

# Modelado del espectro inalámbrico de una red de datos que soporta la tecnología WiFi\*



Laura Dávalos Castilla\*\*  
Vladimir Veniamin Cabañas Victoria\*\*  
Melissa Blanqueto Estrada\*\*

## Resumen

Este artículo está enfocado a la caracterización del espectro electromagnético de las señales emitidas por antenas y dispositivos de punto de acceso que soportan la tecnología WiFi (Wireless Fidelity) en la frecuencia 2.4 GHz utilizando como modelo las redes inalámbricas de la Universidad de Quintana Roo. Esta caracterización permitirá definir sobre un mapa georeferenciado las áreas de cobertura, los mejores canales (disponibles y con menor actividad) así como identificar las posibles causas de interferencia en las señales inalámbricas, como teléfonos inalámbricos, hornos de microondas, redes ZigBee, redes Bluetooth, antenas y puntos de acceso que operan en la frecuencia 2.4 GHz. Lo anterior permitirá tener información confiable para la toma de decisiones sobre el desempeño del servicio, ya sea por la localización de los mejores canales, reconfigurando equipos de comunicación, reorientando antenas o identificando obstáculos para la actividad radial.

**Palabras Clave:** Modelo, espectro electromagnético, WiFi.

## Introducción

La red inalámbrica o WLAN, es una conexión de área local que no requiere cable, sino utiliza el espectro de las ondas electromagnéticas, que se propagan a través del espacio transportando energía de un lugar a otro, para conectar dispositivos inalámbricos a una red y realizar el intercambio de datos de información, de acuerdo con el rango de frecuencia en el que se esté transmitiendo [1].

Una red inalámbrica permite a usuarios con dispositivos móviles tener acceso a los servicios de red sin las limitaciones del cableado, pero a diferencia de una red de datos cableada, en las redes inalámbricas la administración y control de equipos y usuarios que se conectan se vuelve más compleja, pues difícilmente se puede definir la forma como se propaga la señal en

### Acerca de los autores...

\*\* Profesor(a) Investigador(a) del Departamento de Ciencias e Ingeniería, Universidad de Quintana Roo, Chetumal, Q. Roo., México.

\* Este trabajo fue financiado por la División de Ciencias e Ingeniería de la Universidad de Quintana Roo.



## Desarrollo

### A) Generar un plano con referencia geográfica

La aplicación de la metodología para ubicación de una señal inalámbrica en un espacio abierto disponible en VisiWave Site Survey hace uso de documentos gráficos digitales, entre los que podemos citar a los planos, mapas e imágenes de satélite.

Dentro de los planos más conocidos se encuentran los arquitectónicos, ingenieriles, de instalaciones eléctricas y los topográficos; estos últimos, documentos gráficos muy simplificados, pues se enfocan a representar límites y colindancias, construcciones generalizadas, perfiles y elevaciones del terreno, principalmente.

Los mapas geográficos “son representaciones reducidas, generalizadas y matemáticamente determinadas de la superficie terrestre sobre un plano, en las cuales se interpreta la distribución, el estado y los vínculos de los distintos fenómenos naturales y sociales, seleccionados y caracterizados, de acuerdo con la asignación de cada mapa concreto”, Salitchev, K.A. [2]

Por su parte, los modelos a realizar en espacios abiertos, que requieran de zonas o áreas de mayor extensión territorial, como un centro escolar, un centro de convenciones, un campus universitario, centros deportivos a cielo abierto, entre otros, requerirán planos topográficos, comúnmente generalizados y poco detallados, o en su caso, imágenes satelitales, que si bien muestran a detalle y en planta (vista desde arriba) el territorio de interés, frecuentemente cuentan con errores de exactitud posicional. Dicho término se refiere “a la exactitud en la localización de los elementos sobre el mapa en relación con la posición que realmente ocupa en el espacio”. [3]

Para el presente estudio se realizó un plano generalizado con base en una imagen de satélite del campus, al cual se le agregó una referencia geográfica mediante la inserción de puntos de control con un GPS, lo cual se realizó en el programa ArcView.

### B) Captura de datos

La captura de datos se realizó mediante recorridos a pie, empleando una antena receptora de señales inalámbricas conectada a una computadora portátil, que a su vez se conecta a un receptor o dispositivo GPS. La función específica del receptor GPS es la de adquirir la ubicación geográfica en tiempo real de la cobertura y la intensidad de la señal inalámbrica en la zona o área de interés, utilizando el modo GPS Position Tracking Mode del VisiWave, a través de una conexión serial configurada con la opción de NMEA para enviar la información sobre la posición en el enlace serial y verificar las opciones de transferencia de datos (Baud Rate)[5][10]. Esto permitió una captura de datos del espectro electromagnético en tiempo real, con su ubicación geoespacial de acuerdo al plan de recorridos que se realizó previamente, cubriendo los alrededores de los edificios uno a uno, para posteriormente unir la información de todo el campus.

### C) Generar modelos

Se realizó la interpretación de datos mediante la visualización de ondas de radio y la cobertura de la red inalámbrica, además de la intensidad de la señal, información de la dirección física, tasa de transferencia, canal de transmisión y nombre del AP (SSID); se analizaron gráficamente a través de picos de intensidad (con  $-dBm$  como unidad de medida), la fuerza de las señales con valores desde  $-10dBm$  como señal fuerte a  $-99dBm$  como señal débil[4].



También se obtuvieron datos del espectro inalámbrico de todos los canales 2.4 GHz, tales como: los rangos de frecuencia de cada canal, promedio del ruido que le afecta o el nivel máximo de ruido detectado en el punto en el área donde se capturaron los datos.

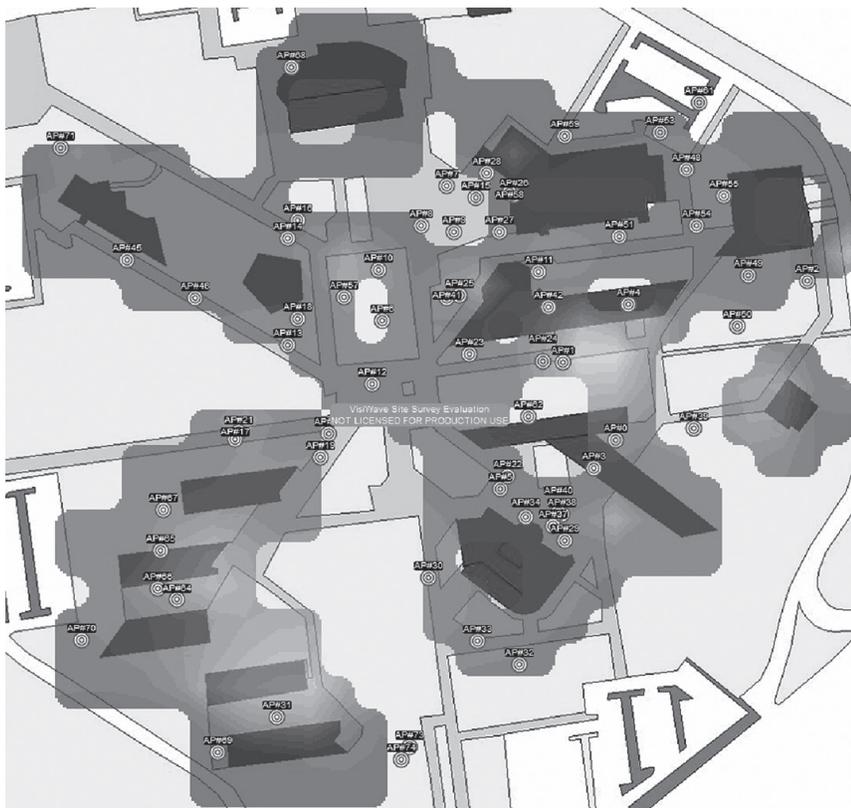
Los productos que se obtuvieron fueron: mapas en dos dimensiones de la cobertura, indicando mediante colores la intensidad de la señal de cada canal y de todos los canales interactuando; mapas en tercera dimensión, que indican mediante elevaciones la intensidad de la señal, permitiendo detectar interferencias o anomalías en la cobertura, los cuales también se hicieron por canales y de manera global.

## Resultados

Sé realizó la captura de datos de cada edificio de la Universidad de Quintana Roo (Unidad Chetumal), obteniendo primero los datos de Wi-Fi y posteriormente los del espectro inalámbrico, con lo que se obtuvo lo siguiente:

Listado de los AP's detectados en todo el campus, indicando su identificación mediante el SSID y la dirección física (MAC), canal de transmisión y si usan clave de acceso, lo que nos permite detectar qué canales se encuentran más saturados y cuáles tienen posibles interferencias entre los mismos AP.

El mapa georeferenciado nos muestra la cobertura de red inalámbrica que se tiene para todo el campus, incluyendo a todas las redes inalámbricas disponibles combinadas; también podemos apreciar la distribución geoespacial de la intensidad de la señal y nos muestra la ubicación geográfica de cada AP detectado, lo cual nos permite observar la distribución de los AP y qué áreas tienen problemas de cobertura e interferencia, si están sobreponiéndose o se encuentran en el mismo canal. La Figura 1 muestra los principales puntos de acceso para la red inalámbrica en la frecuencia de 2.4 GHz.



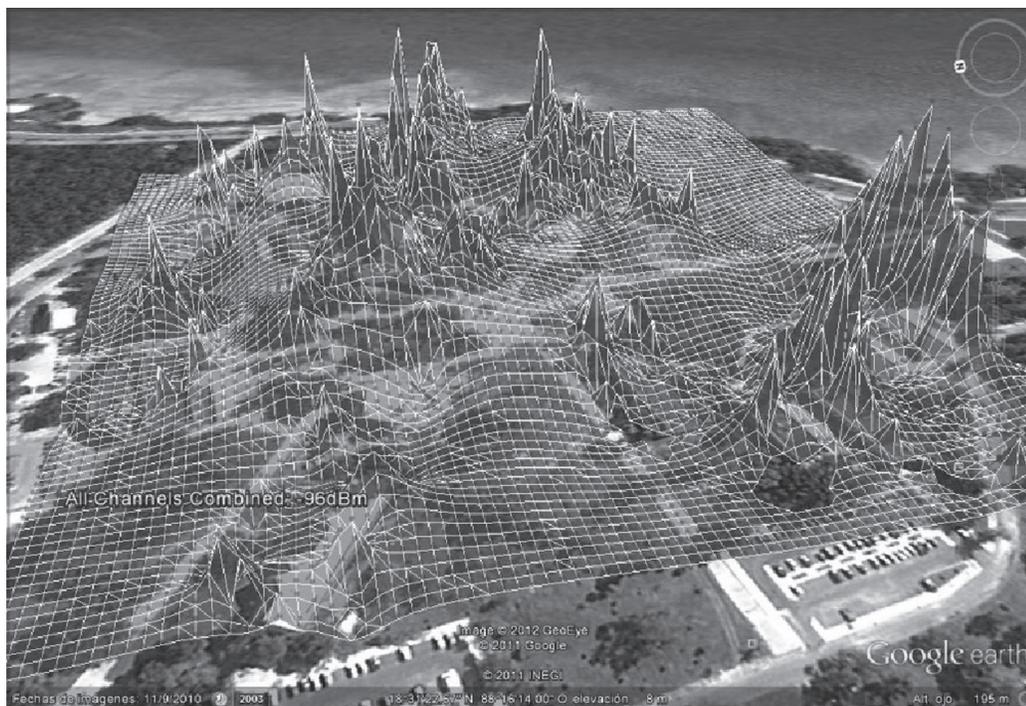
**Figura 1**

Redes inalámbricas detectadas en el Campus Chetumal de la Universidad de Quintana Roo

Se obtuvo un mapa georeferenciado de cobertura individual para cada red inalámbrica (SSID diferentes).

Después de analizar las señales inalámbricas de los AP de la Universidad de Quintana Roo (Unidad Chetumal), se realizó un estudio del espectro inalámbrico, ya que previamente al investigar las señales inalámbricas se observó que en la frecuencia de 2.4 GHz los canales más utilizados del espectro inalámbrico por los AP son el canal 1, el canal 6 y el canal 11, de manera que se llevó a cabo un análisis de los mismos con el fin de identificar el área en donde se detectó mayor ruido y/o interferencia en el espectro inalámbrico, utilizando el analizador de espectro Wi-Spy 2.4x como dispositivo para escuchar su actividad y una vez precisada la ubicación geográfica de la interferencia, se volvió a monitorear la señal, ahora con el Chanalyzer, para identificar la fuente de la interferencia. De ese estudio se obtuvo lo siguiente:

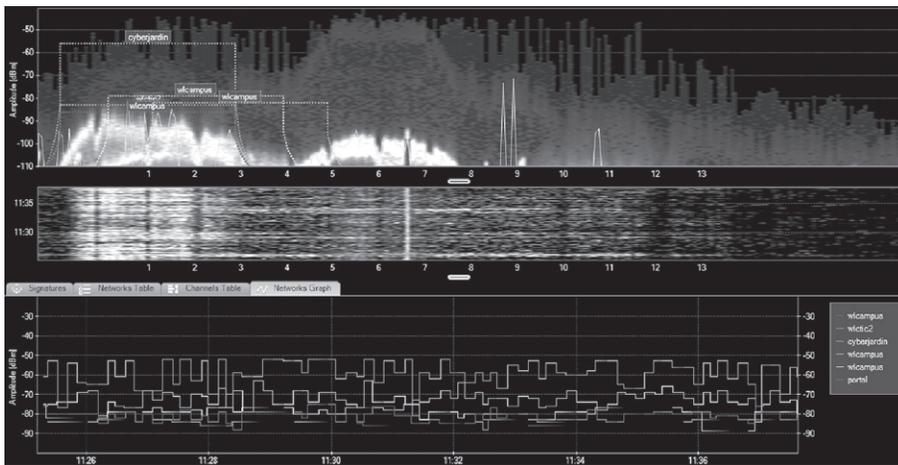
- Mapas del espectro inalámbrico para los 2.4 GHz de todo el campus, que muestran las áreas dónde se presentan interferencias en los canales 1, 6 y 11; con estas herramientas, se puede hacer un mejor análisis del uso y cobertura de los diferentes canales, detectar problemas y buscar alternativas de solución (VisiWave).
- Mapas en tercera dimensión (Google Earth) que facilitan la identificación de los puntos con mayor interferencia en los canales 1, 6 y 11 así como un análisis más eficiente, visualmente hablando, de la cobertura.



**Figura 2**

Cobertura del Espectro Inalámbrico de la Frecuencia de 2.4GHz

- Se generó un mapa en tercera dimensión para cada canal y uno con todos los canales superpuestos, en los cuales al posicionarse en un pico nos da las coordenadas y la intensidad de la señal de interferencia.
- Análisis del espectro para los cuatro puntos detectados con los picos más altos de los canales 1, 6 y 11, de los cuales se emitió un diagnóstico de la interferencia mediante el software Chanalyzer.[8][9]



**Figura 3**

Análisis del canal 1 del punto de interferencia a -68dBm

## Conclusiones

Se realizó un muestreo del espectro inalámbrico de la red de datos de la Universidad de Quintana Roo, campus Chetumal; con ellos se generaron mapas y modelos en tercera dimensión, que permiten analizar en forma visual el comportamiento de la señal en cuanto a las áreas de cobertura e intensidad, así como puntos de interferencia y sus posibles causas.

Los reportes presentados son una herramienta útil para los administradores de red, dado que pueden reorientar dispositivos existentes y así lograr una mejor cobertura, además de tomar mejores decisiones en cuanto a dónde colocar nuevos equipos y en cuales canales deben transmitir para tener mejor intensidad y menos interferencias.

Como resultado del análisis del espectro inalámbrico y los dispositivos inalámbricos, se obtuvieron las siguientes conclusiones:

- Que el espectro electromagnético siempre estará propenso a perturbaciones en las ondas por donde se envía la señal, y que dicha alteraciones están sujetas a las interferencias que existan a su alrededor.

- Los tipos de interferencias que se detectaron durante el análisis del espectro inalámbrico a 2.4GHz son:

- Las provocadas por otros dispositivos inalámbricos que se encuentran en un canal adyacente con respecto a otros canales, en este caso 1, 6 y 11, que tienen un espacio de cuatro canales entre sí para que no se sobrepongan, por lo que si existen otros diferentes a éstos, puede ocasionar que al estar sobrepuestos compitan por el medio en esa frecuencia, ocasionando que alguno de dichos canales disminuya la intensidad de su señal.
- Las causadas por factores ambientales; en el caso del presente estudio, realizado en los espacios abiertos de la universidad, la causa común y principal son los árboles y los edificios que hay alrededor de la universidad; las construcciones contienen un conjunto de materiales como ventanas, paredes interiores, vigas, armarios, etcétera, que afectan la transmisión de la señal, es decir; ocasionan que la intensidad de la señal de un dispositivo inalámbrico disminuya a tal grado, que la señal ya no es utilizable para tener acceso a la red o a Internet, y en el caso del tipo de clima donde se encuentra el campus, la señal puede ser afectada por las lluvias que ocurren con frecuencia durante todo el año; cada tipo de interferencia tiene un nivel diferente.

## Referencias

- [1] E. Ponce, E. Molina, (Noviembre 2010). V. Mompó, "Redes inalámbricas: IEEE 802.11", Docstoc.
- [2] Véliz, et al., (1994). "Atlas Regionales y Espaciales. Teoría y Práctica", Universidad Autónoma del Estado de México. P. 51.
- [3] Gutiérrez y Gould, (2000). "SIG: Sistemas de Información Geográfica", Editorial Síntesis. Madrid. P. 65.
- [4] A. Adya, P. Bahl, R. Chandra, (2004). "Architecture and techniques for diagnosing faults in IEEE 802.11 infrastructure networks", In Proceedings of the 10th Annual Internal Conference on Mobile Computing and Networking (Philadelphia, PA, USA, September 26 - October 01, 2004), Philadelphia: MobiCom '04, PP. 30-44.
- [5] Garmin, "Manual del usuario", [En línea] [http://www.garmin.com/garmin/webdav/site/es/users/garmines/public/manuales/manuales\\_outdoor/GPS%2076%20-%20Manual%20de%20usuario.pdf](http://www.garmin.com/garmin/webdav/site/es/users/garmines/public/manuales/manuales_outdoor/GPS%2076%20-%20Manual%20de%20usuario.pdf), [Citado el: 7 de Julio de 2010]
- [6] G. Matthew, (April, 2005) "802.11 Wireless Networks: The Definitive Guide", 2nd Edition, O'Reilly Media Inc Pub., P. 656. ISBN-10:0-596-10052-3.
- [7] REDSINFRONTERAS.ORG, "Redes Wireless" [En línea] <http://www.redsinfronteras.org>, [Citado el: 20 de 09 de 2011]
- [8] Metageek, "Chanalyzer Pro User Guide", [En línea] [http://files.metageek.net/marketing/user-guides/MetaGeek\\_ChanalyzerPro\\_UserGuide\\_07-2012.pdf](http://files.metageek.net/marketing/user-guides/MetaGeek_ChanalyzerPro_UserGuide_07-2012.pdf), [Citado el: 28 de Junio de 2010].
- [9] Metageek, "How to Use WiSpy spectrum Analysis Tools". [En línea] [http://files.metageek.net/marketing/user-guides/MetaGeek\\_HowToUseWi-Spy\\_SpectrumAnalysisTools\\_2013.pdf](http://files.metageek.net/marketing/user-guides/MetaGeek_HowToUseWi-Spy_SpectrumAnalysisTools_2013.pdf), [Citado el: 13 de Julio de 2010].
- [10] Silvano LTDA, "Cómo configurar un receptor GPS" [En línea] [http://media.wix.com/ugd//73d6bb\\_18771d8894d67471a2b5c88ca53984fa.pdf](http://media.wix.com/ugd//73d6bb_18771d8894d67471a2b5c88ca53984fa.pdf), [Citado el: 19 de Julio de 2010.]

Al realizar estudios con VisiWave, es necesario hacer un plan de muestreo, ya que si se crean varios archivos y luego se unen, puede que alguna información de los AP sea diferente, ya que al estar capturando en días diferentes como se hizo en este proyecto, se debe tener en cuenta que existen AP's que pueden tener la misma MAC, pero transmitir la señal en diferente canal cada vez, esto sucede si el AP al reiniciarse cambia de canal de forma automática o por el administrador. En este caso, la ubicación de esos AP repetidos podría no ser siempre en la misma posición geoespacial, por lo cual se recomienda no dejar pasar mucho tiempo entre muestreos, con el objetivo de mantener una ubicación más exacta de los dispositivos, dado que es menos probable que se hayan realizado cambios en los AP.

Al contar con un mayor concentrado de datos (recorridos) en VisiWave, se tendrá una mejor ubicación geoespacial de los dispositivos inalámbricos que existan en el área de estudio. Si se utiliza VisiWave, es mejor realizar el estudio de las redes inalámbricas primero y luego el estudio del espectro inalámbrico, ya que si se crean ambos en un solo archivo, los datos que puede arrojar la tarjeta de red de la laptop o computadora pueden ser tomados como ruido por el analizador del espectro inalámbrico y arrojar algunos datos erróneos con respecto a las interferencias.

Para llevar a cabo este tipo de muestreos, es necesario tener la configuración adecuada en el dispositivo GPS, de lo contrario podría emitir datos desfasados, sobre todo en la configuración del "Datum", ya que después de utilizarlo con el VisiWave, al generar el reporte para visualizar los datos obtenidos en Google Earth, si no se tiene la configuración adecuada, los informes con respecto al mapa se pueden mostrar desfasados; en este caso, en estudios previos había un desfase de entre 30 a 50 metros con respecto a la imagen georeferenciada, lo cual fue corregido al cambiar la configuración del Datum en el GPS. El estudio realizado con Chanalyzer en los puntos donde se detectó interferencia con VisiWave, mostró que los dispositivos inalámbricos que tienen la misma intensidad de señal (valores iguales en -dBm) que cualquier otra fuente, serán susceptibles a interferencia en esa ubicación.

Por último, se concluye que si se desea utilizar un método de captura diferente en VisiWave al que se utilizó, que en este caso fue el "GPS Position Tracking Mode", es necesario obtener las coordenadas de manera individual; para ello se requiere ir al menú de "Survey" del programa, luego seleccionar la opción "Set GPS Location" e ingresar las coordenadas previamente obtenidas por un dispositivo de geo-posicionamiento, y así con estos datos se podrá generar el reporte en Google Earth en 3D, puesto que si no se agrega, no será posible realizar este reporte. En caso que se requiera efectuar un estudio de las redes inalámbricas y del espectro inalámbrico dentro de un edificio utilizando un croquis, también es preciso ingresar las coordenadas; asimismo, se recomienda que dicho croquis tenga la escala correcta con respecto a la longitud en metros o pies y la longitud en píxeles, además de que el croquis o imagen esté orientado hacia el Norte, para obtener buenos resultados al generar el reporte en Google Earth.

La problemática analizada tiene su origen en una mala planeación de la cobertura y la falta de información referente al comportamiento del espectro electromagnético de acuerdo con las condiciones físicas, geográficas, de infraestructura, del medio ambiente. La información generada en el presente estudio, proveerá a los administradores de la red las herramientas necesarias para una adecuada planeación y así brindar un mejor servicio con los recursos ya existentes.