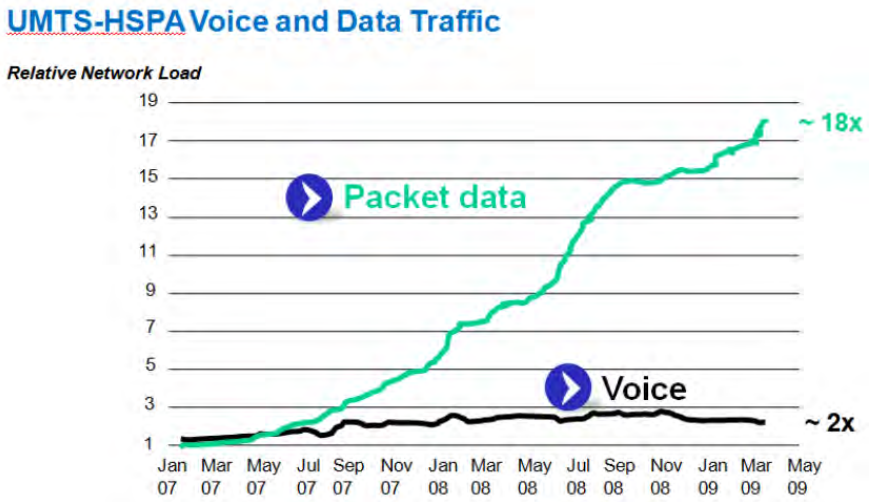
4 Análisis técnico de la transferencia de tecnología para la prestación de servicios de telefonía y banda ancha móvil a través de operadores móviles virtuales soportados por tecnología LTE.

Es claro que el nuevo *core* de negocio de los operadores móviles es la banda ancha móvil Figura 4-1, estas compañías están realizando fuertes inversiones en actualización y crecimiento de sus redes con el fin se soportar la creciente demanda de los usuarios en servicios multimedia a través de equipos móviles. Sin embargo los servicios de voz y mensajería (servicios de banda angosta) todavía siguen siendo rentables para los operadores y en consecuencia son importantes en las redes LTE/SAE, estos servicios combinados con los que se pueden ofrecer con las redes de alta velocidad crean un escenario adecuado de inversión y de crecimiento para los servicios móviles.

Figura 4-1. El crecimiento del consumo de tráfico de datos (37)



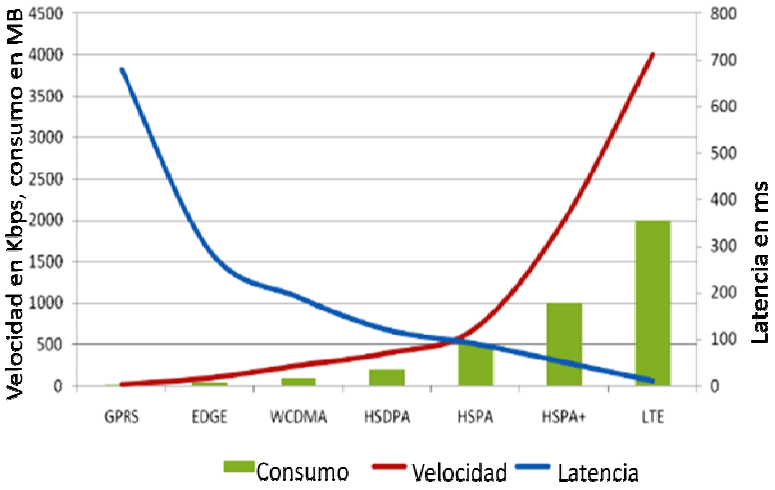
Una característica bien importante de LTE para la prestación de servicios móviles es su capacidad de soportar e integrar tecnologías diferentes a las manejadas en el 3GPP como por ejemplo LAN inalámbrica WLAN[53], esto le permite a los operadores brindar a los usuarios una experiencia superior a precios similares a los que se ofrecen con las tecnologías actuales y de esta forma el principio *always best connected* (siempre mejor conectado) será una realidad (38).

En (39), se plantean varias dimensiones para medir el crecimiento de la banda ancha móvil: **La primera** es una proyección en la cual se estima que el consumo por usuario de datos en redes móviles se incrementa 72 veces mensualmente, **la segunda** relaciona el crecimiento en número

[53] LAN inalámbrica

absoluto de los usuarios de banda ancha móvil y **una tercera** dimensión relaciona el número de suscriptores de banda ancha móvil per cápita. La Figura 4-2 de cierta forma muestra una justificación del éxito actual de la banda ancha móvil la cual en características fundamentales de rendimiento como lo es la *latencia* esta se ha logrado reducir considerablemente comparado con las primeras conexiones de datos a través de redes móviles, estas características mostradas permiten que el rendimiento optimo que hasta hace poco solo se daba en redes fijas sea posible también en las redes móviles permitiendo así su desarrollo.

Figura 4-2. Correlación de latencia / velocidad consumo en los teléfonos inteligentes (smartphones) (40)



Respecto a los servicios de voz y SMS, actualmente cerca del 80% de los ingresos de los operadores móviles proviene de los servicios de voz y mensajes SMS y las estimaciones muestran que para los próximos 5 años esta cifra se mantendrá aun en 70% (41), por lo tanto mantener estos servicios es vital para las operaciones de las empresas de servicio móviles. Dado que los servicios de voz y SMS operan actualmente sobre plataformas 2G y 3G, es decir con conmutación de circuitos, su infraestructura incluye el centro de conmutación móvil (*message service center MSC*) y el centro de servicios de mensajes cortos (*short message service center SMSC*) los cuales son incompatibles con la arquitectura de red LTE, la cual es completamente IP por lo que se crea la necesidad de cambiar la forma en la que operan estos dos servicios, es decir migrarlos hacia IP.

Por lo tanto, aunque las empresas de servicios móviles mantienen la base de sus ingresos con los servicios TMC y BAM su crecimiento está en la BAM, y una característica de LTE/SAE que potencializa este servicio es el QoS, característica que en una red completamente IP es muy sencilla de aplicar porque en este esquema fundamentalmente cualquier tipo de información se convierte en paquete y la diferenciación de servicios se da en la marcación que se le da a la información en la red, por ejemplo en una red *Multi Protocol Layer Switching MPLS*, los paquetes de voz y de video tienen una mayor precedencia que los paquetes de datos por lo tanto cuando un paquete marcado como voz o video llega a un equipo de conmutación este se transmite primero. Esta característica permite que la cantidad de servicios basados en IP (contenidos por ejemplo) que se pueden ofrecer crezca porque ya no se tiene una limitante tan fuerte que se tenía antes, la latencia.

Las características de LTE mencionadas en el capítulo 1: el núcleo SAE orientado a IP, QoS, baja latencia, soporte a los servicios tradicionalmente rentables de los operadores móviles, agregación de portadora, coordinación multiantena, sistemas de repetición (*relaying*), entre otros convierten al sistema completo LTE/SAE en una tecnología apropiada para que sea utilizada por operadores móviles tradicionales que puedan soportar en su infraestructura de *backbone* el transporte del tráfico de un MVNO tanto para servicios de voz y banda ancha móvil fomentando de esta forma el

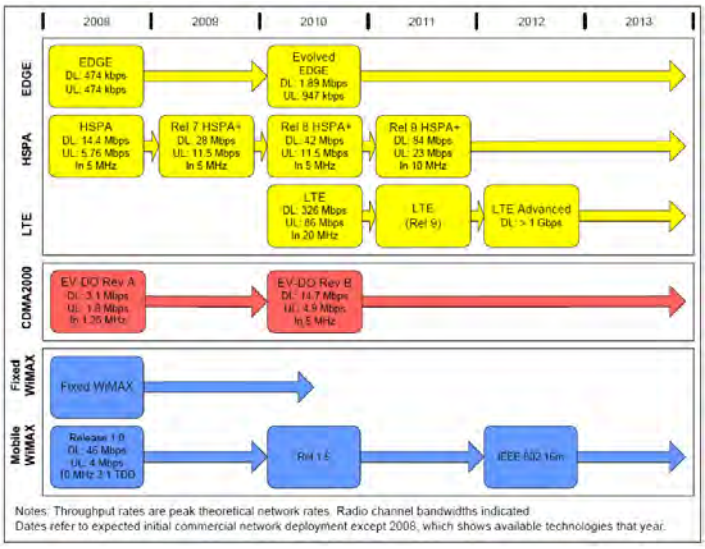
desarrollo del sector de los servicios móviles transfiriéndose esta competencia en múltiples beneficios para los usuarios.

4.1 Características de diseño de LTE apropiadas para soportar un MVNO

Todo en LTE está diseñado para ser una tecnología versátil y adaptable a cualquier mercado y sistema regulatorio haciendo que la migración hacia LTE sea paulatina y por supuesto rentable para los operadores. Para que un MNO pueda ofrecer su infraestructura para transportar los clientes de un MVNO debe garantizar que la ocupación producida en su red por la carga del MVNO no afecte su rendimiento permitiendo su propio crecimiento y garantizando el soporte y transporte del MVNO, es en este punto donde todas las características técnicas de LTE permite que el MVNO y el MNO funcionen sin ningún tipo de inconveniente soportados por la misma E-UTRAN.

Los sistemas móviles han evolucionado de forma notoria desde su primera generación siempre buscando un manejo eficiente del espectro lo que finalmente se ve reflejado en latencias menores y mejor eficiencia espectral. La Figura 4-3 muestra la evolución de los sistemas móviles abordados desde diferentes métodos CDMA, TDMA y OFDMA. LTE hace parte de la evolución tecnológica en el 3GPP y está basando en FDMA y FDM en sus diferentes variaciones, la multiplexación por frecuencia es ahora posible gracias a la evolución del hardware de procesamiento de datos, hasta hace poco tiempo implementar FDM no era viable por el alto costo computacional y económico. De acuerdo con lo anterior LTE es el resultado de un proceso evolutivo el cual actualmente brinda las siguientes características de diseño que lo hacen apropiado para ser la tecnología de soporte de un MVNO.

Figura 4-3 Evolución de los sistemas TDMA, CDMA y OFDMA (42).



4.1.1 Eficiencia espectral

Si se desea que el MNO tenga capacidad para soportar sus propios clientes y los del MVNO lo primero que debe hacer es incrementar su eficiencia espectral, es decir, con la misma porción del espectro asignado debe tener capacidad de soportar muchos más usuarios utilizando los servicios móviles de voz o banda ancha móvil. Aumentar la eficiencia espectral significa, para el caso de la BAM, que se pueda ofrecer a la misma cantidad de usuarios unas velocidades mucho mayores o que pueda aumentar la cantidad de usuarios accediendo con la misma velocidad; ahora para el caso

de los servicios de voz significa que puedo aumentar la cantidad de usuarios con llamadas simultaneas en la misma celda. La elección de tecnologías como OFDMA para LTE está sustentada en el hecho que se puede aumentar la eficiencia espectral sin tener que aumentar la complejidad de diseño e implementación de los equipos de radio UE y eNB que es lo que normalmente sucede cuando se requiere aumentar la eficiencia espectral. Las Figura 4-4, Figura 4-5 y **Figura 4-6** muestran de forma gráfica como al utilizar LTE la eficiencia espectral aumenta comparada con otras tecnologías 3GPP.

Figura 4-4. Comparación de la eficiencia espectral en el enlace descendente (43)

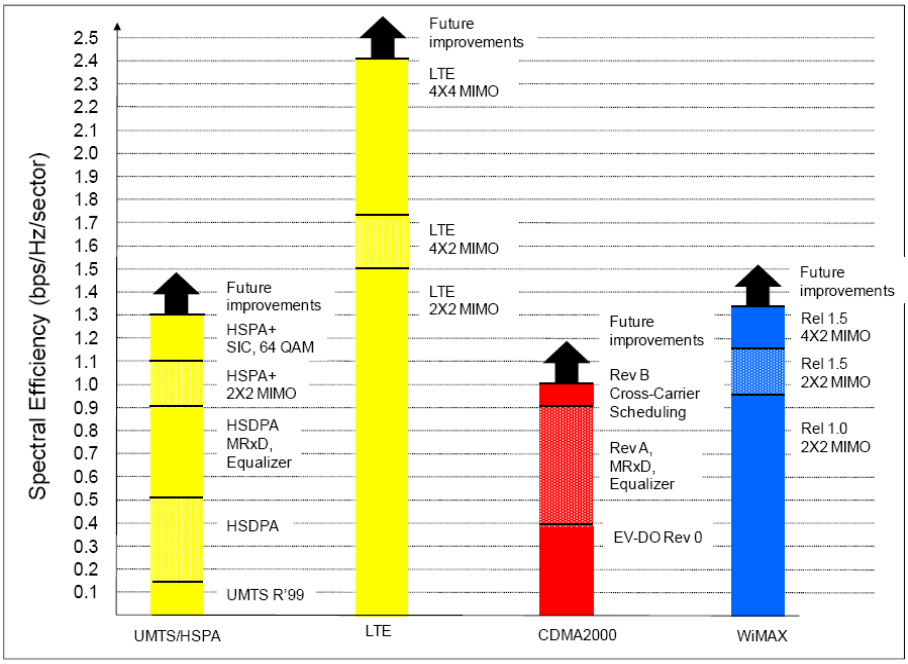


Figura 4-5**.** Comparación de la eficiencia espectral en el enlace ascendente (43)

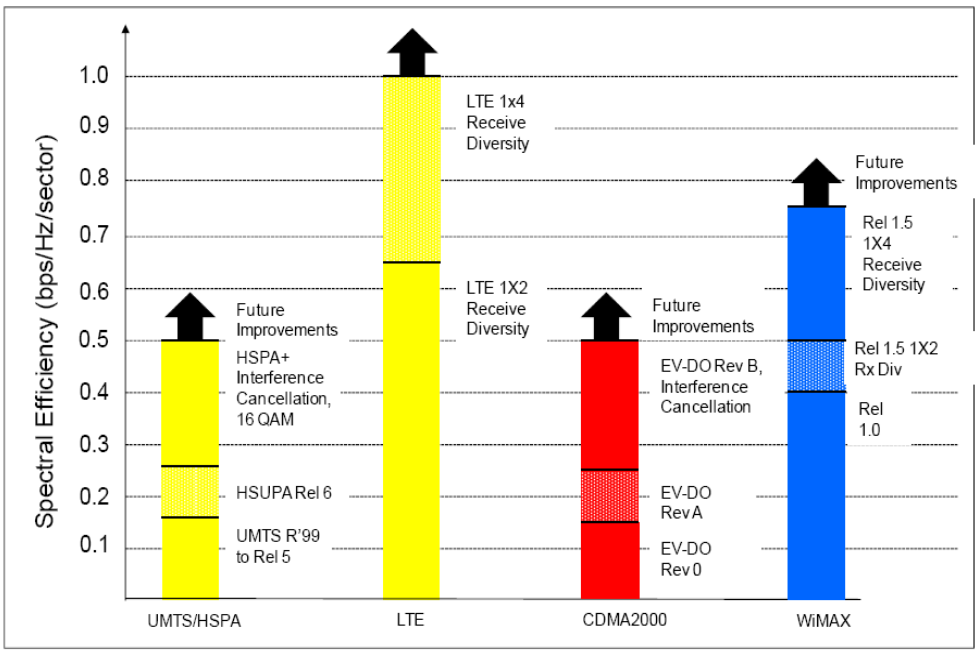
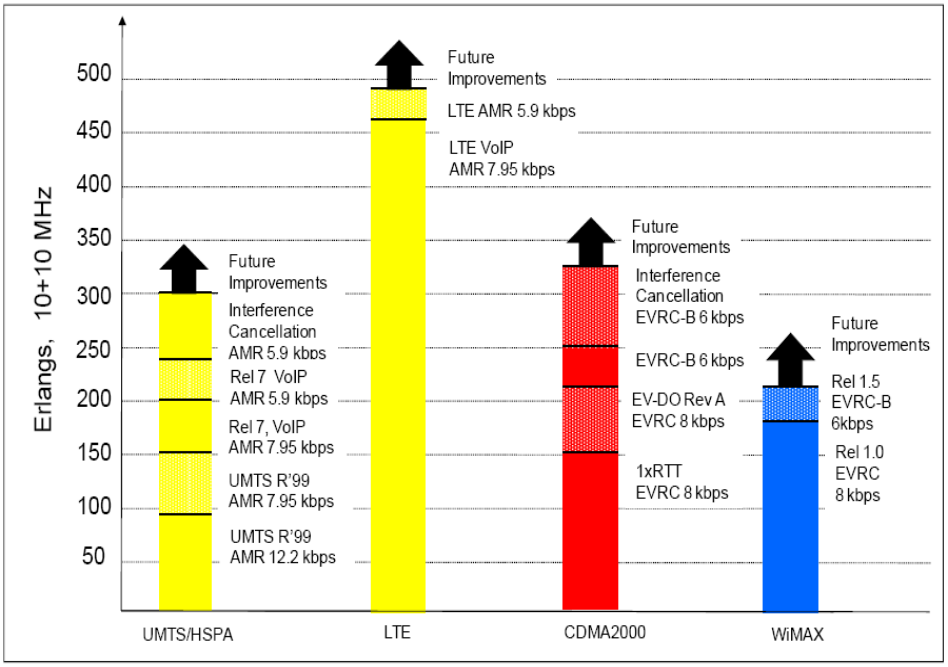


Figura 4-6. Comparación de la eficiencia espectral para voz (43)



4.1.2 Latencia y transferencia efectiva de información (Throughput)[54]

De cara al MVNO estos dos factores, latencia y *Throughput*, permiten que la utilización de la red sea mejor esto significa que la transmisión de datos sea más eficiente permitiendo que la capacidad de la red esté disponible para una mayor cantidad de conexiones (ascendentes o descendentes), ya sea de clientes del MVNO o del MNO ayudando garantizando un nivel de servicio adecuado para ambos operadores. Funcionalmente mejorar la latencia significa que todos los servicios que utilizan como base la BAM tiene mejor desempeño, el caso típico son los servicios de contenido en tiempo real que actualmente sobre una red 3G se prestan pero no con la calidad adecuada causando que la experiencia de usuario se vea afectada. La Figura 4-2 muestra la evolución de las mejoras de la latencia de las tecnologías 3GPP.

4.2 Prestación de servicios de voz y SMS a través de LTE

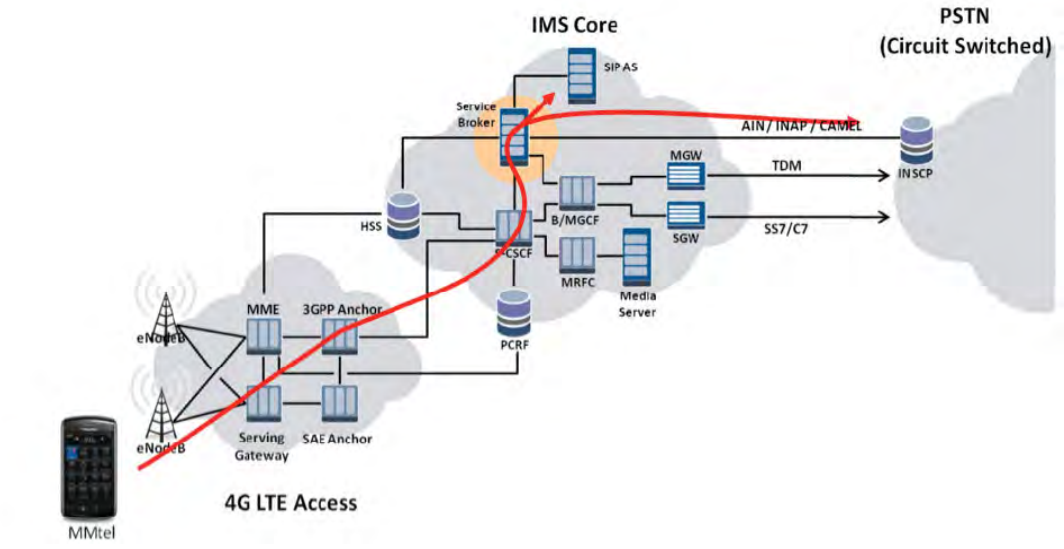
El primer reto en los servicios de voz y SMS es que la arquitectura LTE/SAE parte del hecho que la red previa está conectada a un *core* Subsistema Multimedia IP (*IP Multimedia Subsystem IMS*) y que este a su vez es capaz de soportar estos dos servicios. Pero la realidad muestra que muchos operadores apenas están pensando en desplegar este *core* IMS. Si pensamos en el mejor de los casos, es decir un *core* IMS ya implementado se iniciará un proceso de transición de la red previa 2G/3G así como todos los sistemas anexos. Actualmente los operadores tienen cuatro opciones para ofrecer servicios de voz y SMS sobre LTE (41).

- **Telefonía Multimedia, *MMtel Multimedia Telephony*:** MMtel está basado en la arquitectura IMS la cual es utilizada para controlar y enviar servicios multimedia, utiliza IP para el transporte y protocolo de inicio de sesión SIP para la señalización del servicio. MMtel es un estándar global para la evolución de la telefonía, ofrece cobertura fija y móvil y servicios multimedia en tiempo real. De acuerdo con todo lo anterior se entiende que IMS es una

[54] Tasa efectiva de transferencia es decir de toda la información útil que llegan al receptor en un proceso de comunicación.

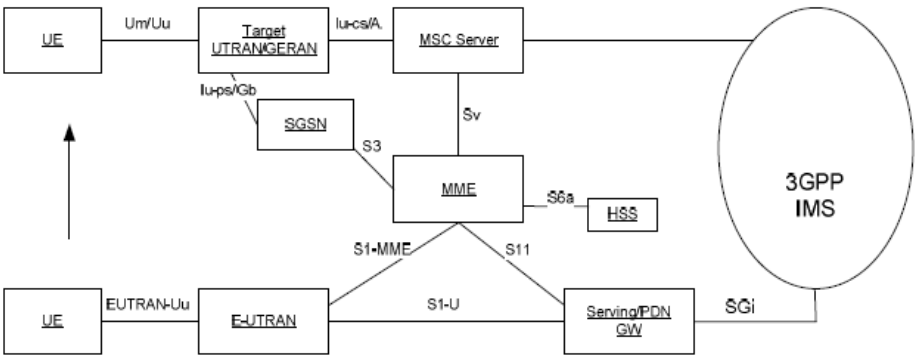
arquitectura orientada a la conmutación de paquetes, por lo tanto es muy compatible al EPC de LTE que al igual que IMS es una sistema completamente IP. El estándar MMtel, es compatible con estándares de telefonía móvil y fija más antiguos, es decir, se garantiza el soporte a las llamadas desde una red LTE hacia la PSTN y hacia redes 3G/2G.

Figura 4-7. Voz sobre IMS- MMtel (44)



- *Single Radio Voice Call Continuity SRVCC*: Mientras MMtel define un solución de telefonía de nueva generación SRVCC facilita una introducción gradual de redes de acceso LTE dentro de una infraestructura GERAN/UTRAN, permitiendo el handover entre la conmutación de paquetes y la conmutación de circuitos (45), la Figura 4-8 muestra los elementos de una y otra RAN que intervienen en el proceso de *handover* la entidad de gestión de movilidad es el punto común de conexión para realizar el proceso. Por si solo SRVCC no es una solución pero es fundamental para la introducción de servicios basados en IMS para la voz sobre LTE por una característica muy importante que es el *handover* entre el dominio de la conmutación de paquetes y el dominio de conmutación de circuitos, en resumen permite el interfuncionamiento entre la E-UTRAN y la GERAN/UTRAN para los servicios de voz (46)

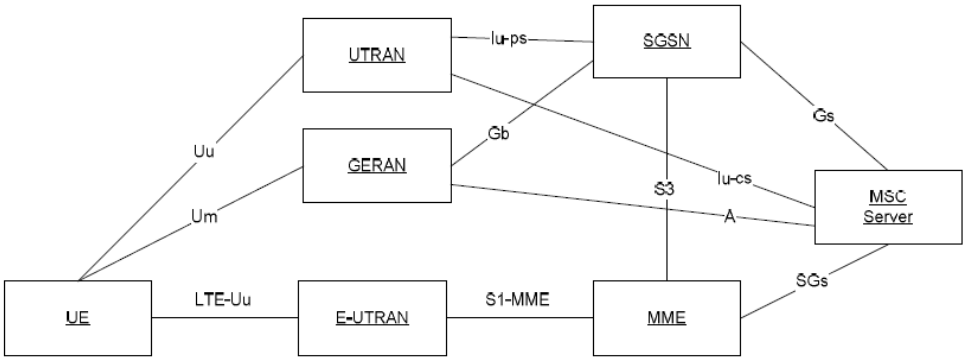
Figura 4-8 Arquitectura SRVCC para el handover desde E-UTRAN hacia UTRAN-GERAN (46)



- **Volver a conmutación de circuitos en EPS (*Circuit Switched Fallback in EPS*)**: cuando el ancho de banda que utiliza el operador no es suficiente para cubrir todas las necesidades de los usuario que están conectados por la E-UTRAN el MNO puede optar por realizar handover desde el dominio de conmutación de paquetes hacia el dominio de conmutación de circuitos E-UTRAN→GERAN/UTRAN, pero para poder realizar este

procedimiento el MNO debe mantener solapamiento de cobertura de las RAN, en la Figura 4-9 se puede observar la cobertura que se debe mantener. La diferencia fundamental entre este método y SRVCC es que el primero se da en una zona donde todas las RAN tienen cobertura y es controlado a discreción por el MNO mientras el segundo se da para realizar el handover cuando la zona de cobertura de una determinada RAN se termina.

Figura 4-9 Arquitectura EPS para CS fallback (46)



- **Voz sobre acceso genérico LTE (*Voice over LTE generic Access VOLGA*)**: VOLGA propone utilizar la red de acceso de radio basada en IMS pero manteniendo la red conmutación de circuitos (GSM o CDMA) introduciendo un nuevo elemento llamado Controlador de red de acceso VOLGA (*VoLGA Access Network Controller VANC*), este dispositivo permite que la red de acceso LTE basada en conmutación de paquetes se conecte a la red de conmutación de circuitos sin necesidad de realizar cambios en el MSC (44).

Partiendo del hecho que el proceso de implementación de LTE será paulatino se llega a la conclusión que la mejor opción para la prestación de servicios de voz sobre LTE es la combinación de telefonía IMS con procesos de handover con SRVCC porque aprovecha las características de IP (core IMS) y permite el interfuncionamiento entre diferentes RAT garantizando la migración paulatina hacia una red LTE completa. Esta opción permite la operación de los servicios de voz y SMS tanto en el dominio de conmutación de circuitos y de conmutación de paquetes con handover en los dos sentidos.

Para el MVNO es importante que su MNO anfitrión haga una migración controlada de su red hacia LTE de tal forma que para los usuarios de servicios de voz del MNO y del MVNO este proceso sea transparente. Es muy importante que los servicios de voz y SMS estén muy bien soportados porque a pesar del crecimiento de la BAM los operadores aun siguen obteniendo su mayor cantidad de ingresos a través de los servicios de voz y SMS por lo tanto para el MVNO la calidad de este tipo de servicios es fundamental para su desarrollo.

4.3 Prestación de servicios de BAM a través de LTE.

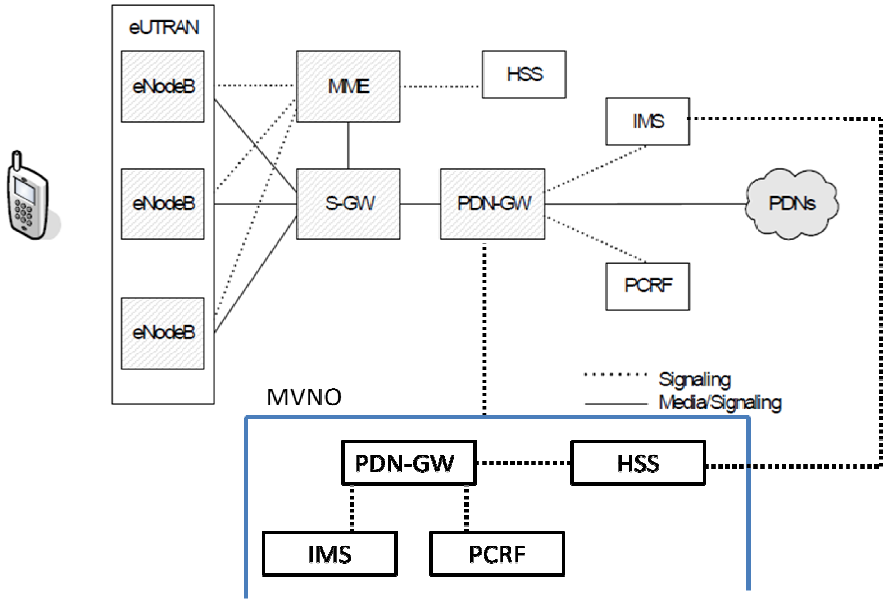
Siendo LTE una RAN completamente IP, es decir orientada a la conmutación de paquetes, la prestación de servicios de BAM requiere procesos de handover para datos bien robustos de tal forma que se garantice la cobertura en cualquier sitio, obviamente con disminución en la cantidad de ancho de banda disponible dependiendo de RAN (UTRAN o EUTRAN) que esté utilizando el UE. Para el MVNO su MNO anfitrión debe garantizar el acceso a la red de datos de forma equitativa de tal forma que los clientes del MVNO tengan una excelente experiencia de usuario.

4.4 Nivel de dependencia de un MVNO de su MNO en una arquitectura de red LTE

Teniendo clara la definición de conexión e interconexión en el entorno colombiano se puede decir que la última solo se da entre redes de telefonía (fija-fija, fija-móvil o móvil-móvil) de diferentes operadores, en (47) se establecen y delimitan de una forma detallada los diferentes tipos de MVNO los cuales se diferencian en el nivel de dependencia del MNO anfitrión, allí el MVNO está referenciado a una red 3G o 3.5G. Ahora revisemos la forma en la que el MVNO se conectaría con un proveedor que tenga una infraestructura LTE/SAE implementada.

Dado que LTE/SAE es completamente IP el punto mínimo de dependencia del MVNO hacia su proveedor es el PDN-GW que como se mencionó anteriormente es el punto de conexión IP de la EPC, por lo tanto el MVNO debe tener su propio PDN-GW el cual se conecta al PDN-GW del MNO a través con comunicación IP. Esta forma de conexión es con la que el MVNO puede obtener mayor independencia de su MNO porque este equipo puede hacer solicitudes directamente a los equipos que manejan la movilidad (MME) y la gestión de túneles y conmutación en la E-UTRA (S-GW y P-GW). Lo anterior es posible porque el EPC está diseñado para que el PDN-GW haga solicitudes de diverso tipo al MME, S-GW o P-GW ya sean generadas por el mismo o recibidas desde un PDN-GW externo, este funcionamiento incluye la asignación de direccionamiento IP con un grupo de direcciones provistas por un servidor DHCP externo, implicando que el MVNO puede tener su propio direccionamiento IP. La Figura 4-10 ilustra el punto de conexión MNO-MVNO propuesto. La replicación de la base de datos del HSS se puede dar sin problema porque la diferenciación de usuarios se puede dar por direccionamiento IP y por lo tanto cada proveedor tendrá control sobre sus usuarios directos.

Figura 4-10. Punto de conexión del MVNO con su MNO anfitrión operando sobre LTE (48)



4.5 Red completamente IP, calidad de servicio QoS

Es importante establecer en redes móviles un punto de comparación del soporte IP en las redes actuales, es decir las 3G, estas redes están basadas en el estándar UMTS el cual no fue diseñado para la conmutación de paquetes y los servicios de voz funcionan con conmutación de circuitos, lo anterior significa que una red 3G actual tiene que mantener una red de conmutación de circuitos y

una red de conmutación de paquetes esto se traduce en mayores costos operacionales, LTE de tajo elimina este problema porque los servicios de datos y voz operan con IP, se utiliza VoIP[55]. Además de la disminución de los costos operativos por el mantenimiento de una sola red, la característica All-Ip le da a los servicios de TMC y BAM una característica hasta ahora única en los servicios móviles que es poseer un direccionamiento IP que lo identifica como un elemento de red único a cada dispositivo móvil celular, de esta manera se puede establecer comunicación punto a punto entre dos dispositivos móviles celulares.

Para un MVNO contar con un MNO anfitrión con una red de transporte completamente IP le permite inicialmente gran versatilidad para el manejo de los servicios porque es una red de conmutación de paquetes y de esta forma es posible manejar cualquier tipo de información (voz o datos) de la misma forma, finalmente esto conlleva a la convergencia en servicios es decir LTE cumple con la característica fundamental para una red de nueva generación NGN esta importante característica se transmite de forma automática a los MVNO e incluso realizando acuerdos con múltiples proveedores, extendiendo y complementando las características de cobertura de un solo proveedor. Lo anterior significa que un MVNO soportado por tecnología LTE puede llegar a tener cobertura mundial a precios iguales a varios destinos, de hecho MVNO del Reino Unido tienen cobertura y beneficios para sus usuarios en todo Europa e incluso en Estados Unidos.

4.6 Interfuncionamiento con otras tecnologías

LTE fue diseñada para interactuar con una RAN ya sean del grupo 3GPP o de otro tipo de redes, esta característica es fundamental porque no se puede pensar que LTE se pueda instalar y eliminar de una vez el resto de redes, esto permite una migración paulatina hacia LTE manteniendo la interoperabilidad y permitiendo a su vez disfrutar de las ventajas tecnológicas de LTE. Para el MVNO significa que su MNO anfitrión puede ir migrando su red a la nueva plataforma LTE y el operador móvil virtual no va a tener problemas y paulatinamente comenzará a disfrutar de las ventajas de LTE, aquí se observa una ventaja de los MVNO, de forma indirecta siempre va tener una RAN tecnológicamente actualizada sin tener que incurrir en costos de inversión y operación de la red de acceso de radio.

4.7 Crecimiento de los operadores

El espectro es un recurso limitado por lo tanto está restringido a un monopolio natural de pocas empresas, a través de los MVNO es posible garantizar que existe un mercado altamente competitivo porque el MVNO no debe incurrir en gastos de permisos del uso del espectro, luego si los MNO poseen una infraestructura LTE que tiene una alta eficiencia espectral pueden garantizar que tienen capacidad disponible para ofrecer a un MVNO, claramente se está garantizando el crecimiento de los operadores de servicios aunque la infraestructura siga restringida a un limitado número de empresas.

Una forma de garantizar la entrada de nuevos operadores es crear la regulación de tal forma que garantice que los operadores que se les asigne espectro reserven un porcentaje razonable de su capacidad instalada para ofrecerla a los MVNO esto permite que aunque se concentre el espectro en unos pocos operadores de red si se tenga proveedores de TMC y BAM en libre competencia logrando dinamizar los mercados y promoviendo la cobertura universal. Por ejemplo, países como Japón, el Reino Unido y Estado Unidos lo reguladores intervienen solo cuando un conflicto entre un MVNO y MNO no logra solucionarse.

Un sector de servicios móviles altamente desarrollado tiene influencia directa en el PIB de un país, es decir, si una nación tiene gran cantidad de espectro asignada entre sus operadores su PIB se incrementa notoriamente. Un sector móvil desarrollado se ve reflejado en la cantidad de operadores que este tenga, indiferente que la naturaleza del operador sea MVNO, de allí la

[55] http://es.wikitel.info/wiki/LTE

importancia que se tenga una gran cantidad de espectro para que se puedan dar relaciones MVNO-MNO donde ambas partes tengan ganancias.

4.8 Entidades de normalización

Toda nueva tecnología es el resultado de un trabajo mancomunado de un grupo de entidades y por lo tanto de personas, la tecnología LTE no es la excepción, esta fue diseñada en el 3GPP, su evolución inicia desde GSM hasta LTE-avanzado. En esta organización se diseñan los estándares que son presentados ante la UIT-T para su aprobación tal como sucedió con LTE-avanzado que recientemente fue aceptado como la tecnología IMT-avanzado.

4.8.1 Unión internacional de Telecomunicaciones UIT.

La UIT es una organización que hace parte de la Organización de Naciones Unidas y es la más importa de la ONU en lo que concierne a tecnologías de la información y la comunicación TIC. Como coordinador mundial de gobiernos y sector privado, la función de la UIT abarca tres sectores fundamentales: radiocomunicaciones, normalización y desarrollo. La UIT tiene su sede en Ginebra (Suiza) cuenta con 192 estados miembro y más de 700 miembros de sector y asociados.

La UIT-T, sector de normalización, se encarga de definir los requerimientos que debe tener una tecnología telecomunicaciones y TIC y en este caso las radiocomunicaciones terrestres móviles. Luego de la evolución de las redes móviles desde su primera etapa comercialmente llamada 1G redes analógicas hasta la 2G la UIT definió IMT-2000 que fue el estándar para las comunicaciones de tercera generación 3G, esta norma abarca especificaciones de espectro de radiofrecuencia de carácter técnico para los componentes radioeléctricos y de red, la forma de tarificar y facturar, la asistencia técnica y los estudios sobre aspectos de reglamentación y política[56]. Con base en esta norma es que las demás entidades deben trabajar garantizando el interfuncionamiento de equipos y de redes.

El estándar IMT-2000 tuvo gran éxito y a partir del año 2000 se han observado gran cantidad de normas derivadas de esta norma, por lo tanto la UIT la Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones (CMR 07) amplió la familia de interfaces radioeléctricas 3G de IMT-2000 con tecnología OFDMA y estableció el nombre IMT-avanzadas para los sistemas posteriores a IMT-2000, con base en esta ultima norma es que se definió LTE en el 3GPP.

Durante esta misma conferencia se definieron nuevas bandas de frecuencias para las IMT-avanzadas con el fin de garantizar la normalización de bandas de frecuencia y permitir la operatividad mundial de equipos de red y equipos de usuario.

4.8.2 El proyecto de socios de tercera generación 3GPP (*The 3rd Generation Partnership Project 3GPP*)

Esta organización es un acuerdo de colaboración entre diferentes organismos de estandarización para el desarrollo y evolución de las especificaciones técnicas del estándar WCDMA de IMT-2000 y actualmente de IMT-avanzadas. Su principal objetivo es producir especificaciones técnicas, pero no la definición de las normas finales, pero en la práctica las recomendaciones del 3GPP suelen ser adoptadas y normalizadas por dichos organismos, todas las recomendaciones que esta entidad genera están disponibles de forma gratuita en su página www.3gpp.org.

[56] http://es.wikitel.info/wiki/IMT-2000

4.9 Colombia en la cuarta generación de las redes móviles.

Colombia actualmente se encuentra en una posición en la cual confluyen situaciones bien interesantes, la primera un mercado de banda ancha móvil con crecimiento exponencial, tres MNO en plena competencia, tres MVNO en plena operación (uno solo servicios de voz y dos solo con servicios de BAM) muestra el dinamismo de este sector en el país y finalmente la entrada de un cuarto MNO dispuesto a invertir a redes LTE o de 4G y con espectro asignado en la banda de 2.6GHz, banda en la cual a nivel mundial se está dando la normalización para LTE y lo más importante la asignación de espectro se hizo siguiendo las recomendaciones de la UIT-T para esta banda, para el caso de Colombia significa que le permitirá acceder a economías de escala en cuanto a la adquisición de equipos de red así como de dispositivos móviles traduciendo todo esto en beneficios para el usuario final

Es muy importante conocer una nueva tecnología que sin lugar a dudas va a ser el siguiente paso en redes móviles y tener presente una realidad que se está dando en el país, la de los MVNO tanto de voz como de BAM, ahora si se relaciona una tecnología en expansión con una realidad nacional permite prever tendencias que resultan de la combinación de tener una infraestructura altamente eficiente desde el punto de vista del uso espectral y un modelo de operador que ha tenido aceptación en otros países, logrando analizar las ventajas que un MVNO tiene sobre un MNO, revisando la regulación actual en cuanto a este tipo de operadores, conexión MNO-MVNO e interconexión MVNO-MNO teniendo claro que la primera relación se da entre MNO anfitrión y MVNO como cliente y la segunda entre dos operadores que requieren intercomunicarse o inclusive modelos en los cuales un MVNO puede tener acuerdos con varios proveedores y de esta forma llegar a tener mejor cobertura que los propios MNO.

Con un análisis técnico de estas dos tendencias antes que se implemente ya se puede vislumbrar un panorama positivo o negativo pero en este caso y de acuerdo con lo mostrado en los apartados anteriores un MVNO que opere sobre LTE le agrega muchísimas más ventajas a la forma en la que actualmente operan estos operadores principalmente porque LTE es una red NGN (completamente IP) disfrutando de todas las ventajas que han mostrado las redes de conmutación de paquetes desde el nacimiento de internet.

5 Análisis del impacto en el cambio climático de los servicios de telefonía y banda ancha móvil prestados por un MVNO soportado por tecnología LTE.

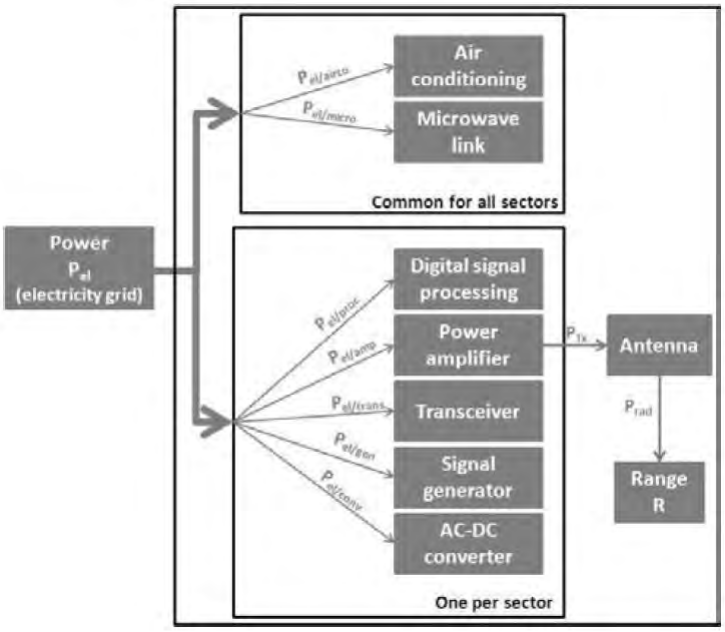
En términos generales y a primera vista el impacto en el cambio climático de un MVNO sería el mismo que tiene su MNO, pero si se analiza con más detalle se observa que su impacto depende del nivel de dependencia de su MNO, es decir, si el MVNO es fuertemente dependiente de su MNO su impacto disminuye porque el gasto energético solo se reduce al funcionamiento de lo que tiene que ver con la atención y el manejo de los usuarios. Ahora si la dependencia comienza a disminuir la cantidad de equipos y sistemas que estarían replicados tanto en el MVNO como en el MNO aumenta, es decir el impacto en el cambio climático aumenta a medida que el MVNO aumenta su nivel de dependencia de su MNO, lo anterior significa replicación de equipos que cumplen la misma función tanto en el MVNO como en el MNO.

Si se toma otro enfoque, teniendo en cuenta que la RAN consume cerca de dos tercios del consumo total de un sistema móvil, el simple hecho de ser un MVNO representa un disminución en consumo de energía, teniendo en cuenta que el operador nuevo en algún momento tiene que llegar a tener una cobertura y capacidad instalada similar a la de MNO establecido. Tomando esta misma línea de análisis y consolidando los esfuerzos para instalar una RAN desde cero es claro también que la sola entrada de un nuevo operador en este caso de un MVNO también reduciría el impacto en el cambio climático, impacto que se puede cuantificar en toneladas de CO2-equivalente

La opción mencionada inicialmente tiene en cuenta temas de replicación de sistemas y equipos diferentes a los que intervienen en la RAN, por lo tanto, se enfocará en análisis del cambio climático desde la segunda opción que consiste en que el hecho de ser un MVNO representa enormes ahorros energéticos que con solo la RAN representa un 30% y dicho ahorro aumenta dependiendo del nivel de dependencia que decida conservar el MVNO. De acuerdo a lo anterior es claro que la segunda opción incluye la primera respecto al análisis de replicación de equipos.

Las estaciones base en cualquier tecnología de acceso son el componente que mayor consumo energético tiene porque en esta se concentra toda la comunicación de los equipos de usuario y todo el uso del espectro lo cual se traduce en alto consumo de potencia por lo tanto la eficiencia energética de los equipos que hacen parte de la estación base debe ser muy alta.

Figura 5-1. Diagrama de bloques de los equipos de una estación base (49)



En (50) se realiza un análisis de ciclo de vida LCA en el cual se mide de una forma integral la huella de carbono de un usuario de un servicio móvil, el consumo energético de la radio base claramente es el que más gasto energético posee y por lo tanto allí es donde están las mayores oportunidades de disminuir el impacto en el cambio climático. Aunque la eficiencia energética de la estaciones base ha mejorado considerablemente, ver Figura 5-2, desde los años 90 cuando se consumía 100 Kg CO2-eq hasta pasar a 25 Kg CO2-eq, sin embargo este consumo sigue siendo alto porque es el equivalente a consumir 10.5Litros de gasolina que es lo que gasta un automóvil promedio en una hora a una velocidad de 120Km/h (50).

Figura 5-2 Emisión anual de CO2-eq anual (51)

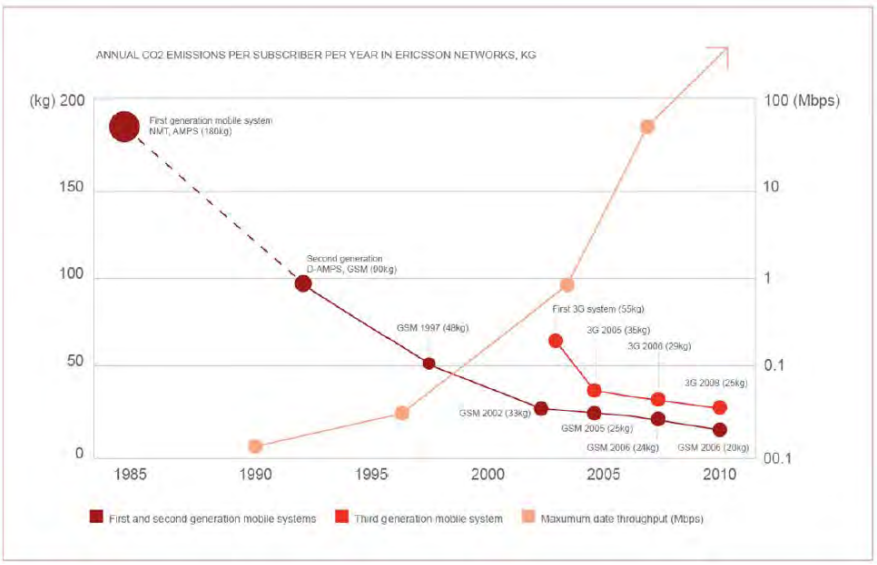
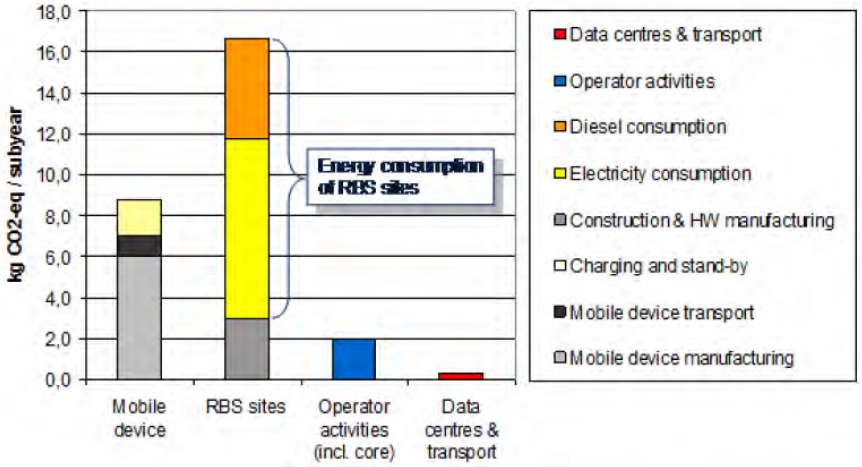


Figura 5-3. Consumo discriminado por componentes macro en una RAN (50)



Huella del carbono (Emisiones de CO2-eq) para un suscriptor móvil promedio en 2007. La preocupación de la eficiencia energética para las redes móviles es muy alta porque muchos países sitúan el desarrollo de este tipo de redes como un factor de competitividad en el mundo globalizado de allí la importancia de contar con redes móviles altamente eficientes, de acuerdo con lo anterior la Asociación GSM GSMA ha desarrollado un método de medición de esta variable "**Servicio de Evaluación de indicadores de competitividad sobre la Eficiencia Energética Móvil MEE**", este método realizará lo siguiente:

- Cuantificará los costes y los ahorros en CO2e para los Operadores de Redes Móviles
- Fomentará una metodología coherente para evaluar de modo comparativo la eficiencia energética de la red.
- Recopilará datos del sector y evaluará de modo comparativo el rendimiento para permitir que los Operadores de Redes Móviles se midan así mismos externa e internamente, cuantificando los posibles beneficios en eficiencia
- Coordinará con la industria y con las partes interesadas reglamentarias, de forma que la metodología de evaluación de indicadores de competitividad sea adoptada como un estándar global.

Para lograr el objetivo se evaluaran de forma comparativa cuatro medidas

- Consumo energético de red móvil por conexión móvil;
- Consumo energético de red móvil por emplazamiento de celda;
- Consumo energético de red móvil por unidad de tráfico móvil y
- Consumo energético de red móvil por unidad de ingresos de móviles.

Como se mencionó anteriormente dado que un Operador Móvil Virtual no tiene instalada una RAN este genera un impacto muy positivo en el cambio climático, para mostrarlo en términos numéricos en (49) se realiza una comparación de tres tecnologías de acceso para servicios móviles Wimax, LTE y HSDPA y haciendo el modelo que exista un MVNO con cualquiera de estas tecnologías de soporte se tienen ahorros energéticos de 20.4% para una RAN en LTE o HSDPA y de 31.7% para una RAN basada en Wimax, estos valores pueden aumentar teniendo en cuenta que el resto de la red que compone un sistema móvil estaría replicado en el modelo propuesto.

Tabla 5-1. Comparación de consumo energético entre LTE, Wimax y HSDPA (49)

	Consumo estación base	**Ptotal**	**Ahorro energético del MVNO [%]**
LTE	124	607.2	20.4
Wimax	65	204.8	31.7
HSDPA	205	1003.8	20.4

Las bondades técnicas en eficiencia de espectro que ofrece LTE permiten que un MNO pueda ofrecer parte de su red para un MVNO promoviendo la competencia y una alta eficiencia energética con una RAN que es utilizada por dos operadores independientes desde el punto de vista comercial.