

Redes Inalámbricas en Entornos Metropolitanos

Fidol Joaquín Parra

Instituto de Tecnologías Aplicadas – Centro de Tecnología en las Telecomunicaciones, ITA-CETT, Facultad de Ciencias Exactas y Tecnologías, Universidad Nacional de Santiago del Estero.

fparra@unse.edu.ar

RESUMEN: Las redes inalámbricas gozan de mucha popularidad en el presente. Se han desarrollado diferentes protocolos y tecnologías para satisfacer demandas en cuanto a capacidad, eficiencia espectral, alcance, número de usuarios y seguridad entre otras cualidades. Dos tecnologías y sus estándares compiten en redes metropolitanas puesto que presentan ventajas en alguno de los ítems mencionados anteriormente. Estas tecnologías son: wireless fidelity (WiFi) con su estándar IEEE 802.11 y world wide interoperability for microwave Access (WiMAX) con su estándar IEEE802.16. En este trabajo se investigan cuales son los escenarios más propicios para el uso de una u otra tecnología y resume las pautas más importantes para el diseño de redes inalámbricas en ciudades y espacios públicos.

1 INTRODUCCION

En los últimos años, se ha evidenciado un importante crecimiento de las redes inalámbricas debido a dos importantes virtudes que presentan, estas son su fácil instalación y configuración. Las redes en bandas no licenciadas ISM de 2.4GHz y 5 GHz son las que más popularidad y penetración han visto en Argentina, puesto que los dispositivos no licenciados son más económicos, mientras que la inclusión de interfaces inalámbricas en los dispositivos móviles tales como notebooks, netbooks, smartphones, ha potenciado la popularidad entre los usuarios, que toman ventaja de todas las virtudes y facilidades mencionadas anteriormente.

Sin embargo, en el presente se comprueba un incremento importante en la interferencia electromagnética, causada por la excesiva potencia radiada por los puntos de acceso y por los terminales, tanto en las redes hogareñas como en las redes públicas. En cuanto a la tasa de transferencia, uso de aplicaciones multimedia sobre internet exigen un alto ancho de banda que genera congestión en las redes, haciendo poco probable la conexión de nuevos clientes o congestión, que se traduce en una disminución de la calidad de servicio.

Es necesario entonces, analizar en detalle el funcionamiento físico y lógico de las redes con el objetivo de proveer técnicas de diseño y mapas de radiación en las ciudades y asegurar que se cumplan las normas tanto en las bandas licenciadas como en las bandas libres.

En este trabajo, a partir del análisis de dos tecnologías disponibles en el presente, se obtienen las características técnicas de diseño, se enumeran buenas prácticas para el uso y la

correcta elección de la tecnología en cada entorno metropolitano.

2 ANALISIS DE LAS TECNOLOGIAS INALAMBRICAS

2.1 Principales características de los protocolos 802.11 y 802.16

La versión original del protocolo 802.11 publicada por el IEEE (instituto de ingenieros eléctricos y electrónicos) data del año 1997; el estándar 802.11 define las especificaciones a nivel capa física y enlace de datos del modelo OSI en una red LAN inalámbrica, conocida como wireless LAN (WLAN). En el presente la versión 802.11n propone un esquema de modulación con capacidad de transmisión de 600 megabits por segundo (Mbps) y el uso de múltiples antenas en el transmisor y receptor (MIMO), para equiparar las redes inalámbricas a las redes LAN cableadas en cuanto a tasa de transferencia. Las redes que implementan el protocolo 802.11 se conocen como WiFi

El protocolo 802.16, también creado por el IEEE, fue publicado en el año 2001 y define las especificaciones para conexiones inalámbricas de banda ancha para operar principalmente como una red inalámbrica metropolitana (WMAN), cuya más reciente versión, la 802.16m, permite tasas de transferencia de 100 Mbps en entorno móvil y 1 gigabit por segundo (Gbps) en conexiones fijas. Las redes que implementan el protocolo 802.16 se conocen como redes WiMAX

2.2 La eficiencia espectral en redes inalámbricas

La eficiencia espectral es un parámetro de suma utilidad en redes inalámbricas puesto que el

espectro electromagnético es un recurso muy congestionado. Medida en bits por segundo por Hertz (b/s)/Hz, la eficiencia es la capacidad de transferencia por ancho de banda que presenta el canal de comunicación. Su utilidad se hace evidente en el análisis de la eficiencia del esquema de modulación.

En redes inalámbricas, es de importancia la eficiencia espectral por sistema o por área de cobertura, que es una medida de la cantidad de usuarios o servicios que pueden soportarse en manera simultánea para una frecuencia y un limitado ancho de banda. En la Tabla 1 se resumen los parámetros principales de las redes WiMAX y WiFi

Tabla 1. Parámetros para redes inalámbricas

Parámetro	Red WiFi	Red WiMAX
Estándar	802.11 a-g	802.16 d-e
Eficiencia Espectral del enlace	2.7	4.8
Eficiencia Espectral del sistema	1/3 del enlace	1/4 del enlace
Tasa de transferencia por portadora	54 Mbps	96 Mbps
Ancho de banda por portadora	20 MHz	20MHz
Método de acceso	CSMA/CA	Tabla de tiempo
Bandas de uso libre	2.4 y 5 GHz	5 GHz

2.3 Redes WLAN y WMAN

Las redes WLAN tienen por objetivo interconectar equipos en un área local reducida, típicamente en un radio de cobertura de 35 metros, de tal manera que estos equipos compartan archivos, impresoras y una única conexión a internet. El protocolo por excelencia para las redes WLAN es el 802.11, y la tecnología dominante es WiFi. En la Figura 1 se muestra cómo evoluciona el tráfico de la red a medida que se agregan usuarios utilizando el mismo canal de transmisión. Se compara la cantidad de paquetes de datos ofrecida al sistema con la cantidad de paquetes transmitida exitosamente, ambas normalizadas con respecto al tiempo de transmisión a una tasa de 1 Mbps [Bianchi, 1996]

Las redes WMAN tienen por objetivo proveer conexión de banda ancha tanto a usuarios finales como a puntos de acceso a otras redes como las WiFi. Proveen movilidad y calidad de servicio, con una tasa de transferencia excelente y estabilidad aun en la presencia de muchos usuarios conectados simultáneamente.

Las redes WMAN están pensadas para obtener una alta tasa de transferencia con una baja probabilidad de colisiones y retransmisiones de

paquetes. El mecanismo que permite esta alta eficiencia en la transmisión exitosa de paquetes es conocido como algoritmo por tabla de tiempos

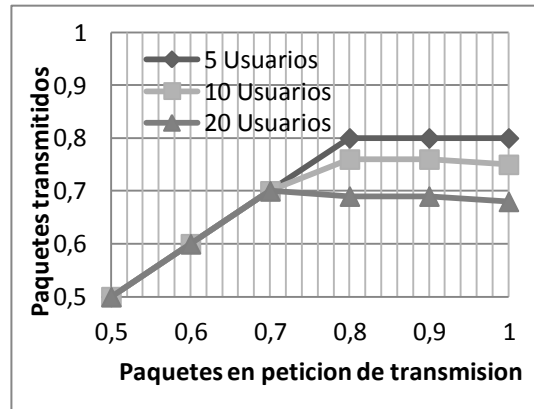


Figura 1. Paquetes en petición de transmisión vs. Paquetes transmitidos en redes 802.11

(Scheduling algorithm). Una nueva conexión contiene con las conexiones existentes al inicio de la transmisión. Cuando el controlador de tiempo acepta la nueva conexión, se le asigna un tiempo de conexión que permanece inalterado por el tiempo que dure dicha conexión. En la Figura 2 se muestra cómo evoluciona la red a medida que aumenta la carga en Mbps, para 25 usuarios. Se observa un comportamiento de máxima carga hasta altos valores de tasa de transferencia, que es una prueba de la estabilidad del protocolo [Alizadeh, 2012].

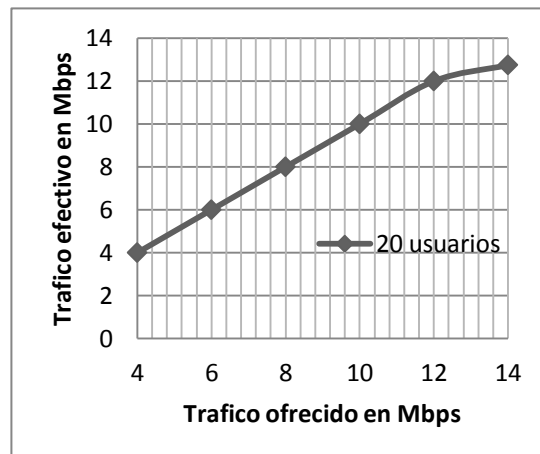


Figura 2. Tráfico ofrecido vs tráfico efectivo en redes 802.16

En síntesis, el método de acceso en redes WLAN es aleatorio, está sujeto a colisiones entre paquetes de los distintos usuarios lo que origina retransmisiones y retardos. El protocolo no puede en ninguna situación de carga transmitir exitosamente todos los paquetes que se ofrecen.

Por otra parte, el método de acceso en redes WMAN es por asignación de tiempo y las

colisiones son poco frecuentes. Una vez asignados los tiempos de transmisión, el protocolo puede transmitir con 100% de efectividad todo el tráfico que se ofrece.

2.4 Entornos metropolitanos y la movilidad en redes inalámbricas

En este artículo se define entorno metropolitano a un espacio interior o exterior dentro de los límites urbanos de una ciudad, donde predominan las construcciones civiles tales como casas particulares, edificios públicos, edificios en propiedad horizontal y espacios libres arbolados. Utilizar redes inalámbricas en entornos metropolitanos presenta las siguientes ventajas: fácil instalación, fácil sintonización, rápida puesta en marcha, entre otras, mientras presenta los siguientes desafíos: determinación de la carga efectiva, determinación del ancho de banda necesario para las aplicaciones, diseño de una estrategia de seguridad y control de las interferencias y radiaciones innecesarias.

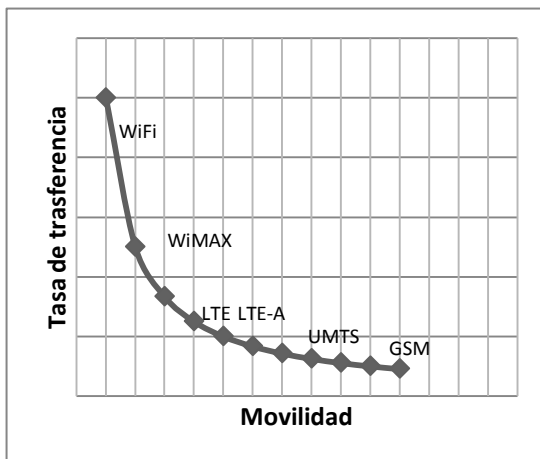


Figura 3. Curva Tasa de Transferencia vs. Movilidad

En particular, se destaca la habilidad de utilizar la red en transmisión de datos mientras el usuario se mueve por el área de cobertura de la red. Tal característica se denomina *movilidad*. Si bien el análisis de la movilidad no es el objeto de este estudio, se advierte que existen redes de transmisión de datos que han sido diseñadas para un funcionamiento robusto en presencia de movilidad, en detrimento de la tasa de transferencia. En la Figura 3 se muestra una comparación entre la tasa de transferencia y la movilidad en redes inalámbricas. La curva indica que si bien WiFi posee una tasa de transferencia excelente, su comportamiento en movilidad es muy pobre, siguiendo con WiMAX que presenta buenas características de transferencia y movilidad. Finalmente las redes celulares UMTS (3G) y LTE (4G) las redes inalámbricas que

poseen una excelente movilidad y menor tasa de transferencia de datos que las otras redes en estudio.

2.5 Perdidas en espacio libre, atenuación y dispersión

En el espacio libre, las ondas electromagnéticas de radiofrecuencia se propagan sin dificultad. La energía de la señal se ve disminuida por el frente geométrico de la onda electromagnética, conociéndose este fenómeno como pérdida en el espacio libre. Puede calcularse según la siguiente ecuación:

$$P_{el} [dB] = 32,4 + 20 \cdot \log(d) + 20 \log(f) \quad (1)$$

Donde d es la distancia entre transmisor y receptor en Km y f la frecuencia de transmisión en MHz. En la Tabla 2 se resumen algunos cálculos de pérdidas en el espacio libre.

Tabla 2. Perdidas en el espacio libre a 2.4 GHz

Distancia (m)	25	50	100	150	200
Perdida (dB)	68	74	80	83,5	86

La atenuación es una pérdida de energía por absorción de objetos sólidos tales como árboles, paredes, muebles, pisos de edificios, etc. En la Tabla 2 se sintetizan atenuaciones de distintos objetos. Se considera una atenuación baja cuando es de menos de 10 dB, mientras que más de 20 dB se considera una atenuación alta.

A lo largo de la trayectoria de enlace entre transmisor y receptor, la señal de RF sufre de los fenómenos físicos de reflexión, refracción y difracción, dando como resultado el arribo al receptor de señales multitrayectoria desfasadas en el tiempo. Las señales se pueden añadir en forma constructiva sin perjuicio para el enlace o en forma destructiva, que resulta en la anulación de dicha señal fenómeno conocido como *desvanecimiento* [Flickenger, 2006].

Tabla 3. Atenuación para distintos objetos

Material	Atenuación	Material	Atenuación
Tabiques y puertas	Baja	Ventanas o vidrio	Alta
Tejas o cerámica	Alta	Techos	Baja
Paredes de yeso	Baja	Paredes de ladrillo	Media
Árboles y plantas	Media	Papel	Alta
Objetos de metal	Muy alta	Lluvia o niebla	Alta

2.6 Factibilidad del Enlace

Para evaluar si un enlace de radio es viable, se deben conocer las características de los equipos de transmisión y evaluar cualitativamente o cuantitativamente las pérdidas en el trayecto hacia el receptor. Un cálculo para anteproyecto incluye al menos los siguientes parámetros:

- Potencia del transmisor
- Ganancia de la antena del transmisor
- Pérdidas en cables del transmisor
- Ganancia de la antena del receptor
- Pérdida en cables del receptor
- Pérdida en el trayecto

Debiéndose satisfacer la siguiente condición:

$$P_{Tx} + G_{tot} - L_{tot} \geq S_{Rx} [dB] \quad (2)$$

Donde P_{Tx} es la potencia en el transmisor, G_{tot} son las ganancias en ambos lados del enlace, L_{tot} son las pérdidas totales incluidas las pérdidas en el trayecto y S_{Rx} es la sensibilidad en el receptor. Para la evaluación de la factibilidad, se deben utilizar hojas de datos de los fabricantes.

Como ejemplo, se obtuvieron los siguientes datos de un fabricante: $P_{Tx} = 13.5 \pm 1.5$ [dBm] para 2.4 GHz y 8.5 ± 1.5 [dBm] para 5 GHz. El receptor posee una sensibilidad S_{Rx} de -71 [dBm] a 54 Mbps y 2.4 GHz mientras que S_{Rx} es de -68 [dBm] a 130 Mbps y 5 GHz. La distancia máxima del enlace para una correcta recepción, considerando un medio sin pérdidas excepto la pérdida en espacio libre es de 140 metros para 2.4 GHz y de 25 metros para 5 GHz (Linksys, 2008).

Dos conclusiones importantes en este cálculo son por una parte, que la tasa de transferencia influye en la sensibilidad del receptor. Cuanta más alta la tasa de transferencia, menor es la sensibilidad y por lo tanto las pérdidas en el trayecto deberán considerarse con más atención. Por otra parte, frecuencia de transmisión es un componente muy importante en la ecuación (1). Sistemas que funcionen simultáneamente en dos frecuencias deberán ser estudiados por separado para determinar la tasa transferencia efectiva.

2.7 Direccionamiento de la radiación

Las antenas tienen la finalidad de transmitir la señal proveniente del transmisor hacia el medio circundante. Independientemente del método de fabricación o de la frecuencia de operación, las antenas pueden clasificarse en a) Omnidireccionales y b) Direccionales

Una antena omnidireccional o isotrópica transmite energía en todas direcciones, creando un volumen de radiación. En condiciones de espacio libre sin obstáculos, todos los puntos de una superficie esférica a partir de la antena tienen la misma energía.

Una antena direccional tiene un diseño que le permite dirigir la energía electromagnética en direcciones específicas. Son ejemplos de estas antenas las antenas dipolo, Yagi y parabólicas. En la mayoría de las aplicaciones de redes WLAN, se necesita una distribución de energía más bien por área que por volumen. Ejemplo, en oficinas, casas particulares, hoteles, etc. Entonces se observa una pérdida de energía hacia el techo o cielo, energía que se traduce en interferencia a otras redes y en consumo innecesario de electricidad.

En la Figura 4 se observa la congestión que presentan las redes WiFi en la ciudad de Santiago del Estero. Se han detectado 8 redes en un mismo punto. Todas ellas con la misma calidad de señal e interfiriendo unas con otras.



Figura 4. Redes WiFi disponibles en un edificio céntrico de Santiago del Estero

2.8 Canales disponibles y el factor de reutilización

La red WiFi de 2.4 GHz dispone de 14 canales diferentes para transmisión. Los canales se muestran en la Figura 5. Sin embargo, con un ancho de banda de 22 MHz y una separación de tan solo 5 MHz entre canales, existe un solapamiento entre canales adyacentes por lo que de todos los canales disponibles, solo se pueden utilizar en la misma área 3 canales. Los canales sin solapamiento son el canal 1 a 2.412 GHz el

canal 6 a 2.437GHz y el canal 11 a 2.462GHz [Andrade, 2008], [Flickenger, 2006]

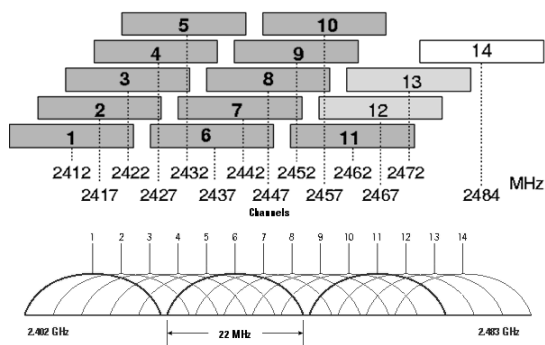


Figura 5. Canales WiFi en la banda de 2.4 GHz

En 5GHz, WiFi dispone de 22 canales de 20 MHz de ancho de banda o de 11 canales de 40 MHz de ancho de banda, aunque se advierte que se si utiliza simultáneamente WiMAX, serán 18 canales para WiFi y 4 canales para WiMAX, como se aprecia en la Figura 6 (CISCO, 2008)

El factor de reutilización es un número que indica la posibilidad de transmitir simultáneamente en una misma área, en diferentes frecuencias y sin interferencia entre ellas. Como se comento en el párrafo anterior, el factor de utilización de WiFi a 2.4GHz es de 3, para 5 GHz es de 22 en caso de no utilizar WiMAX simultáneamente

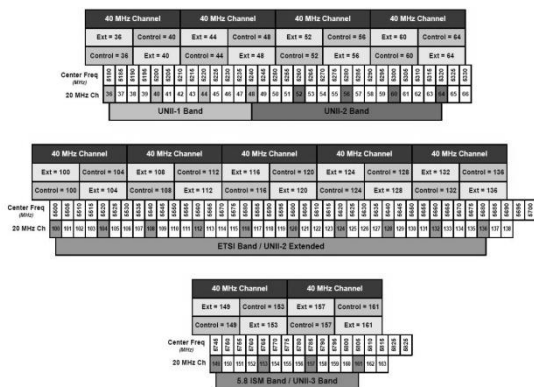


Figura 6. Canales disponibles en la banda de 5GHz para WiFi y WiMAX

En el presente, la red ISM de 2.4 MHz se encuentra congestionada, dada la extensiva utilización de la popular norma 802.11g a 54 Mbps. Como alternativa, la banda ISM de 5 GHz presenta mayor cantidad de canales y un mayor factor de reutilización pero como desventaja, tiene un menor alcance (ecuación (1)).

En conclusión, el recurso de ancho de banda en las redes inalámbricas es muy limitado y restringido. Es necesario proveer administración,

seguridad y control de potencia como así también mediciones de espectro para asegurar un funcionamiento óptimo desde la perspectiva de la red y calidad de servicio desde la perspectiva del usuario.

En la sección 3 se explican procedimientos para el diseño de redes inalámbricas en entornos metropolitanos.

3 DISEÑO DE REDES EN ESPACIOS INTERIORES

3.1 Redes en el Hogar

La red por excelencia para el hogar es la WiFi. Del análisis realizado en la sección 2 se desprende que el protocolo 802.11 es el indicado para conectar dispositivos de uso común ya sean PC portátiles, teléfonos inteligentes, impresoras etc. Los parámetros de diseño son:

1. Ubicación del punto de acceso: Buscar un lugar en el centro de la casa. De esta manera se consigue una uniformidad en la señal
2. Tener en cuenta la atenuación en paredes y muebles. En una casa promedio, la atenuación con paredes interiores delgadas y muebles es de 45dB
3. Combinar el punto de acceso WiFi con el router a Internet del proveedor
4. Control de potencia: disminuir la potencia de emisión para evitar radiación fuera de los límites del hogar.
5. Configurar la seguridad en el router de acceso, utilizando clave de acceso.
6. Direccionalidad y reutilización: no son necesarios
7. Si es posible, utilizar un canal distinto a los vecinos para evitar interferencias

3.2 Redes en oficinas

En edificios de oficinas, se requiere un acceso con calidad de servicio para asegurar las aplicaciones tales como videoconferencia, transferencia de archivos o acceso a internet. El factor de utilización es alto en horas comerciales y por tanto la directiva más importante es asegurar un acceso rápido y evitar congestión. Por las características descritas en la sección 2, se puede optar por WiFi o WiMAX. La estrategia para cada tecnología se resume en el diagrama de flujo de la figura 7:

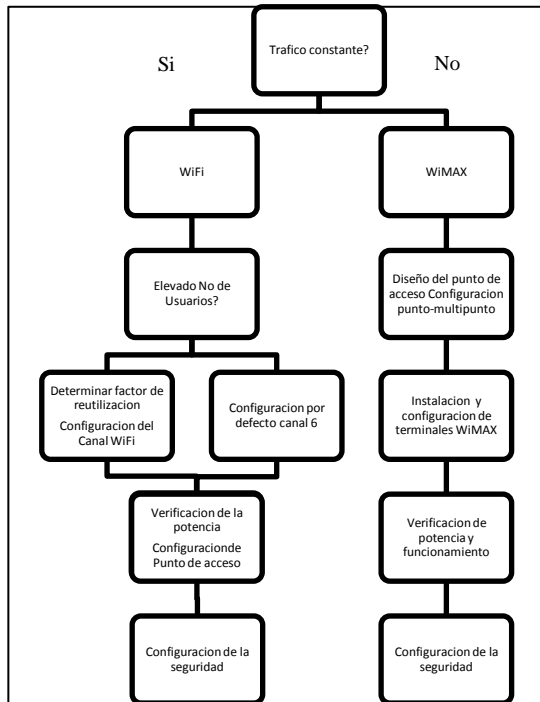


Figura 7. Diagrama de flujo para una red inalámbrica en oficinas

3.3 . Redes en edificios de propiedad horizontal

Se considera que un edificio de departamentos posee una carga promedio baja o moderada siendo la tecnología más adecuada la WiFi. Se puede acudir a un diseño en volumen, utilizando la señal en varios pisos, como se muestra en la Figura 8. El edificio consta de 6 pisos y 3 departamentos por piso.

En este caso se prefiere una configuración con varios puntos de acceso, con antenas isotrópicas que permitan emitir la señal tanto horizontalmente como en vertical. En la Figura 8 se observan dos puntos de acceso WiFi para un edificio de 6 plantas. Luego de verificar la calidad de la señal, se conforma una red inalámbrica para todos los departamentos del consorcio. Se puede utilizar la Tabla 4 como de diseño. En el apartado “factible”, el número debe ser positivo.

Tabla 4. Parámetros de diseño para red en propiedad horizontal

	Paredes[dB]	Muebles[dB]	Factible
Atenuación Vertical	40	20	8
Atenuación Horizontal	45	20	3
Factor de reutilización	No		
Configuración de canal	Único		
Antenas	Isotrópicas		
Red de Backbone	Si		
Seguridad	Si		

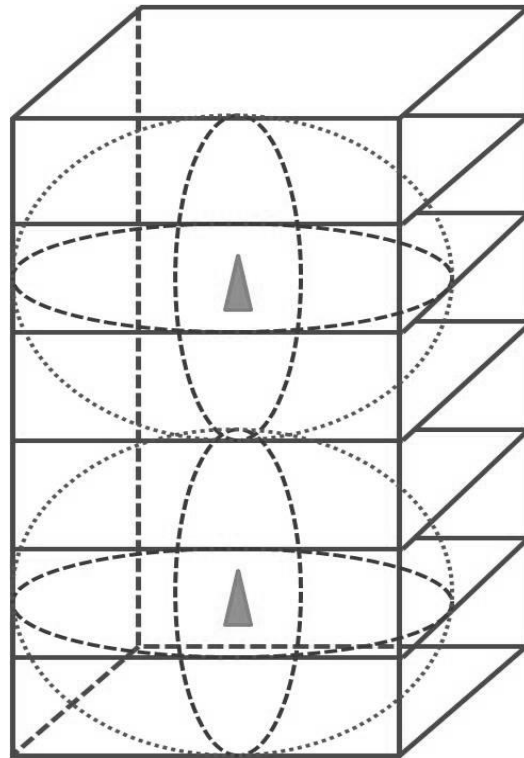


Figura 8. Puntos de acceso para una red WiFi en un edificio de propiedad horizontal

4 DISEÑO DE REDES EN ESPACIOS EXTERIORES PUBLICOS

4.1 Características del Diseño

Los espacios públicos son propicios para el uso de redes inalámbricas de acceso irrestricto, posiblemente redes públicas gratuitas. Es difícil determinar qué utilidad den los usuarios a estas redes, pero se debe proveer control de ancho de banda para evitar abusos en el uso del recurso. Tomando como parámetro el cálculo realizado en la sección 2.6, se presenta a continuación una solución para una plaza, combinando tecnología WiFi y WiMAX. En la Figura 9 se presenta un esquema de la disposición de los puntos de acceso. De acuerdo al espacio disponible, se dibujan áreas de cobertura de 35 m para completar el espacio total, resultando en 9 subareas. Lo más común es pretender cubrir todo el espacio con una sola celda WiFi lo que es un error de diseño. Con una sola celda WiFi solo se podrán conectar 20 usuarios satisfactoriamente, como se vio en la sección 2.3

Teniendo en cuenta el análisis del apartado 2.3, se anticipa que con una red WiFi se conseguirán transmitir paquetes de datos con una probabilidad del 68 % para 20 usuarios por celda, lo que da una capacidad de transmisión de 180 usuarios sin factor de reutilización y un máximo de 540

usuarios utilizando los canales 1, 6 y 11 a 2.4 GHz

La característica distintiva de diseño de redes en espacios exteriores radica en cómo se pueda proveer el acceso a internet. En este caso una alternativa es utilizar la configuración estrella. La configuración se muestra en la Figura 9. Se utiliza un único punto de acceso hacia internet y un protocolo de enrutamiento que permita a los restantes puntos de acceso utilizar esa única conexión.

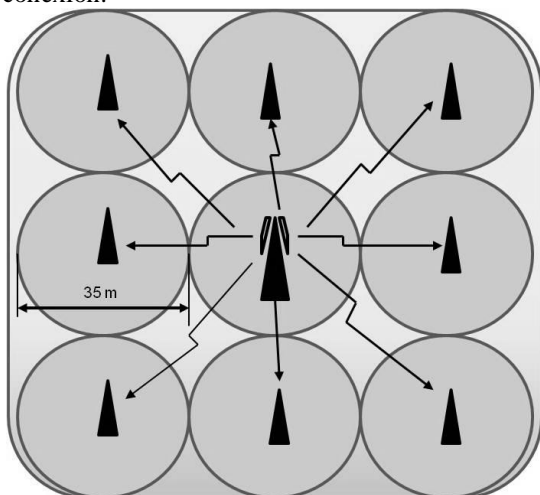


Figura 9. Disposición de puntos de acceso en una plaza y acceso a internet

En la Tabla 5 se resumen los parámetros de diseño:

	Mts	A AP mts	Cant
Área a cubrir	10000	1225	8,2
Numero de usuarios	180	20	9,00
Factor de reutilización	No		
Configuración de canal	Único		
Antenas	Dipolo		
Red de Backbone	WiMAX		

Se divide el área total en el área cubierta por un punto de acceso, lo que resulta en la cantidad mínima de puntos de acceso para el espacio a cubrir. Luego, de la cantidad de usuarios por punto de acceso calculada en la sección 2, se determina el número de usuarios simultáneos que puede abastecer el sistema sin entrar en congestión. Para asegurar el acceso de cualquier usuario, se configura el sistema con canal único y se modifican los puntos de acceso instalándoseles antenas dipolo cuyo patrón de radiación evita la propagación de energía hacia el cielo.

5 PRINCIPALES RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Se investigaron los protocolos más adecuados para la transmisión de datos vía radiofrecuencia. Para redes pequeñas y de pequeño alcance se impone WiFi por su simplicidad y por ser un estándar ampliamente disponible en dispositivos móviles. No es recomendable forzar redes WiFi a desempeñarse en escenarios para los que no están específicamente diseñadas, es decir, situaciones de alta tasa de transferencia simultánea y aéreas de cobertura mayor de 35 mts.

En redes hogareñas se advierte un exceso de potencia que interfiere con los vecinos. Es recomendable utilizar equipos de transmisión con antenas que permitan intercalar atenuadores y seleccionar una buena ubicación de los puntos de acceso.

Se realizó un cálculo cuantitativo en edificios de propiedad horizontal, para un edificio de seis plantas y tres departamentos por planta, determinándose que un punto de acceso podría suministrar acceso a tres pisos.

En un edificio de oficinas, pueden elegirse tanto la tecnología WiMAX como la tecnología WiFi. Ambas elecciones requieren la asistencia de un especialista en redes para el diseño y se recomienda utilizar el diagrama de flujo mostrado en la Figura 7.

En espacios públicos, se recomienda el uso de una red malla para combinar las fortalezas de las redes WiFi y WiMAX.

A partir de esta investigación se desprenden las siguientes nuevas aéreas de interés:

- Mediciones de radiofrecuencia en ciudades, para determinar el uso efectivo del espectro radioeléctrico.
- Confección de mapas de redes con sus alcances. Televisión Digital, FM, WiFi y WiMAX
- Confección de software de simulación y diseño libre disponible para fines académicos en la pagina del ITA-CETT

REFERENCIAS

- Alizadeh M, Dziauddin R, Kaleshi D & A Doufexi, A comparative study of mixed traffic scenarios for different scheduling algorithms in WiMAX, *Vehicular Technology Conference, VTC 2012 75 IEEE Conference*
- Andrade A, Salas H & S Paredes, *Tecnología Wi Fi*, Comisión Nacional de Comunicaciones CNC, Buenos Aires, Argentina, 2008.
- Bianchi G, Fsatta L & M Oliveri, Performance Evaluation and Enhancement of the CSMA/CA MAC protocol for 802.11 Wireless LANs, *Personal, Indoor and Mobile Radio Communications, 1996 PIMRC96 Seventh IEEE International Symposium*, Vol.2 392-396
- CISCO Systems, *CISCO 1140 Series Access Point Deployment Guide*, San José, USA, 2008
- Flickenger R, *Redes Inalámbricas en los Países en Desarrollo*, Limehouse Sprint Team, Londres 2006.
- Linksys CISCO Consumers Business Group, *WRT610N Simultaneous Dual Band Wireless Router datasheet*, Irvine USA, 2008.