz.  
Fuente: <http://guimi.net/monograficos>

Típicamente la interferencia entre canales es un ítem fundamental en el funcionamiento de la plataforma de comunicación y es pieza central en la gestión y administración de la red; esta puede derivarse de la interferencia Co-canal cuando se intenta realizar una transmisión sobre un mismo canal (una misma frecuencia) ó interferencia Inter-canal cuando se desea transmitir sobre canales adyacentes. Cualquiera que se presente puede acarrear limitaciones considerables en la usabilidad de las redes WLAN. Para evitar estos probables inconvenientes es importante considerar los siguientes aspectos:

1. Dejar un espacio considerable entre los puntos de acceso, sin limitar la cobertura total del área que se desea radiar.
2. Para redes instaladas en una sola planta física (un piso), utilizar los canales 1, 6 y 11 para evitar interferencia inter-canal y asignación de puntos de acceso adyacentes en el mismo canal.
3. Para redes instaladas en varias plantas físicas hacer uso estratégico de los canales 1, 4, 7 y 11 para optimizar el uso del espectro, limitar la interferencia inter-canal y evitar que canales adyacentes hagan uso del mismo canal (ver figura 3).

Lo anterior brinda herramientas eficaces a la hora de evitar inconvenientes al administrador de la red y proporciona mecanismos de ayuda a la gestión de la misma.

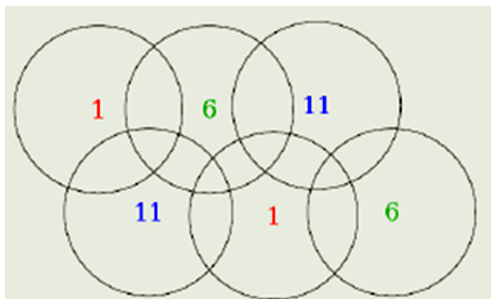


Figura 3. Asignación de canales sin interferencia  
Fuente: <http://gtr.telecom.pupcp.edu.pe/wiki/index.php>

De esta manera, podemos observar que al diseñar una red de acceso inalámbrico local se debe tener presente que al parametrizar dos dispositivos se debe prever dejar los canales de uso claramente distanciados para evitar interferencia mutua, lo cual acarreará solapamiento de los canales usados y disminución en la prestabilidad; esto se logra dejado como mínimo 5 canales de separación entre los diversos canales utilizados. La Figura 4. Muestra el solapamiento de los canales presentados en las redes WLAN que utilizan el estándar IEEE 802.11.

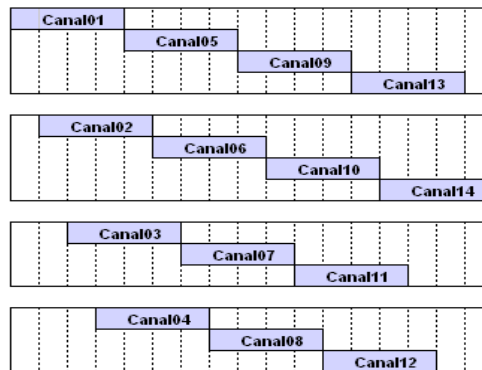


Figura 4. Solapamiento de canales.  
Fuente: <http://gtr.telecom.pupcp.edu.pe/wiki/index.php>

Para evitar el solapamiento de las señales en comunicaciones inalámbricas, además de las recomendaciones ya señaladas, se hace uso de 2 estrategias principalmente, la primera se conoce como FH ó FHSS que literalmente traduce Espectro extendido con salto de frecuencia en el cual las frecuencias cambian alrededor de 1600 veces por segundo; esto proporciona una probabilidad muy mínima de interferencia con otros canales de radiofrecuencia; por otro lado encontramos DS ó DSSS que significa Espectro ensanchado por secuencia directa en el cual se genera un patrón de bits redundante para cada uno de los bits que componen la señal. Cuánto mayor sea este patrón de bits, mayor será la resistencia de la señal a las interferencias. Pese a que estas

últimas son consideradas herramientas para evitar el ya nombrado solapamiento, el diseño erróneo de la infraestructura de red inalámbrica ocasionara interferencias entre canales de frecuencia y por consiguiente la búsqueda del rediseño de red que cobra demanda y pérdidas tanto en el factor tiempo como en el costo que el mismo involucre.

Dentro de las características de las señales inalámbricas podemos caracterizar la relación que existe entre la señal y el ruido generado por la fuente emisora, el medio o el acople con el equipo receptor, de esta forma encontramos una relación entre una señal transmitida y el ruido encontrado en el camino hacia el receptor Este es ampliamente usado en el ambiente inalámbrico y es referido hacia la relación existente entre la cantidad de energía de una señal y el ruido que la acompaña, la anterior descripción puede describirse a partir de la ecuación 1.

$$SNR = \frac{P(\text{señal})}{P(\text{ruido})} \quad (1)$$

Ecuación. Relación Señal a Ruido  
Fuente: Autores

Otras características de interferencia que complementan las ya señaladas son la distorsión multitrectoria que describe el fenómeno por el cual una señal toma varios caminos para llegar finalmente en diferentes tiempos al receptor, esto es generado en el momento en que cualquier objeto refleja una señal de radio varias veces y en el receptor se solapan señales en tiempos diferentes causando interferencia. Para el peor de los casos la señal por dos vías diferentes se encuentran con un desfase de 180 grados resultando una anulación total de la señal enviada, esto en determinadas locaciones ocasionaría una conexión no exitosa entre un usuario y un punto de acceso a pesar de que los mismos se encontrarán en la misma locación y a muy pocos metros de distancia.

La influencia en los materiales que circundan el ambiente de trabajo de una red WLAN es muy importante, esto en razón a que los objetos y materiales absorben o reflejan parte de la señal logrando su degradación o bloqueo al paso de la misma, por citar algunos ejemplos se encuentran por ejemplo las paredes especialmente si los materiales que las constituyen son muy densos como el concreto, el bloque de ladrillos o en las edificaciones coloniales los materiales utilizados en la mayoría de casos dificultan la normal propagación de la señal electromagnética, los recubrimientos en el techo especialmente aquellos conformados por material metálico, elementos naturales como el agua, los árboles, patios podrían eventualmente ocasionar desvanecimiento o multitrectorias para la señal, el vidrio propenso a generar reflejos o refracciones en la señal y por ende cambios característicos en la normal propagación de un dispositivo de punto de acceso o equipo terminal de usuario.

La Tabla 2 representa un promedio característico de las atenuaciones de señal en función de algunos obstáculos característicos en hogares, oficinas y en Universidades.

Tabla 2. Atenuadores de señal característicos.

Objeto en la trayectoria de la señal.	Atenuación de la señal a través del objeto.
Pared recubierta	3 dB
Pared de vidrio con marco de metal	6 dB
Bloque de pared	4 dB
Ventana de oficina	3 dB
Puerta de metal	6 dB
Puerta de metal en pared de ladrillo	12 dB
Cuerpo humano.	3 dB

Fuente: Contreras Alcántara Juan Carlos, Rodríguez Solano Miguel Angel (2008) "Determinación de las condiciones óptimas para la instalación de una WLAN".

En el desarrollo del proyecto se recopilamos varias características de software, entre los principales destacamos el AirMagnet WiFi Analyzer, el cual permite a los administradores de red poner a prueba y diagnosticar fallos en el desempeño de las redes inalámbricas.

Figura 5. AirMagnet WiFi Analyzer.  
Fuente: <http://www.flukenetworks.com/enterprise-network/wireless-network/airmagnet-wifi-analyzer>



Permite identificar y resolver problemas de rendimiento, seguridad, flujo de información, interferencias, desempeño, sus competencias básicas permiten la inspección de sitio, la auditoría, solución de problemas de conexión, seguridad y gestión de rendimiento.

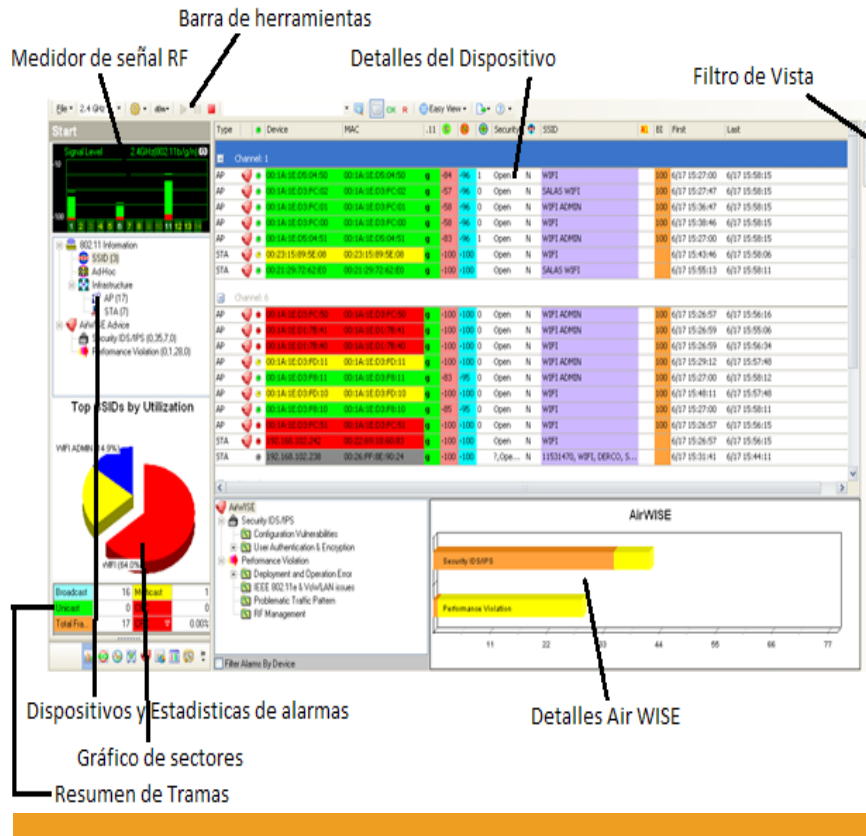


Figura 6. Pantalla de Inicio WiFi Analyzer  
Fuente: Airmagnet Wifi Analyzer

El Airview Spectrum analyzer

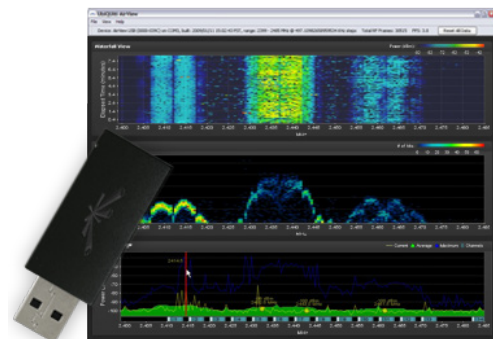


Figura 7. Ubiquiti AirView  
Fuente: <http://morelosnet.com/airview.html>

Permite realizar un análisis del espectro para determinar la distribución de energía radioeléctrica, facilita el determinar las contribuciones de energía de RF, porcentaje de uso de canales observables en la Figura 8; otros aspectos a tener en cuenta son la parametrización en la tendencia de uso de canales con base en algoritmos estadísticos, Ideal para optimizar y determinar la configuración

más acertada posible de un equipo Wireless en tiempo real. Ver Figura 9.

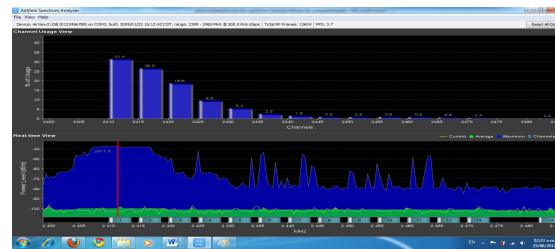


Figura 8 Porcentajes de uso de canales  
Fuente: AirView Spectrum Analyzer

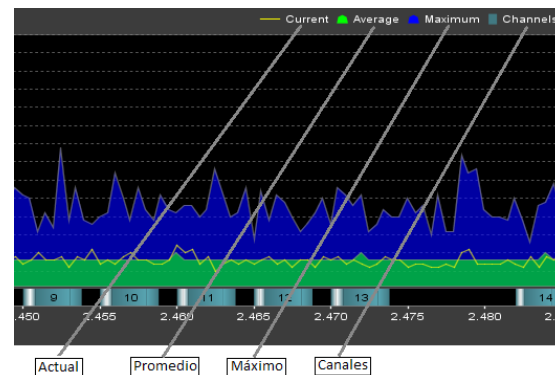


Figura 9 Vista en tiempo real  
Fuente: AirView Spectrum Analyzer

Por otra parte encontramos el InterpretAir [5] que permite un análisis proyectado a la planificación, verificación y documentación de una WLAN IEEE 802.11 a/b/g, proporcionando una visualización de los indicadores del comportamiento RF en el medio ambiente inalámbrico, si encontrase inconvenientes con el mismo de manera proactiva abordaría los problemas y plantearía una solución coherente.



Figura 10. InterpretAir  
Fuente: [www.flukenetworks.com/.../interpretair](http://www.flukenetworks.com/.../interpretair)

#### IV. CONCLUSIONES

Los Software especializados en análisis y estudio para redes inalámbricas, son herramientas muy apreciadas a la hora de valorar el comportamiento de una red ya existente. De esta forma se puede identificar fortalezas y debilidades que puedan estar presentándose en términos técnicos.

El factor de pérdida de señal en determinadas locaciones se debe a la atenuación con la cual interactúa la propagación electromagnética con el obstáculo incidente encontrado por ejemplo en los vidrios y algunos otros materiales de construcción.

El uso de estas herramientas de análisis requieren de un previo conocimiento acerca del comportamiento de ambientes inalámbricos, para generar una adecuada interpretación de los datos que se obtienen en cada captura de información.

El estudio de sitio es de gran importancia para conocer el entorno en donde se desempeña la red, y por medio del uso de herramientas de software, se identifican dispositivos que conforman esta red y que generan parámetros cuantificables al realizar interpretaciones del diseño, gestión, seguridad y puesta en marcha de la plataforma inalámbrica.

Al realizar la toma de información por medio del Analizador de espectro Airview, se confirmó el gran uso que se le da a las frecuencias ubicadas en el espectro de 2,4 GHz por parte de la red inalámbrica propia de la Universidad y Otros dispositivos que operan en el mismo rango de frecuencias.

## REFERENCIAS

---

- 1 Base de datos IEEE – Explore “Client-based intrusion prevention system for 802.11 wireless LANs” – Zhang Y. , Sampalli S. Octubre 2010.
- 2 Base de datos IEEE-Explore, “Design and evaluation of a fast authentication scheme for WiFi-based wireless networks”- Zhenxia Z. Pazzi R, Boukerche A. – Agosto de 2010.
- 3 Bolaños, Emilio Iván. Diseño de la Red Inalámbrica de área local para los edificios de la tribuna y villa fuente de Petroproducción bajo el Estándar de IEEE 802.11g y su interconectividad. Proyecto previo a la obtención del título de Ingeniero Electrónico y Redes de la Información. Escuela Politécnica Nacional. Quito. (2008).
- 4 Contreras, Juan Carlos. Rodríguez, Miguel Ángel. Determinación de las condiciones óptimas para la instalación de una WLAN. Tesis para obtener el título de Ingeniero en Comunicaciones y Electrónica. Instituto Politécnico Nacional. México. (2008).
- 5 Fluke Networks Corporation. (2009).
- 6 Gast Matthew. Redes Wireless 802.11g. 1ra edición español. Anaya multimedia s.a. España. (2006).
- 7 Huidobro, José Manuel. Fundamentos de Telecomunicaciones. España. Paraninfo. (2001).
- 8 ImasDe. “Redes Inalámbricas WLAN”.Islas Canarias. España. (2005).
- 9 Jara Werchau, Pablo. Estándar IEEE 802.11 X de las WLAN.Argentina.Editorial de la Universidad Tecnológica Nacional, (2008).
- 10 Perez, Constantino. Zamanillo, José María. Casanueva, Alicia. Sistemas de Telecomunicaciones. Universidad de Cantabria. España. (2007).
- 11 Stephen Lawson, IDG News Service. El evaluador de redes Fluke Networks compra AirMagnet. (2009).
- 12 Use Guide InterpretAir™ WLAN Site Survey Software.
- 13 Viveros, Patricia Susana. Implementación y soporte técnico de un sistema de monitoreo de red inalámbrica bajo la norma 802.11. Universidad Mayor de Chile (2007).