

22 de octubre de 2013

La banda de 450 MHz para LTE en América Latina: situación actual y recomendaciones de política

Omar de León

1. Principales ventajas de la tecnología LTE 450

1.1 Ventajas de la banda de frecuencias de 450 MHz

En teoría, la propagación de ondas en el espacio libre (sin obstáculos) es tal que manteniendo constante la potencia en la antena transmisora, al igual que las ganancias y las alturas de las antenas transmisora y receptora, la potencia recibida es inversamente proporcional a la frecuencia y a la distancia. Como consecuencia, si se duplica la frecuencia, se logra la misma potencia recibida a la mitad de distancia de la estación transmisora. Dada esta relación entre frecuencia y cobertura, al reducir la frecuencia a la mitad se duplicaría la distancia de la cobertura y se cuadruplicaría el área cubierta. Ésta es la base de las ventajas del uso de frecuencias más bajas para alcanzar mayores coberturas. Asimismo, estas frecuencias también tienen más penetración en los edificios.

Las frecuencias más bajas, como la de 450 MHz, no son imprescindibles en las ciudades. En áreas con alta densidad poblacional, se procura reducir la cobertura para cubrir un menor número de usuarios cuya demanda pueda ser manejada por una radiobase. En sistemas establecidos, en la medida en que aumenta la cantidad de abonados y, por tanto, el tráfico servido por las radiobases, progresivamente se baja su altura para reducir la cobertura. Esto es lo que se llama diseño de radiobases definido por el tráfico, no por la cobertura.

La situación es diferente en zonas con baja densidad, suburbanas, rurales o dispersas. En éstas, el número de abonados y, por lo tanto, de tráfico que debe transportar una radiobase, es mucho menor que en las ciudades, siendo necesario aumentar la cobertura para explotar mejor las inversiones en radiobases sin que se saturen. El uso de frecuencias como la de 450 MHz es la alternativa más eficiente en términos de cantidad de radiobases necesarias; por ejemplo, en teoría cada radiobase en esa frecuencia cubre el doble de distancia y 4 veces más superficie que utilizando la banda de 900 MHz.

El uso de un número menor de radiobases para cubrir una misma área permite reducir sustancialmente los costos de capital (CAPEX) y operativos (OPEX) de la red de acceso de radiobases y la transmisión hacia ellas (*backhaul*); la disminución es del orden de 60% del CAPEX total en infraestructura de conmutación, transmisión y acceso a la red móvil.

1.2 La tecnología LTE

Luego de una larga evolución tecnológica, con varios estándares, la tendencia actual es hacia la consolidación de dos tecnologías 4G que cumplen las condiciones de tecnología IMT-Advanced (International Mobile Telecommunications-Advanced) definidas por la UIT: (i) la IEEE 802.16m y (ii) LTE Advanced¹.

Las principales mejoras introducidas por la versión 10 de LTE² son la posibilidad de agregar bandas de espectro (portadoras) hasta un máximo de 100 MHz cuando no se dispone de espectro continuo, el uso avanzado de la tecnología MIMO (*Multiple-input, Multiple-output*) con varias antenas para transportar múltiples flujos de datos y la transmisión simultánea por múltiples celdas. Estos avances permiten aumentar los picos de velocidades disponibles para el usuario y, por lo tanto, mejoran su experiencia. Se esperan otros avances con la versión 11 (congelada por el 3GPP en septiembre de 2012): mejora de los sistemas MIMO y de los sistemas de coordinación para evitar interferencias, y *Mobile Relay* sobre vehículos conectados a macro celdas. Otras versiones como la 13 y la 14, que se encuentran en proceso, incluyen comunicaciones directas entre terminales.

¹ LTE Advanced tiene las prestaciones y características principales de las versiones 8 y 9 de LTE y es compatible con ellas. En particular, los terminales de las versiones 8 y 10 pueden trabajar indistintamente con las radiobases 8 y 10.

² El 3rd. Generation Partnership Project (3GPP) publicó el estándar en su versión 10 en marzo de 2011; posteriormente congeló las prestaciones establecidas para el LTE-Advanced.

Varios países iniciaron los despliegues de LTE–Advanced en 2013. La tecnología LTE sigue un camino evolutivo importante que acompaña los despliegues en curso con el aseguramiento de su compatibilidad hacia atrás. Los objetivos de los despliegues iniciales de LTE incluyen³:

1. Tasa de datos instantánea de pico de bajada de 100 Mbps en atribuciones de 20 MHz, o sea 5 bps / Hz.
2. Tasa de datos instantánea de pico de subida de 50 Mbps en atribuciones de 20 MHz, o sea 2,5 bps / Hz.
3. Flexibilidad de espectro escalable para operar en 1,4; 3; 5; 10; 15 y 20 MHz de subida y de bajada pareada o no pareada.

Como los servicios de voz siguen siendo una importante fuente de ingresos para los operadores (entre 60% y 70%), deben ser considerados cuidadosamente. Los sistemas LTE son totalmente IP y están optimizados para la transferencia de datos, no incluyendo capacidades de conmutación de circuitos para voz y SMS. Esta restricción afecta a los operadores, quienes, en una primera fase, optan por hacer el *fallback* a la tecnología 3G, disponible en todas sus radiobases, antes de iniciar una llamada, usando la tecnología CSFB (*Circuit Switched Fallback*). Otros operadores transmiten la voz directamente sobre LTE o VoLTE (Voice over LTE – especificación GSMA VoLTE IR.92). Para ello, necesitan un núcleo (core) de red con arquitectura IMS (*IP Multiservices Subsystem*) y una red de acceso LTE; además su núcleo de paquetes evolucionado (*Evolved Packet Core*) debe soportar VoLTE.

1.3 Rendimiento comparado del espectro con LTE y CDMA

Un parámetro usual de comparación de estas tecnologías es el rendimiento en el uso del espectro expresado en bps / Hz. Esta variable, aunque teóricamente importante, debe ser evaluada en su uso normal más que en la velocidad de pico de la radiobase, pues esta no considera la cantidad de usuarios sobre una misma radiobase, la pérdida de velocidad por el uso de codificaciones de control de error, las interferencias, ruidos y pérdidas por distancia u obstáculos, entre otros factores. Debido a que, en este nivel, se encuentran pocas diferencias entre LTE y CDMA (*Code División Multiple Access*), sobre todo si se miden en la capa física, a continuación se las compara en la experiencia del usuario, en la que la primera presenta importantes ventajas.

La LTE incorpora varias técnicas no disponibles en las tecnologías CDMA que tienden a solucionar los problemas mencionados. Por esta razón, si bien la LTE y otras tecnologías previas muestran los mismos valores de velocidad de pico de datos de radiobase para un mismo espectro, la experiencia del abonado es mucho mejor con LTE. En esta, se usa, por ejemplo, la modulación adaptativa, en que la transmisión considera un balance variable entre la velocidad de datos y la tasa de error. Cuando el usuario se encuentra más cerca, se reduce el control de error por lo que sube la velocidad de datos útiles, y al contrario cuando se deterioran las condiciones.

También se emplea la tecnología OFDM (*Orthogonal Frequency Multiple Access*), que provee a cada usuario una subportadora única; así los servicios que recibe no son influidos por los demás usuarios que entran a la celda. Por el contrario, con las tecnologías CDMA⁴, como todos los usuarios comparten la misma frecuencia, estos se separan solamente por algoritmos matemáticos que obligan a la “respiración” de la celda, es decir, su cobertura se contrae o expande según la cantidad de usuarios que soporta.

Adicionalmente, la LTE desarrolla más el uso de la técnica de múltiples antenas de transmisión/recepción para reducir los efectos de interferencias por caminos múltiples, con un menor y más eficiente control de errores y conexión, aumentando la velocidad útil. Todo ello lleva a que, en la evaluación de la LTE, sea importante considerar otros indicadores de rendimiento más ligados a la experiencia del usuario, en lugar de limitarse a la velocidad de datos de las radiobases.

El caudal medio por sector de radiobase es un indicador importante y es el máximo de la suma de las velocidades de datos de todos los usuarios que se encuentran en ella. Es la capacidad de entregar la

³ *Evolution to LTE Report*. GSA – Global Mobile Suppliers Association, 16 de julio de 2013.

⁴ CDMA se usa como método de acceso en muchos estándares de telefonía móvil como cdmaOne, CDMA2000 (la evolución 3G de cdmaOne) y WCDMA (el estándar 3G usado por operadores GSM), que son frecuentemente denominados simplemente como CDMA.

mayor cantidad de bits por segundo a la mayor cantidad de usuarios y es la medida que representa mejor la velocidad del servicio que puede prestar un sector en el mundo real. Su valor es del orden de 5 veces menor que el valor de la velocidad de pico de la radiobase⁵.

Mientras que tecnologías anteriores a LTE ofrecen solo limitadas capacidades de control de la calidad de servicio, la evolución de los servicios hace que se deba priorizar algunos tráficos, sin deteriorar sensiblemente el tráfico de datos. Con la LTE, como es una red totalmente IP, el operador puede aplicar prioridades relativas a latencias y velocidades a diferentes tipos de aplicaciones, lo que le permite vender calidades de servicio diferenciadas.

La tecnología LTE provee un mayor caudal medio por sector de radiobase que posibilita mejores servicios en términos de velocidades, además de la mejora de calidad del servicio en general. Se estima que el uso de esta tecnología en Brasil permitiría alcanzar, en 2017, velocidades de bajada de 1 Mbps y subida de 256 Kbps, con una franquicia mensual de 500 MB, sin agregar sitios de radiobase a los que se desplieguen hasta 2015. Un ahorro tal no sería posible sin la LTE 450.

2. Ahorro de costos y otras ventajas

2.1 Rendimiento en terrenos levemente ondulado y montañoso

De acuerdo a estudios de cobertura en terreno llano, la LTE 450 tiene 1,9 veces más cobertura que la UMTS 850, siendo también superior a la CDMA 450, que provee solo 1,6 veces más cobertura.

Las coberturas para la LTE 450 expresadas en kilómetros, comparadas con las de otras frecuencias y en distintos ambientes, se muestran en el cuadro 1 con carácter referencial y para una velocidad de bajada de 1 Mbps. Es otra forma de ver los ahorros en CAPEX y OPEX respecto de otras frecuencias y en distintos tipos de zonas.

Cuadro 1
Coberturas de la LTE 450 y otras frecuencias en distintos ambientes
(en kilómetros)

Bajada @ 1 Mbps	Zona urbana densa	Zona urbana	Zona suburbana	Zona rural
450 MHz	1,47	2,72	9,18	20,47
700 MHz	0,99	1,82	6,13	13,58
1,8 GHz	0,49	0,88	2,93	6,40
2,6 GHz	0,31	0,56	1,86	4,31

Fuente: Huawei.

Además de la mayor cobertura en terrenos llanos, la LTE 450 presenta ventajas adicionales en terrenos montañosos frente a otras bandas y tecnologías. La ubicación de radiobases en puntos altos con amplia cobertura de zonas con poblaciones pequeñas o dispersas permite aprovechar casi totalmente las ventajas del doble de alcance con la mitad de frecuencia. En este caso, debido a que el alcance se realiza aprovechando en buena medida el espacio libre, el uso de frecuencias como la de 450 MHz es una alternativa aun más eficiente en términos de cantidad de radiobases necesarias. El uso de LTE también agrega las mejoras de alcance propias de esa tecnología; es decir, en terrenos montañosos esta tecnología aprovecha las ventajas de LTE sobre otras tecnologías.

Según estimaciones de un proveedor de equipamiento que ha trabajado en estos desarrollos en Brasil, se tienen los siguientes ahorros en el CAPEX para un despliegue real, suponiendo un despliegue tipo *green field*:

- CDMA 450: 1 802 sitios de radiobases.

⁵ Otro indicador es la velocidad de datos de los usuarios, que se expresa en valores máximos o promedio. Esta medida, al igual que otras, no es la preferida para la evaluación de la realidad del comportamiento de las tecnologías.

- UMTS 850: 2 883 sitios.
- LTE 450: 1 501 sitios.
- Ahorro de CAPEX usando LTE en lugar de CDMA 450: 301 sitios (20%).
- Ahorro de CAPEX usando LTE en lugar de UMTS 850: 1 382 sitios (48%).

2.2 Otras ventajas de la LTE 450

El despliegue de LTE 450 en lugar de CDMA 450 tiene las siguientes ventajas:

- La tecnología de acceso CDMA (no la WCDMA y similares de la línea del 3GPP) se encuentra fuera de la tendencia dominante hacia el futuro, por lo que los operadores despliegan sus redes siguiendo los patrones del 3GPP: UMTS, HSPA, HSPA+, LTE.
- El despliegue simultáneo en radiobases de la tecnología LTE con anteriores de la misma línea permite un aprovechamiento de los recursos compartidos y las economías de escala. Hay proveedores que disponen de equipos de radiobase que admiten simultáneamente las diferentes tecnologías del 3GPP, es decir que no solo se puede aprovechar la infraestructura de soporte y energía, sino también otros equipos propios de la radiobase. Las economías de escala influyen en el CAPEX y el OPEX de toda la red y se suman al ahorro por cobertura. Un eventual despliegue en CDMA 450 llevaría a duplicar parte de la infraestructura con el consiguiente aumento de esos costos.
- Tiene superior calidad en los servicios de voz.
- Protege la inversión al seguir una línea de desarrollo que se ha caracterizado por la compatibilidad hacia atrás.
- Se puede combinar el uso de frecuencias según el alcance y el tráfico, empezando con LTE 450 en zonas rurales y dispersas con CPE (*customer premises equipment*) y conexiones RJ11 (teléfono), RJ45 (datos) y WiFi.
- Los avances en terminales LTE son importantes y más económicos que los terminales para CDMA 450.
- Se puede usar o compartir la misma plataforma de núcleo de red para gestionar todas las tecnologías de acceso, así como utilizar radiobases con diferentes tecnologías de acceso de radio y usar o compartir parte de una misma arquitectura de núcleo para la gestión de red y la medición y provisión de servicios sobre la red.
- Finalmente, está alineada con una migración hacia la provisión de servicios sobre plataformas totalmente IP.

3. Recomendación UIT sobre el uso de la banda de 450 MHz

La recomendación UIT-R M.1036-4 de marzo de 2012 es la más reciente versión de las disposiciones de frecuencias para la implementación del componente terrestre de las telecomunicaciones internacionales móviles en las bandas determinadas para las IMT en el Reglamento de Radiocomunicaciones. Este documento es importante pues la UIT define y recomienda los estándares y disposiciones de frecuencias para los sistemas IMT. En el, la banda de 450-470 MHz es definida con las disposiciones de frecuencias (D) indicadas en el cuadro 2. Gráficamente, se disponen de la manera mostrada en el gráfico 1.

Cuadro 2
Disposiciones de frecuencia en la banda de 450-470 MHz

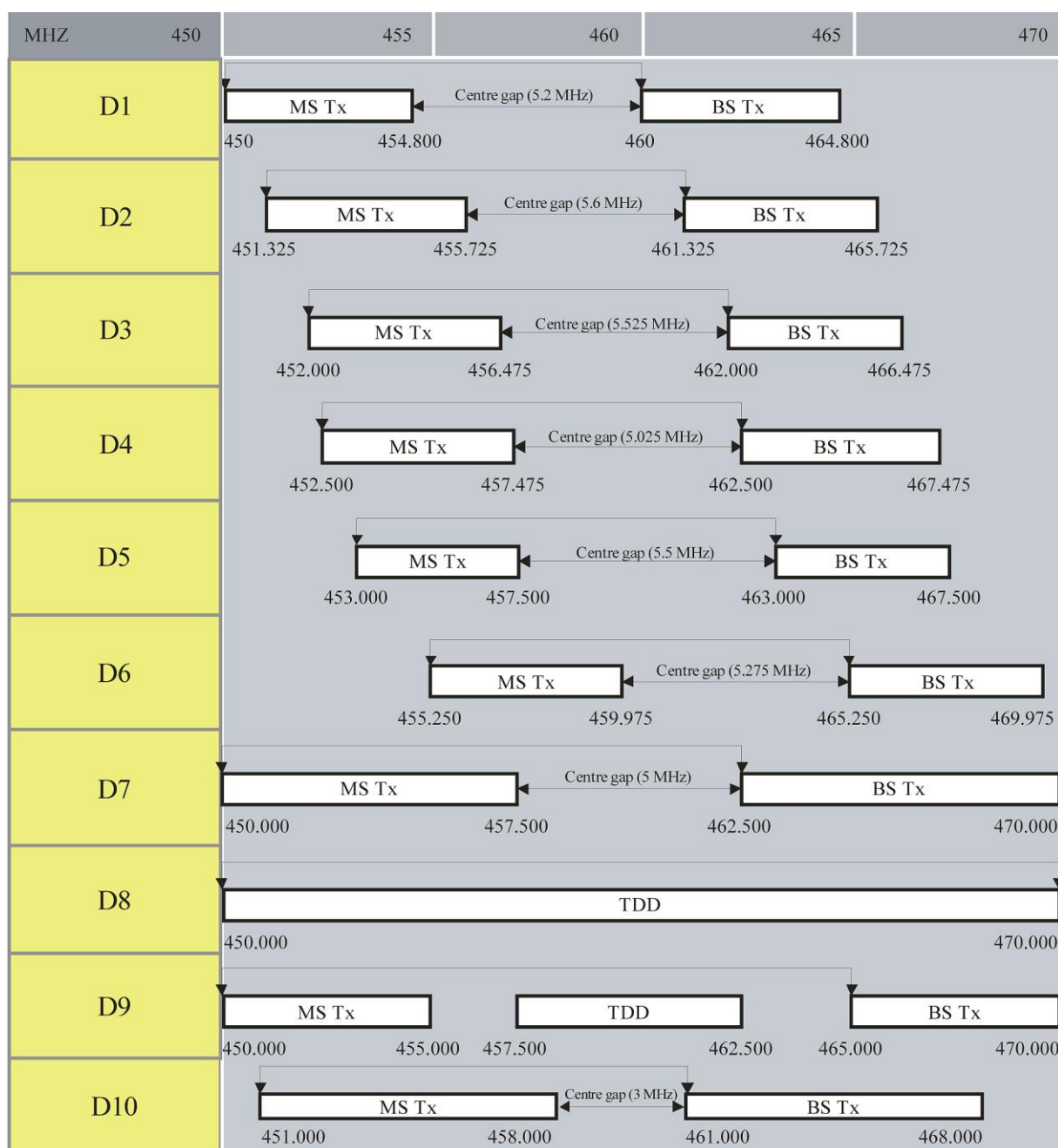
Disposiciones de frecuencias	Disposiciones pareadas				Disposiciones no pareadas (por ejemplo, para uso en TDD) (MHz)
	Transmisor de la estación móvil (MHz)	Intervalo central (MHz)	Transmisor de la estación base (MHz)	Separación dúplex (MHz)	
D1	450,000-454,800	5,2	460,000-464,800	10	Ninguna
D2	451,325-455,725	5,6	461,325-465,725	10	Ninguna
D3	452,000-456,475	5,525	462,000-466,475	10	Ninguna
D4	452,500-457,475	5,025	462,500-467,475	10	Ninguna
D5	453,000-457,500	5,5	463,000-467,500	10	Ninguna
D6	455,250-459,975	5,275	465,250-469,975	10	Ninguna
D7	450,000-457,500	5,0	462,500-470,000	12,5	Ninguna
D8					450-470 TDD
D9	450,000-455,000	10,0	465,000-470,000	15	457,500-462,500 TDD
D10	451,000-458,000	3,0	461,000-468,000	10	Ninguna

Fuente: *Rec. ITU-R M.1036-4*, UIT, marzo de 2012, cuadro 2, página 7.

Notas: La cantidad de disposiciones refleja el hecho de que las administraciones han tenido que acomodar las operaciones de los operadores establecidos, manteniendo, por ejemplo, una estructura común de subida y bajada (subida en los 10 MHz más bajos y bajada en los 10 MHz más altos) para disposiciones de *frequency-division duplexing* (FDD).

Las disposiciones D7, D8 y D9 pueden ser empleadas por las administraciones que disponen de toda la banda 450–470 MHz para IMT. La disposición D8 puede también ser implementada por administración que solo tienen disponible para IMT solo un subconjunto de la banda.

Gráfico 1
Disposiciones de frecuencia en la banda de 450-470 MHz



Fuente: Rec. ITU-R M.1036-4, UIT, marzo de 2012, gráfico 2, página 8.

Nota: véanse las notas del cuadro 2.

4. Importancia de la estandarización en América Latina

En la reunión plenaria No. 61 del 3GPP, realizada en Chicago del 3 al 7 de septiembre de 2012, se definió la creación de un grupo de trabajo para desarrollar las especificaciones de LTE en la banda 31 de 450–470 MHz. El CDMA Development Group (CDG) no participó en esta estandarización.

En septiembre de 2013, el 3GPP produjo el documento TR 36.840 V12.1.0⁶, con el objetivo “especificar los requerimientos técnicos para desplegar operaciones de LTE en 450 MHz en Brasil”, que se compone de:

1. Requerimientos de radio frecuencia (*core RF requirements*) para especificaciones RAN4⁷.
2. Requerimientos de desempeño para las especificaciones RAN4.
3. Pruebas de conformidad con las especificaciones RAN5 (a ser emitidas).

El documento del 3GPP hace regencia a la resolución No. 558 de la Agencia Nacional de Telecomunicaciones (ANATEL) de Brasil (20 de diciembre de 2010), mediante la cual se aprobó el reglamento de la canalización y las condiciones de uso de radiofrecuencias en la banda de 450-470 MHz. En ese país, esta banda ha sido liberada y los operadores establecidos, migrados a bandas alternativas para evitar interferencias y facilitar el despliegue en las zonas menos densamente pobladas.

Si bien se ha avanzado en la normalización de esta banda, por ahora alcanza solo a la estructura de bloques de frecuencia de Brasil. Si otros países deciden usar la LTE 450, deberán evaluar sus bloques país y eventualmente someterlos a consideración del 3GPP, para analizar si es necesario extender la especificación actual o desarrollar una nueva.

En este marco, es importante la coordinación entre los países y el 3GPP para lograr una uniformización que permita aprovechar economías de escala. Este trabajo es previo a que los fabricantes comiencen a producir los equipos, en el caso de que estos difieran de los que se producirán para Brasil. Por otra parte, solo este país con sus aproximadamente 6 000 sitios de radiobase, tiene las economías de escala para desarrollar productos y terminales CPE y, de esta forma, satisfacer la demanda de su gobierno. La armonización permitiría también la coordinación transfronteriza y el *roaming* en la medida en que se desarrolle el mercado de terminales móviles LTE 450.

En el cuadro 3, se muestra la situación de la banda de 450 MHz en 10 países de la región de acuerdo a información de las autoridades regulatorias de cada país.

⁶ 3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Radio Access Network; *LTE 450 MHz in Brazil Work Item Technical Report* (Release 12).

⁷ El Grupo Técnico de Especificaciones de la Red de Acceso de Radio (TSG RAN) es donde se gestionan las especificaciones de interfaces de aire. Tiene cinco grupos de trabajo, entre ellos: RAN1 para especificaciones de la capa física (Capa 1); RAN2 para especificaciones de las capas 2 (MAC, RLC) y 3 (red); RAN3 para la arquitectura general de la UTRAN; RAN4 para aspectos de protocolos y funcionamiento de radio, y RAN5 para pruebas de conformidad de los terminales móviles.

Cuadro 3
Situación de la banda de 450 MHz en América Latina

País	Banda (MHz)	Atribución	Asignación
Argentina	452,500 a 456,750 y de 462,500 a 466,750, con definición de tres subbandas de 1,250 x 2 en cada una. Existen planes de cambiar la atribución de la banda, pasando al par de banda de 450 a 457 MHz y de 460 a 467MHz, sin subbandas.	Por resolución 161 SC 2005, son atribuidas al servicio fijo con categoría primaria, para la prestación de los servicios de telefonía local o transmisión de datos o acceso a Internet, y para áreas geográficas con menos de 100 000 habitantes. Fuera de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires.	Existen asignaciones de este servicio en localidades del interior del país, así como asignaciones para los sistemas móviles tradicionales.
Brasil	451-458 MHz y 461-468 o sea la disposición D10 de la UIT.	Atribuidas para servicios de datos multimedia (SCM) y de voz móviles (SMP) y fijos (STFC). Otras bandas son atribuidas para otros servicios en 450–470.	Han sido asignadas a privados (4 operadoras) en todo el país. Cada operadora tiene la concesión en una región específica. La totalidad del bloque (7+7 MHz) ha sido asignada a un solo operador por región. Cada operador tuvo 4 meses para pagar los costos de liberación de las bandas, sujeto a intervención de solución de la ANATEL en caso de conflicto.
Colombia	De manera preliminar, se ha identificado, para posible uso móvil, el arreglo D4 de 452,500 a 457,475 y de 462,500 a 467,475. En 2013, la ANE iniciaría estudios técnicos y económicos, sujetos a consulta pública, para su uso para las IMT.		
Costa Rica	Se identificó el segmento de frecuencias de 450 MHz a 470 MHz para el desarrollo futuro de sistemas IMT. Aún no se ha definido una canalización en esta banda esperando su armonización.	La banda está atribuida al servicio fijo y móvil. La reciente propuesta de reforma al Plan Nacional de Atribución de Frecuencias dispone únicamente identificar la banda para el futuro desarrollo de sistemas IMT, pero no adopta este desarrollo para el corto o mediano plazo.	Es utilizada mayormente (casi de forma total) en sistemas de banda angosta (<i>narrow band</i>). Están mayormente asignadas a nivel nacional en canales de separación adyacente de 12,5 kHz. El país está principalmente enfocado en la apertura del mercado y, en particular, en la definición de varios aspectos de este recurso.
Guatemala	Si bien la Tabla Nacional de Atribución de Frecuencias identifica la banda 451,250 – 470,000 como posible para el despliegue en 450, el ente regulador ha planificado y recomienda que se haga en los rangos de 452,000 a 454,500 y 462,000 a 464,500 (2 x 2.5 MHz)	Atribuidas para fijo y móvil y parcialmente para servicios espacio - tierra. Por el momento, no existen planes de cambios.	Están asignadas desde hace mucho tiempo; algunas de ellas han dejado de operar aunque otras aún operan. Son usadas para comunicaciones privadas (radios de una o dos vías del servicio móvil). El operador que decida desplegar tecnología 450 en esa banda, previo a hacerlo tendría que negociar con los usuarios los derechos de explotación de frecuencia por medio del mercado secundario de frecuencias.

Nicaragua	De conformidad con la UIT, se entiende que es la banda de 450 a 470.	De acuerdo al artículo 13 de la Ley de Telecomunicaciones, esa banda se encuentra destinada para servicios de: fijo, móvil, radiocomunicación privada, fijo y móvil comercial, repetidoras compartidas comerciales, sistemas troncalizados comerciales, móvil por satélite y meteorología por satélite. No existen planes de cambios en la atribución debido a que existen derechos vigentes por 20 años.	Actualmente se encuentran utilizadas por 343 asignaciones (concesiones/autorizaciones), la mayoría de ellas a nivel nacional. Estas concesiones empiezan su período de renovación a fines de 2018. Este espectro se encuentra asignado en un 47,5% a canales de 25 kHz discontinuos, de los 20 MHz que corresponden a la banda 450 MHz. Aún no se han dispuesto planes específicos sobre el uso futuro.
Panamá	La banda es prácticamente la disposición D4 de la UIT: 452,5 a 457,5 y 462,5 a 467,475. Se han reservado los segmentos para el desarrollo de proyectos para servicio y acceso universal. No se ha definido una tecnología específica, ya que la ASEP se maneja fundamentalmente con el concepto de neutralidad tecnológica.	En general, la banda de 450 a 470, incluyendo los segmentos indicados anteriormente, está atribuida a los servicios de radiocomunicación fija y móvil, a los servicios móviles marítimos y móviles aeronáuticos, y a los servicios de telefonía básica local y telefonía pública. No hay planes inmediatos para un cambio de atribución.	Existen múltiples asignaciones bajo los servicios antes mencionados en el territorio nacional. No se han hecho asignaciones de frecuencias en estos segmentos para proyectos de servicio y acceso universal.
Paraguay		Atribuidas para fijo y móvil y parcialmente para servicios espacio - tierra. No existen planes de cambios. Para toda la banda, la canalización es de 12,5 KHz. Por Resolución Nº 1059/2005 se establece que no se realizarán nuevas asignaciones de frecuencias en la banda de 450 a 470 MHz, permaneciendo en reserva hasta que la CONATEL defina un nuevo uso. No existen planes de modificación de la atribución.	La banda de 450-470 MHz tiene actualmente un carácter de reserva, sin definiciones respecto a nuevas canalizaciones o tecnologías. En ella, se encuentran en operación sistemas de banda estrecha, mientras se define el nuevo uso. No se realizan nuevas asignaciones.
Perú	Se definen dos bandas: 450 – 452,5 MHz y 460 – 462,5 MHz; 452,5 – 457,5 MHz y 462,5 – 467,5 MHz. En total en las dos bandas, se tienen 6 canales de 1.25 MHz. La banda baja es la misma que la D7. La banda alta es del mismo ancho, pero con un intervalo central de 3 MHz en lugar de 5 MHz.	Las frecuencias comprendidas entre 450 – 452,5 MHz y 460 – 462,5 MHz están atribuidas a título primario para la prestación de servicios públicos de telecomunicaciones para ser utilizadas por operadores rurales fuera de la Provincia de Lima y de la Provincia Constitucional del Callao. Las bandas comprendidas entre 452,5 – 457,5 MHz y 462,5 – 467,5 MHz están atribuidas a título primario para la prestación de servicios públicos de telecomunicaciones utilizando sistemas de acceso fijo inalámbrico. No existen planes de cambios de atribución.	Están asignadas principalmente para telefonía fija inalámbrica. La asignación no es a nivel nacional. Información sobre las asignaciones se encuentra en http://comunicaciones.mtc.gob.pe

Venezuela, Rep. Bol. de	Se define la disposición D4 de la UIT: 452,500 – 457,475 MHz y 462,500 – 467,475 MHz, para la operación de sistemas de banda ancha inalámbrica (BWA), incluidas las telecomunicaciones móviles internacionales (IMT), en cumplimiento de las obligaciones de servicio universal previstas en la Ley orgánica de telecomunicaciones.	Fijo y móvil. No existen planes de cambios de atribución en el corto plazo.	Para IMT, no existen asignaciones en esa banda para los usos indicados en su definición. Se prevé su uso solo para aplicaciones de servicio universal en zonas rurales; no para uso comercial ni gubernamental.
-------------------------	---	---	---

Nota: En Brasil, se establecieron los siguientes compromisos de cobertura de 5 566 áreas rurales de ciudades y pueblos: 30% de los municipios hasta junio de 2014, 60% hasta diciembre de 2014 y 100% hasta diciembre de 2015. Las condiciones de calidad de los servicios incluyen voz y datos minoristas y la cobertura de escuelas rurales con velocidades de 256 Kbps/128 Kbps., con una franquicia mensual de 250 MB en la venta minorista y franquicia ilimitada en las escuelas rurales. Para diciembre de 2017, se debe llegar a velocidades de 1 Mbps/256 Kbps. y una franquicia de 500 MB. En forma consistente con las asignaciones realizadas en 2012, dos empresas asiáticas disponen de *chipsets* de banda dual (450 MHz y 2600 MHz). En septiembre de 2013, el CPqD ya tenía un acuerdo con una de ellas y estaba terminando el desarrollo de los primeros CPE en 450 MHz para el mercado brasileño. La empresa brasileña WxBR (www.wxbr.com.br) producirá y comercializará los equipos basados en la tecnología LTE 450 del CPqD, los que ya son probados por las empresas operadoras.

5. Resumen y conclusiones

1. La Recomendación de la UIT R M.1036-4 de marzo de 2012 establece las canalizaciones en 450 MHz; en setiembre de ese año, la UIT aprobó el espectro de 450 como estándar para LTE.
2. La banda de 450 MHz permite mayores coberturas que bandas superiores como la de 850 MHz en las mismas condiciones.
3. Un parámetro usual de comparación de tecnologías es el rendimiento en el uso del espectro expresado en bps / Hz. Para las comparaciones de tecnologías de acceso, por ejemplo WCDMA y LTE, muchas veces se usa la velocidad de pico de datos en las radiobases como la velocidad que los suscriptores pueden obtener en algún momento. Este parámetro no es el mejor desde el punto de vista del usuario.
4. La tecnología LTE contiene varias técnicas que corrigen los problemas de propagación, por lo que un parámetro de evaluación muy superior es el caudal medio por sector de radiobase: la suma de las velocidades de datos de todos los usuarios que se encuentran en la radiobase.
5. De acuerdo a estudios de cobertura realizados en terreno llano, la LTE 450 tiene 1,9 veces más cobertura que la UMTS 850; es también superior a la CDMA 450 que provee 1,6 veces más cobertura.
6. En terrenos montañosos, la tecnología LTE 450 aprovecha las ventajas de la LTE sobre otras tecnologías y la transmisión desde puntos altos hacia áreas con poca cobertura.
7. En julio de 2013, el 3GPP emitió el documento 3GPP TR 36.840 V12.0.0, que especifica “los requerimientos técnicos para desplegar operaciones de LTE en 450 MHz en Brasil”. Si bien este documento incluye requerimientos de RAN4 y RAN5 que pueden ser generalizables a otros bloques de frecuencia, es específico para Brasil que usa la determinación D10 de la UIT.
8. Si otros países resuelven usar la LTE 450, deberán evaluar sus propios bloques y eventualmente someterlos a consideración del 3GPP, para analizar si es necesario extender la especificación actual o desarrollar una nueva.
9. Solamente Brasil, con sus aproximadamente 6 000 sitios, tiene economías de escala para desarrollar productos y terminales CPE que provean los servicios que su gobierno requiere.

10. La coordinación de los bloques de los restantes países es importante para que alcancen economías de escala que hagan viable el proyecto a costos de mercado, principalmente por razones de tamaño de país y de mercado.
11. La armonización permitiría también la coordinación transfronteriza y el *roaming* en la medida en que se desarrolle el mercado de terminales móviles LTE 450.
12. La información suministrada por los países de América Latina revela una disparidad importante tanto en los bloques de frecuencia a usar como en el estado de avance de las definiciones, las atribuciones y las asignaciones.
13. Se recomienda iniciar lo antes posible el trabajo de uniformización de atribuciones en los países que deseen aplicar esta tecnología para despliegues previstos en sus planes nacionales de banda ancha.
14. El despliegue simultáneo en las radiobases de la tecnología LTE permite un aprovechamiento de recursos compartidos que aprovecha economías de escala. Dado que hay proveedores que disponen de equipos de radiobase que admiten simultáneamente las diferentes tecnologías del 3GPP, no solo se puede aprovechar la infraestructura de soporte y energía. Estas economías de escala reducen el CAPEX y el OPEX de toda la red. Un eventual despliegue en la CDMA 450 llevaría a duplicar parte de la infraestructura con el consiguiente aumento de CAPEX y de OPEX.
15. La LTE provee un mayor caudal medio por sector de radiobase lo que permite mejores servicios en cuanto a velocidades, aparte de la mejora de calidad de servicio en general. Se estima que en Brasil se podrá cubrir la exigencia de 1 Mbps/256 Kbps y una franquicia mensual de 500 MB en el 2017 sin agregar sitios de radiobase a los que se instalen hasta 2015.
16. Se protege la inversión al seguir una línea de desarrollo que se ha caracterizado por compatibilidades hacia atrás.
17. Según estimaciones de un proveedor de equipamiento que ha trabajado en estos desarrollos en Brasil, se tienen los siguientes ahorros en el CAPEX, suponiendo un despliegue *green field*:
 - CDMA 450: 1802 sitios.
 - UMTS 850: 2883 sitios
 - LTE 450: 1501 sitios.
 - Ahorro de CAPEX comparado con CDMA 450: 301 sitios o 20%.
 - Ahorro de CAPEX comparado con UMTS 850: 1382 sitios o 48%.
18. Para LTE 450, las coberturas, de una radiobase de 50 metros son de aproximadamente de 10 Km. en terreno suburbano y de 20 Km. en terreno rural.
19. Se puede combinar el uso de frecuencias según el alcance y el tráfico, empezando con LTE 450 en zonas rurales y dispersas con CPE (equipo terminal no móvil) y conexiones RJ11 (teléfono), RJ45 (datos) y WiFi.
20. El ecosistema de LTE es el más completo en este momento y para el futuro.
21. Los avances en terminales para LTE son importantes y más económicos que los terminales para CDMA 450. Los CPE ya existen y, si la demanda lo requiere, en el futuro próximo se dispondrá de terminales.