

## LTE vs. WiMAX

*Ing. Yanela Fernández Cruz<sup>1</sup>, Dr. Ing. Francisco Marante Rizo<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>*Instituto Superior Politécnico “José Antonio Echeverría”. [prodriguez@arquitectura.cujae.edu.cu](mailto:prodriguez@arquitectura.cujae.edu.cu)*

<sup>2</sup>*Instituto Superior Politécnico “José Antonio Echeverría”. Doctor en Ciencias Técnicas,  
[marante@electronica.cujae.edu.cu](mailto:marante@electronica.cujae.edu.cu)*

### RESUMEN

Las tecnologías de comunicaciones móviles se han desarrollado rápidamente en los últimos años, debido al aumento de la demanda de servicios de Internet desde terminales móviles con una mejor calidad de los servicios ofrecidos. Para cumplir con esto, la industria de telecomunicaciones inalámbricas ha trabajado con el fin de mejorar la función global del sistema aumentando su capacidad, además de optimizar la eficiencia espectral y reducir la latencia. Las tecnologías WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access) y LTE (Long Term Evolution), han emergido con la meta de proveer voz, datos, video y servicios multimedia en teléfonos móviles a altas velocidades y con un bajo costo.

Palabras claves: móvil, red, tecnología

### ABSTRACT

*Mobile communication technology has evolved rapidly over the last few years due to increasing demands such as accessing Internet services on mobile phones with a better quality of the offered services. In order to fulfill this, wireless telecommunication industry worked hard in order to enhance the overall system performance by increasing the capacity of the system along with improving spectral efficiencies while reducing latencies. For this, two technologies, called WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access) and LTE (Third Generation Partnership Project Long Term Evolution), have emerged with an aim of providing voice, data, video and multimedia services on mobile phones at high speeds and cheap rates.*

*Key words: mobile, network, technology*

## INTRODUCCIÓN

En ocasiones, cuando los dispositivos móviles se hacen más populares las redes móviles se hacen más importantes. Los sitios Web no son los mismos de hace 10 años atrás, consisten en imágenes de alta calidad, animaciones, aplicaciones flash y más. También la demanda de Internet móvil ha crecido significativamente. Según el navegador móvil de Ópera, el número de páginas vistas ha ascendido de aproximadamente 1.8 billones de páginas en enero de 2008 a 23 billones de páginas en enero de 2010<sup>1</sup>.

Todo lo anterior conduce a un incremento de la cantidad de datos. Las llamadas y el envío de mensajes constante desde teléfonos móviles requieren más transmisión de datos hoy en día. Ya no existen sólo llamadas simples y mensajes pequeños, hay también video telefonía, mensajes multimedia, entre otros servicios. Las laptops y tabletas se están volviendo cada vez más populares y las personas quieren acceder a Internet desde sus dispositivos móviles en cualquier parte<sup>2</sup>. Además quieren jugar u observar videos en Internet mientras van camino del trabajo o la escuela. Existen también servicios, como la televisión IP que incrementa la necesidad de altas velocidades de transferencia.

Estos ejemplos muestran que la demanda de altas velocidades de transferencia y mejor disponibilidad de conexiones móviles a Internet aumenta cada vez más, así que es sólo cuestión de tiempo que el alcance actual de las redes de telecomunicaciones llegue a sus límites. Las redes de nueva generación, WiMAX y LTE, prometen brindar mejores velocidades de transferencia, menor latencia, mejor disponibilidad y la satisfacción de las necesidades de los clientes, pero también deben ser más efectivas.

Este artículo provee una visión general de estas tecnologías, LTE y WiMAX, realizando una comparación entre ambas.

## ACTUALIDAD

Actualmente, la infraestructura de la red móvil incluye tecnologías 2G (segunda generación) y 3G (tercera generación). GSM (Global System for Mobile Communications) es la tecnología móvil de 2G y emplea conmutación de circuitos para la comunicación. Ésta fue mejorada por GPRS (General Packet Radio Service) también conocida como 2.5G (generación 2.5) y EDGE (Enhanced Data rates for GSM Evolution) conocida como 2.75G (generación 2.75), que proveían funcionalidad IP y una tasa de transferencia de datos de hasta 1.3 Mbps en el enlace descendente y de 653 kbps en el enlace ascendente<sup>3</sup>.

Dentro de la 3G (tercera generación) de las redes de comunicaciones se encuentra UMTS (Universal Mobile Telecommunications System) y sus mejoras HSDPA (High-Speed Downlink Packet Access) y HSUPA (High-Speed Uplink Packet Access), ambas también conocidas como las redes de 3.5G (generación 3.5). Las máximas velocidades de transferencia para redes móviles 3G pueden ser alcanzadas con HSPA (High-speed Data Access) como se muestra en Figura 1.

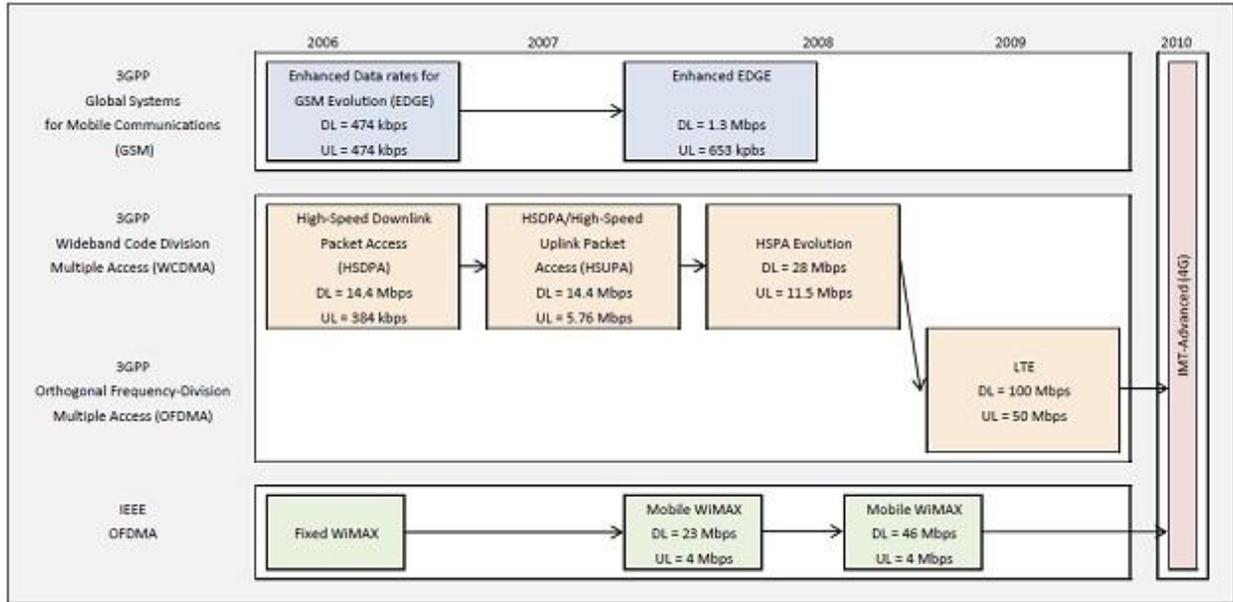


Figura 1. Visión general de las redes de telecomunicaciones actuales<sup>3</sup>.

Todas estas tecnologías han sido estandarizadas, ya sea por 3GPP (3rd Generation Partnership Project) o por IEEE (Institute of Electrical and Electronic Engineers). Las redes móviles de tercera generación pueden alcanzar muy altas tasas de transferencia comparadas con las redes de segunda generación, pero tienen costos de servicio más altos. Comparadas con GSM, UMTS y HSDPA no proveen cobertura total<sup>3</sup>.

Con el objetivo de formar nuevos estándares de comunicación camino a la 4G (cuarta generación), la ITU (International Telecommunication Union) emprendió la iniciativa IMT-Advanced (International Mobile Telecommunications-Advanced). WiMAX y LTE cumplen la mayoría de los requisitos de IMT-Advanced, aunque son consideradas como 3.9G (generación 3.9) aun cuando las compañías de telecomunicaciones usan el término 4G (cuarta generación) al comercializar WiMAX y LTE.

La Tabla 1 y la Tabla 2 muestran algunas de las especificaciones de las tecnologías WiMAX y LTE, respectivamente.

Tabla 1. Resumen de las especificaciones de WiMAX<sup>3</sup>.

	<u>WiMAX</u> versión 1.0
Generación	3.9G
Primera Edición	2005
Capa Física	Enlace Descendente: OFDMA Enlace ascendente: OFDMA
Modo dúplex	<u>Duplexación</u> por división en el tiempo (TDD)
Movilidad del usuario	60 a 120 <u>kmph</u>
Cobertura	Hasta 50 km
Ancho de banda del canal	3.5, 5, 7, 8.75, 10 MHz
Tasa pico de datos	Enlace descendente: 46 Mbps (2 x 2 antenas) Enlace ascendente: 4 Mbps (1 x 2 antenas) En 10 MHz, TDD 3:1 (radio descendente/ascendente)
Eficiencia espectral	Enlace descendente: 1.91 bps/Hz (2 x 2) Enlace ascendente: 0.84 bps/Hz (1 x 2)
Latencia	Capa de enlace: 20 ms aproximadamente <u>Handoff</u> : de 35 a 50 ms aproximadamente
Capacidad <u>VoIP</u>	20 usuarios por sector/MHz (TDD)
Otras características	Arquitectura basada en IP Compatible con 3G Soporta <u>QoS</u> (Calidad de Servicio)

Tabla 2. Resumen de las especificaciones de LTE<sup>3</sup>.

	LTE (3GPP versión 8)
<b>Generación</b>	3.9G
<b>Primera Edición</b>	2009
<b>Capa Física</b>	Enlace Descendente: OFDMA Enlace ascendente: SCFDMA
<b>Modo dúplex</b>	Duplexación por división en el tiempo (TDD) Duplexación por división en frecuencia (FDD)
<b>Movilidad del usuario</b>	Hasta 350 kmph
<b>Cobertura</b>	Hasta 100 km
<b>Ancho de banda del canal</b>	1.4, 3, 5, 10, 15, 20 MHz
<b>Tasa pico de datos</b>	Enlace descendente: 300 Mbps (4 x 4 antenas) Enlace ascendente: 75 Mbps (2 x 4 antenas) En 20 MHz, FDD
<b>Eficiencia espectral</b>	Enlace descendente: 1.91 bps/Hz (2 x 2) Enlace ascendente: 0.72 bps/Hz (1 x 2)
<b>Latencia</b>	Capa de enlace: menor que 5 ms Handoff: menor que 50 ms
<b>Capacidad VoIP</b>	80 usuarios por sector/MHz (FDD)
<b>Otras características</b>	Arquitectura basada en IP Compatible con 3G Soporta QoS (Calidad de Servicio)

## COMPARACIÓN

- Versión e implementación

WiMAX fue desarrollado y su primera versión se dió a conocer en 2005, mucho antes que LTE cuya versión se conoció en 2009. Actualmente hay 592 redes WiMAX en 149 países. Por otra parte, el uso comercial de LTE comenzó en 2009 y no está muy extendido aún. Ésta es una ventaja de WiMAX sobre LTE. LTE ha surgido recientemente y se enfrenta a una tecnología ya más difundida, WiMAX.

- Velocidades de transferencia

WiMAX alcanza velocidades de transferencia de 46 Mbps en el enlace descendente y hasta 4 Mbps en el enlace ascendente, mientras que LTE ofrece hasta 300 Mbps en el enlace descendente y 75 Mbps en el enlace ascendente. LTE es definitivamente superior a WiMAX en este caso. LTE soporta un mayor rango de ancho de banda del canal, de 1.4 MHz a 20 MHz, mientras que WiMAX de 3.5 MHz a 10 Mhz.

- Movilidad

WiMAX y LTE son redes móviles de telecomunicaciones, así es que tienen que ofrecer buenas características de movilidad. La cobertura de celdas y la eficiencia de potencia de los dispositivos son algunos de los factores más importantes.

- o Cobertura

Las señales WiMAX pueden alcanzar hasta 50 km pero esto es sólo adquirible con mucha pérdida en la calidad de la señal. WiMAX es mejor para distancias más cortas, de 1.5 km a 5 km. LTE, por otra parte,

puede cubrir hasta 100 km, lo cual es el doble de la cobertura WiMAX. LTE también ofrece conectividad a velocidades de hasta 350 kmph, por lo que es posible estar conectado a una red LTE cuando se está sentado en un tren de alta velocidad. WiMAX soporta velocidades de hasta 120 kmph, porque está optimizado para velocidades nómadas.

o Eficiencia de potencia

Los mecanismos de ahorro de potencia son esenciales en cualquier estándar que soporte dispositivos que funcionan con baterías. Esto es especialmente cierto para dispositivos móviles. Como WiMAX y LTE tienen la intención de aumentar las velocidades de transmisión con respecto a sus estándares previos, requieren conservación de potencia tanto en el circuito de hardware como en los protocolos. Un mecanismo clásico de ahorro de potencia en dispositivos de comunicación operados por batería, consiste en apagar el transceptor cuando no hay datos que transmitir o recibir. LTE usó este concepto para introducir la Recepción Discontinua (DRX) y la Transmisión Discontinua (DTX). El modo DRX tiene un ciclo encendido/apagado para el equipo del usuario. En el modo "encendido", el equipo puede transmitir y recibir datos. En el modo "apagado" no se comunica con otro equipo y puede ahorrar potencia. Incluso en la mitad de una conversación, el equipo puede estar apagado durante largas pausas, cuando ningún paquete está llegando o esperando por transmisión.

WiMAX también contempla un modo "dormir". En este modo se deja a un dispositivo hacer negociaciones con la estación base acerca de cuándo el dispositivo se apagará. La estación base no programará al usuario para la transmisión o recepción cuando el equipo esté apagado. El estándar WiMAX especifica tres clases de ahorro de potencia (tipo I, II y III). Estas clases varían el ciclo encendido/apagado y otros parámetros relacionados con el tipo de datos que está siendo transmitido. Por ejemplo, el tráfico de mejor esfuerzo (como una descarga de archivo) puede tener un largo período de apagado, la descarga se reanuda una vez que el equipo está encendido otra vez. Sin embargo, para una conversación en tiempo real, el equipo debe estar encendido cuando llega el tráfico nuevo.

• Calidad de servicio<sup>3</sup>

WiMAX y LTE tienen la intención de soportar calidad de servicio (QoS), asignándoles un ancho de banda a los usuarios que satisfaga sus demandas. Esto habilita aplicaciones multimedia como video o audio fluido. Como LTE evolucionó de estándares celulares, la característica de soportar QoS fue necesaria y natural; una conversación de voz requiere suficiente asignación de recursos. WiMAX también soporta QoS, de hecho, WiMAX y LTE usan acceso basado en reservaciones, lo que significa que usan tramas para reservar recursos para una conexión. WiMAX divide el tiempo en tramas. La duración de una trama WiMAX se encuentra en el rango de 2 ms a 20 ms. Cada trama consiste en porciones de enlace descendente y de enlace ascendente. El tráfico descendente va de la estación base a un suscriptor o estación móvil. El tráfico ascendente va de un móvil o suscriptor a la estación base. Al inicio de una trama, la estación base transmite el mapa del enlace descendente y del enlace ascendente. Estos mapas especifican la asignación de recursos durante una trama (ver Figura 2a). LTE, de manera similar, divide el tiempo en tramas (ver Figura 2b). Cada trama dura 10 ms y consiste de 10 subtramas de 1 ms cada una. Las subtramas 0 y 5 están siempre reservadas para el enlace descendente, esto permite a la estación base transmitir cualquier información especial para gestionar las transmisiones siguientes. LTE usa un concepto llamado switchpoint (punto de conmutación) que designa cuándo la transmisión cambia entre el enlace descendente y el enlace ascendente. Esto puede ocurrir múltiples veces en una trama. Por ejemplo, en la Figura 2b, hay un "punto de conmutación" en la subtrama 1. Esto quiere decir que la

subtrama 0 es un enlace descendente y la subtrama 1 comienza con un enlace descendente, continúa con un período de guarda, y finaliza con un enlace ascendente. Las subtramas 2, 3, y 4 continúan el enlace ascendente hasta que se alcanza la subtrama 5, que es un enlace descendente. En la segunda mitad de la trama, las subtramas 5 y 6 son enlaces descendentes y las subtramas 8 y 9 son enlaces ascendentes.

Una mirada más cercana a la asignación de recursos en WiMAX y LTE indica que el tipo de tráfico influye en estas dos tecnologías. El método "punto de conmutación" de LTE ofrece una forma más dinámica de ubicar el tráfico, porque podemos alternar de un enlace ascendente a un enlace descendente varias veces en una trama. El intercambio entre el enlace ascendente y el enlace descendente soporta el tráfico en ambas direcciones con demoras pequeñas.

Aunque WiMAX es también flexible, y puede ubicar el tráfico entre el enlace ascendente y el enlace descendente en cualquier proporción, proviene de estándares de red. El tráfico de enlace descendente desde Internet hacia una computadora excede el tráfico de enlace ascendente desde una computadora hacia Internet. Sin embargo, ambos, WiMAX y LTE soportan adecuadamente tráfico de voz y de datos.

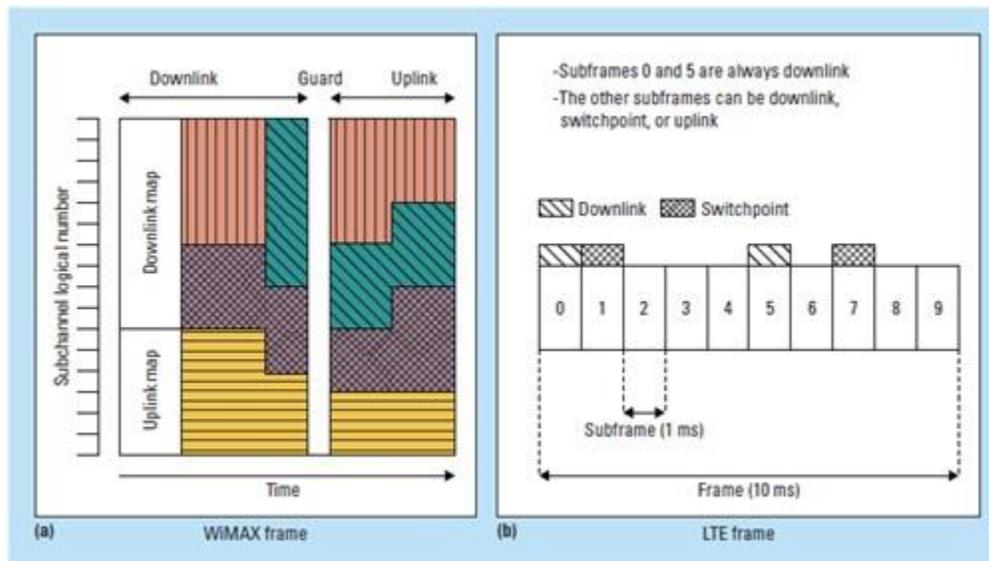


Figura 2. Acceso WiMAX y LTE basado en reservaciones usando el concepto de tramas. a) Tramas del estándar WiMAX (los diferentes colores representan a los diferentes usuarios), b) Tramas del estándar LTE<sup>3</sup>.

- Seguridad

En lo concerniente a los aspectos de seguridad, LTE y WiMAX están al mismo nivel. Ambos ofrecen técnicas y protocolos que aseguran conexiones seguras<sup>3</sup>.

WiMAX provee privacidad a fin de que los curiosos (eavesdroppers) no puedan leer los datos transmitidos a través de la red, también provee autenticación a fin de que usuarios no autorizados no puedan usar los servicios de la red. El estándar IEEE 802.16 (WiMAX) define una subcapa de seguridad en el fondo de la capa MAC (Medium Access Control). Esta subcapa tiene dos protocolos: PKM (Privacy and Key Management) y un protocolo de encapsulación. El protocolo PKM distribuye las llaves de

seguridad entre la estación base y el suscriptor o la estación móvil, y el protocolo de encapsulación encripta los datos transmitidos. WiMAX también presenta un algoritmo (Multicast and Broadcast Rekeying Algorithm) para refrescar el tráfico de llaves y así garantizar los servicios seguros de multidifusión (multicast) y radiodifusión (broadcast). LTE provee mecanismos similares de seguridad, usando llaves de seguridad entre los dispositivos móviles y la estación base para encriptar la comunicación. El estándar LTE presenta un protocolo de derivación de llaves además de otros mecanismos, como el reinicio de conexión si se detecta una llave corrupta.

- Versiones futuras<sup>3</sup>

Ambas tecnologías están todavía en desarrollo y lejos de ser completadas. Prometen velocidades de transferencia aún más altas y cumplir con todos los requisitos de IMT-Avanzado. Todavía demora su disponibilidad para todo el mundo, pero hasta entonces, existen versiones actuales de WiMAX y LTE.

La Tabla 3 y la Tabla 4 muestran algunas de las especificaciones de las tecnologías WiMAX 2.0 y LTE-Avanzado respectivamente.

**Tabla 3. Resumen de las especificaciones de WiMAX 2.0.**

	<b>WiMAX versión 2.0</b>
<b>Generación</b>	4G
<b>Edición esperada</b>	2011
<b>Capa Física</b>	Enlace Descendente: OFDMA Enlace ascendente: OFDMA
<b>Modo dúplex</b>	Duplexación por división en el tiempo (TDD) Duplexación por división en frecuencia (FDD)
<b>Movilidad del usuario</b>	Hasta 350 kmph
<b>Cobertura</b>	Hasta 50 km
<b>Ancho de banda del canal</b>	5, 10, 20, 40 MHz
<b>Tasa pico de datos</b>	Enlace descendente: mayor que 350 Mbps (4 x 4 antenas) Enlace ascendente: mayor que 200 Mbps (2 x 4 antenas) En 20 MHz, FDD
<b>Eficiencia espectral</b>	Enlace descendente: mayor que 2.6 bps/Hz (2 x 2) Enlace ascendente: mayor que 1.3 bps/Hz (1 x 2)
<b>Latencia</b>	Capa de enlace: menor que 10 ms Handoff: menor que 30 ms
<b>Capacidad VoIP</b>	mayor que 30 usuarios por sector/MHz (TDD)
<b>Otras características</b>	Arquitectura basada en IP Compatible con 3G Soporta QoS (Calidad de Servicio)

Tabla 4. Resumen de las especificaciones de LTE-Avanzado.

	LTE-Avanzado (3GPP versión 10)
<b>Generación</b>	4G
<b>Edición esperada</b>	2011
<b>Capa Física</b>	Enlace Descendente: OFDMA Enlace ascendente: SCFDMA
<b>Modo dúplex</b>	Duplexación por división en el tiempo (TDD) Duplexación por división en frecuencia (FDD)
<b>Movilidad del usuario</b>	Hasta 350 kmph
<b>Cobertura</b>	Hasta 100 km
<b>Ancho de banda del canal</b>	Hasta 100 MHz
<b>Tasa pico de datos</b>	Enlace descendente: 1 Gbps Enlace ascendente: 300 Mbps
<b>Eficiencia espectral</b>	Enlace descendente: 30 bps/Hz Enlace ascendente: 15 bps/Hz
<b>Latencia</b>	Capa de enlace: menor que 5 ms Handoff: menor que 50 ms
<b>Capacidad VoIP</b>	mayor que 80 usuarios por sector/MHz (FDD)
<b>Otras características</b>	Arquitectura basada en IP Compatible con 3G Soporta QoS (Calidad de Servicio)

## CONCLUSIONES

WiMAX tiene muchas implementaciones en todo el mundo y muchas compañías de telecomunicaciones están involucradas en actividades relacionadas con esta tecnología. Por otra parte, el desarrollo de LTE ha tomado velocidad, lo cual ha hecho que algunas compañías de telecomunicaciones dejen de usar WiMAX y comiencen a utilizar LTE.

Cisco anunció que dejará de ofrecer soluciones WiMAX7. Alcatel-Lucent ha hecho un anuncio similar. Esto no quiere decir que las compañías tendrán que discontinuar sus ofertas WiMAX. WiMAX y LTE todavía pueden coexistir, pero desde que LTE ha sido desarrollado por compañías de telecomunicaciones, estas tienen la ventaja de poder escoger qué tecnología prefieren para su avance.

Ser desarrollado por el 3GPP le da a LTE otra ventaja, porque el 3GPP también creó redes de telecomunicaciones de generaciones previas como GSM y UMTS. Esto da facilidades para implementar características como el hand-over de LTE para UMTS o GSM en áreas donde no hay recepción de radio LTE. En esos casos vale más tener una conexión 2G o 3G más lenta que de no tener conexión.

WiMAX le ha estado apuntando a los mercados emergentes con infraestructura pequeña. Es más barato desplegar una red WiMAX que colocar una infraestructura cableada. También Intel ha anunciado que incluirá chips WiMAX en su plataforma móvil. Esto hará incentivo el hecho de adoptar éstas redes cada vez más.

WiMAX se quedará al menos en aplicaciones de ambiente adecuado. Muchas compañías de telecomunicaciones ven el futuro de las redes de comunicaciones móviles en LTE. Algunas compañías ya cambiaron de WiMAX a LTE, otras compañías piensan hacer el cambio.

En resumen, LTE tomará la delantera como red de telecomunicación de nueva generación, también porque fue desarrollada por el 3GPP que ya especificó GSM, UMTS y sus mejoras. Esto no quiere decir que WiMAX no tenga futuro. WiMAX se quedará como un competidor en aplicaciones de ambiente adecuado o donde tenga demanda.

## REFERENCIAS

1. "State of the mobile Web, January 2010," Opera tech. report, Jan. 2010;  
<http://www.opera.com/smw/2010/01/>.
2. Lowe, S, "LTE vs WiMAX," in Hot Topics Forum: LTE vs WiMAX and Next Generation Internet, 2007 Institution of Engineering and Technology, 2007.
3. Eberle, D, Computer Engineering B.Sc., "LTE vs. WiMAX 4th generation telecommunication networks", Berlin Institute of Technology, Germany.
4. Cont, J, "LTE vs WiMAX: the battle continues", Engineering Technology, 2010.
5. Chang, M. ; Abichar,Z. and Hsu, C.-Y. "WiMAX or LTE: Who will lead the broadband mobile internet?" IT Professional, vol. 12, no. 3, 2010.
6. <http://www.wimaxforum.org/>.
7. [http://www.computerworld.com/s/article/9167098/Cisco quits WiMAX\\_ radio busines](http://www.computerworld.com/s/article/9167098/Cisco_quits_WiMAX_radio_busines).