

# Propuesta de optimización de uso del espectro radioeléctrico en el Ecuador

S.P. Cabrera, G. Olmedo y R. León

*Carrera de Ingeniería en Electrónica y Telecomunicaciones, Escuela Politécnica del Ejército, Sangolquí, Ecuador*

**RESUMEN:** En el presente artículo se presentan tres alternativas para la optimización del espectro radioeléctrico en el Ecuador. En la primera alternativa se propone la adopción de un solo plan de canalización de las bandas de frecuencias para utilizar adecuada y eficientemente el espectro. En la segunda alternativa se propone la reutilización del espectro en sistemas puntuales, entre ellos de cobertura y enlaces radioeléctricos. Para los primeros definiendo áreas de cobertura reales basadas en las características de los equipos y antenas usados comúnmente, mientras que en enlaces radioeléctricos con la colocación de los equipos de los diferentes usuarios a una distancia mínima pero suficiente espaciados para no causar interferencias perjudiciales entre ellos, además de adoptar polarizaciones adecuadas, dependiendo de las características del enlace. Finalmente, se sugiere la implementación de una nueva ruta de enlaces radioeléctricos que comuniquen Quito y Guayaquil en la banda de 7-8 GHz.

## 1 INTRODUCCIÓN

Según la Unión internacional de Telecomunicaciones (UIT), el espectro radioeléctrico es el conjunto de ondas electromagnéticas, cuya frecuencia se fija convencionalmente por debajo de 3000 GHz, que se propagan por el espacio sin guía artificial. Además es un recurso natural, de carácter limitado, que constituye un bien de dominio público, sobre el cual el Estado ejerce su soberanía. Se subdivide en nueve bandas de frecuencias, que se designan por números enteros, en orden creciente y su unidad es el Hertzio (Hz).

El Estado tiene la potestad de normar el uso del espectro de frecuencias radioeléctricas, administrando, regulando y controlando su utilización en sistemas de telecomunicaciones en todo el territorio ecuatoriano. No obstante, el uso del espectro radioeléctrico debe ser compatible y armonizado alrededor del mundo, para lo cual la mayor parte de países del mundo, fabricantes, operadores e instituciones particulares se agrupan en la UIT y sus dependencias para establecer las mejores condiciones de este recurso.

Dentro de los instrumentos legales y reglamentarios más importantes que rigen las telecomunicaciones y particularmente el espectro radioeléctrico en el país, se tienen los siguientes:

Ley Especial de Telecomunicaciones Reformada: Esta Ley constituye el marco legal vigente del sector mediante la cual se establece una transformación fundamental en el régimen de las telecomunicaciones ecuatorianas al acoger como principio general la libre competencia en la pres-

tación de estos servicios y sólo como régimen de excepción, la operación de aquellos que serán prestados en régimen de exclusividad regulada.

Reglamento General a la Ley Especial de Telecomunicaciones: Documento usado en el Ecuador con la finalidad de establecer las normas y procedimientos generales aplicables a las funciones de planificación, regulación, gestión y control de la prestación de servicios de telecomunicaciones y la operación, instalación y explotación de los mismos.

Reglamento de Radiocomunicaciones: Es un instrumento jurídico sobre las radiocomunicaciones, que establece los procedimientos y principios que rigen a los servicios y sistemas que hacen uso del espectro radioeléctrico en el país.

Plan Nacional Frecuencias: Establece las normas para la atribución de las bandas, subbandas y canales radioeléctricos para los diferentes servicios de radiocomunicaciones, en el Ecuador.

## 2. ÍNDICE DE OCUPACIÓN DEL ESPECTRO RADIOELÉCTRICO

El objetivo de este punto fue determinar de una serie de métodos que permitan reflejar el porcentaje de ocupación del espectro tanto a nivel nacional como a nivel local, además de mostrar el porcentaje geográfico que está contaminado por las emisiones de sistemas de radiocomunicaciones. En primera instancia, el análisis se lo realizó para sistemas de cobertura en las bandas VHF y UHF, dando un ejemplo de cálculo de porcentaje de ocupación en la banda de 450-512 MHz para la provincia de Pichincha, más adelante se realizó una predicción de contaminación por sistemas de cobertura en la banda de 450 MHz de las áreas geográficas a nivel nacional. Posteriormente en aplicaciones de enlaces radioeléctricos se analizó la ocupación de la banda de 7.125-8.500 MHz en el Cerro de Hojas.

Por otro lado, se realizó un análisis estadístico de la ocupación actual e histórica de las bandas: VHF en el rango 138-174 MHz, UHF en el rango de 450-512 MHz. Posteriormente, se analizaron los enlaces radioeléctricos bajo 1 GHz; además se revisaron los resultados obtenidos para servicios de Telefonía Móvil, tomando en cuenta el número de abonados, radiobases instaladas por los operadores (CONECEL S.A., OTECEL S.A. Y TELECSA S.A.) y finalmente se realiza un análisis del porcentaje de enlaces radioeléctricos en las bandas de 7 y 15 GHz.

A continuación presentamos los resultados de mayor relevancia del análisis de la ocupación del espectro radioeléctrico en el país.

La Fig. 1, muestra el porcentaje de ocupación de la banda VHF en el rango de 138-174 MHz, donde se puede observar la saturación en provincias como Pichincha y Guayas.

La Fig. 2, muestra el porcentaje de ocupación de la banda UHF en el rango de 450-512 MHz, donde se puede observar que Pichincha presenta un 90% de utilización.

La Fig. 3, muestra el porcentaje de ocupación del espectro radioeléctrico en bandas de relevancia bajo 1 GHz, donde la ocupación del espectro radioeléctrico es mucho menor, como se observa existe una disponibilidad de 96% aproximadamente en el peor de los casos, estas bandas son usadas para brindar servicios Fijo y Móvil Terrestre con enlaces radioeléctricos de baja capacidad, los usuarios nacionales de estas aplicaciones son pocos, por lo que no son muy cotizadas a diferencia de frecuencias mayores que son usadas especialmente en Sistemas de Telefonía Móvil, esto se analizará en el siguiente punto. Los cerros mas usados son el Apagua, Bombolí y el Bosco con un 3,5% aproximadamente de congestión.

Las Fig. 4, 5 y 6 muestran el número de estaciones radio base instaladas en el país tanto para las bandas de 850 MHz como para 1900 MHz.

Las Fig. 7 y 8 muestran el porcentaje de ocupación del espectro radioeléctrico en las bandas 7125 – 8500 MHz y 14400 – 15350 MHz, respectivamente, tomando en cuenta los cerros más importantes a nivel nacional

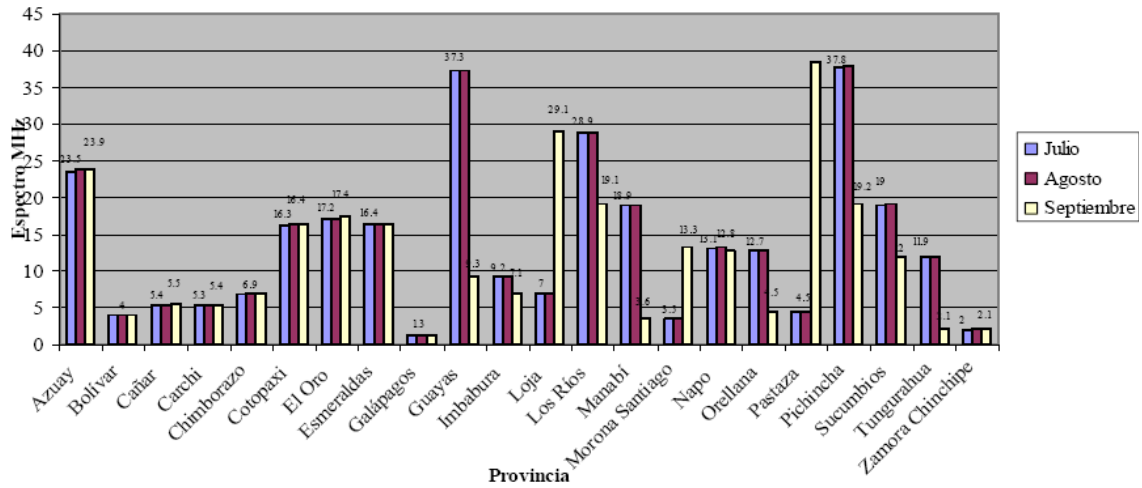


Figura 1. Porcentaje de ocupación del espectro en VHF

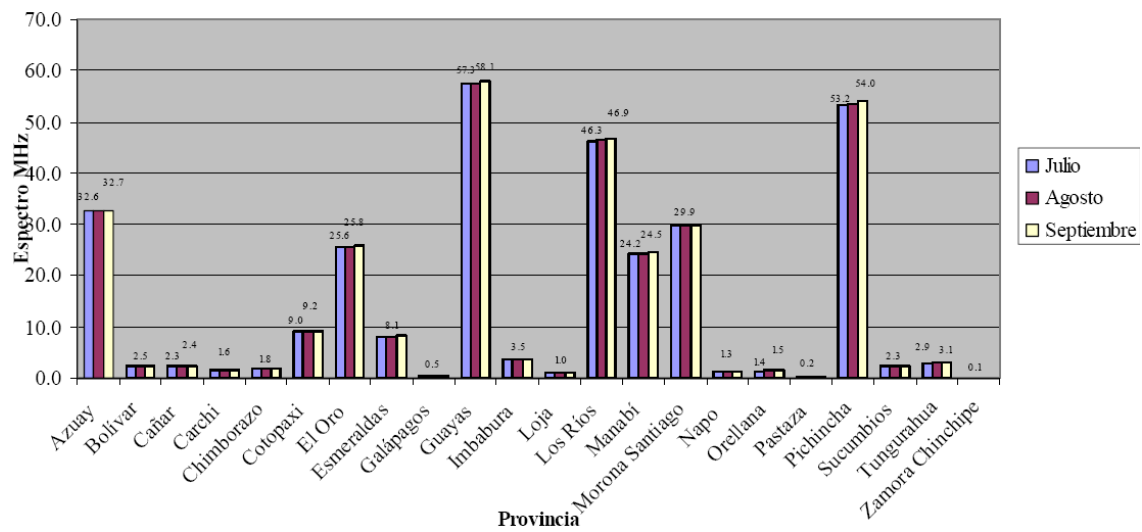


Figura 2. Porcentaje de ocupación del espectro en UHF

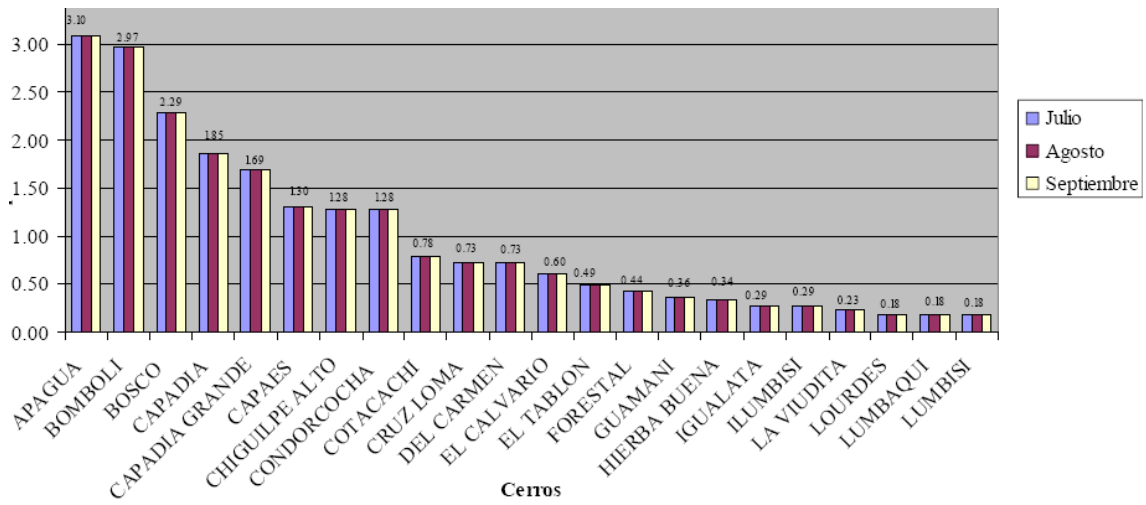


Figura 3. Porcentaje de Ocupación del espectro para enlaces radioeléctricos

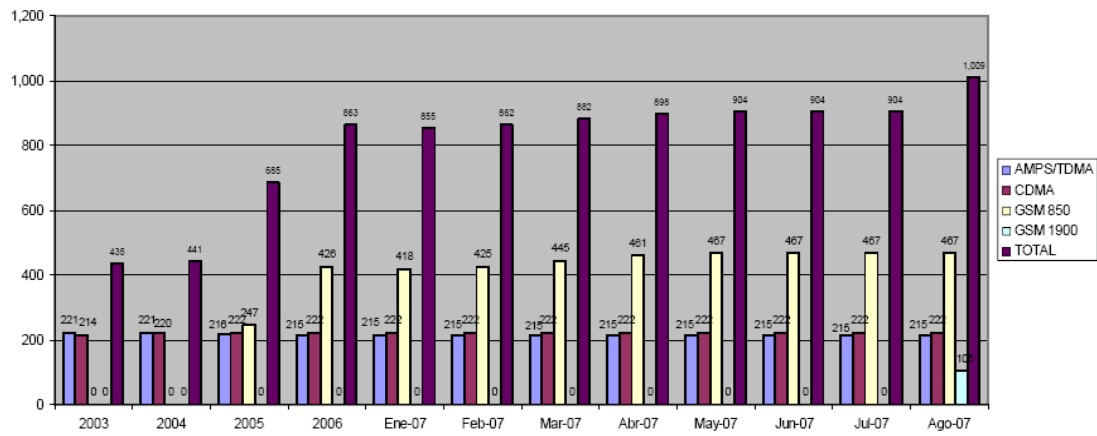


Figura 4. Estaciones Radio Base de OTECEL S.A.

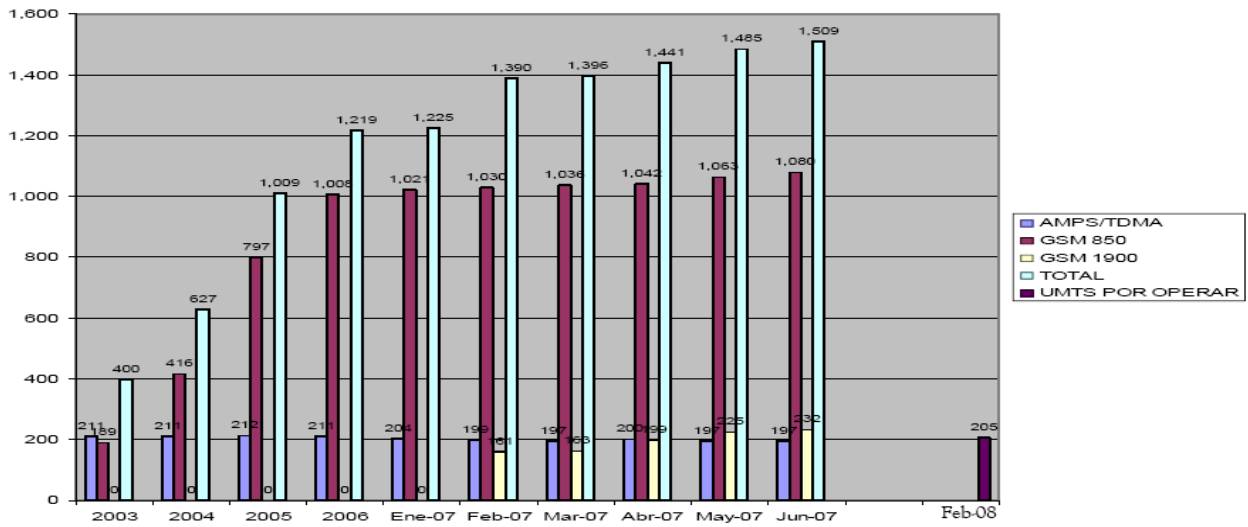


Figura 5. Estaciones Radio Base de CONECEL S.A.

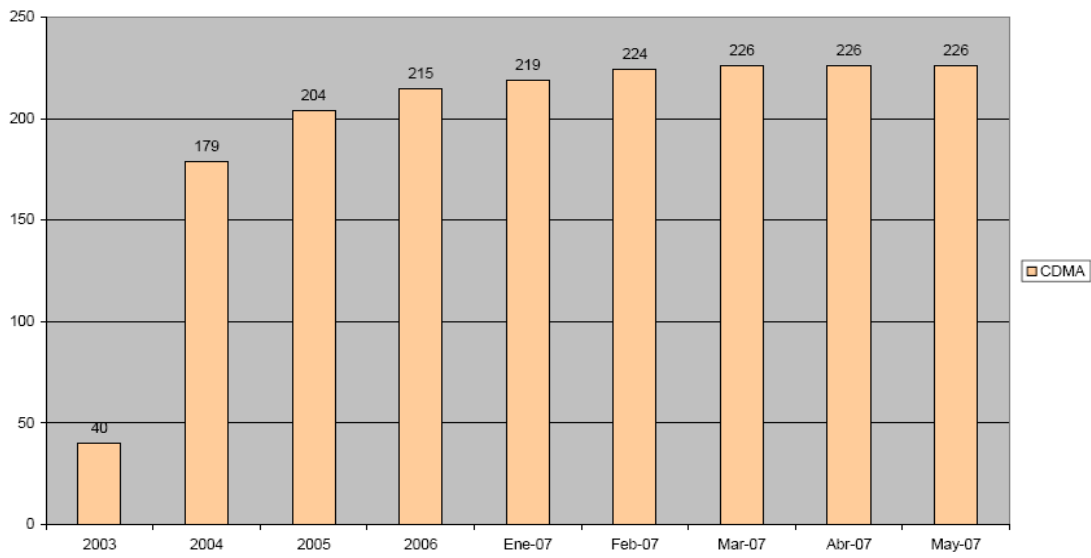


Figura 6. Estaciones Radio Base de TELECSA S.A.

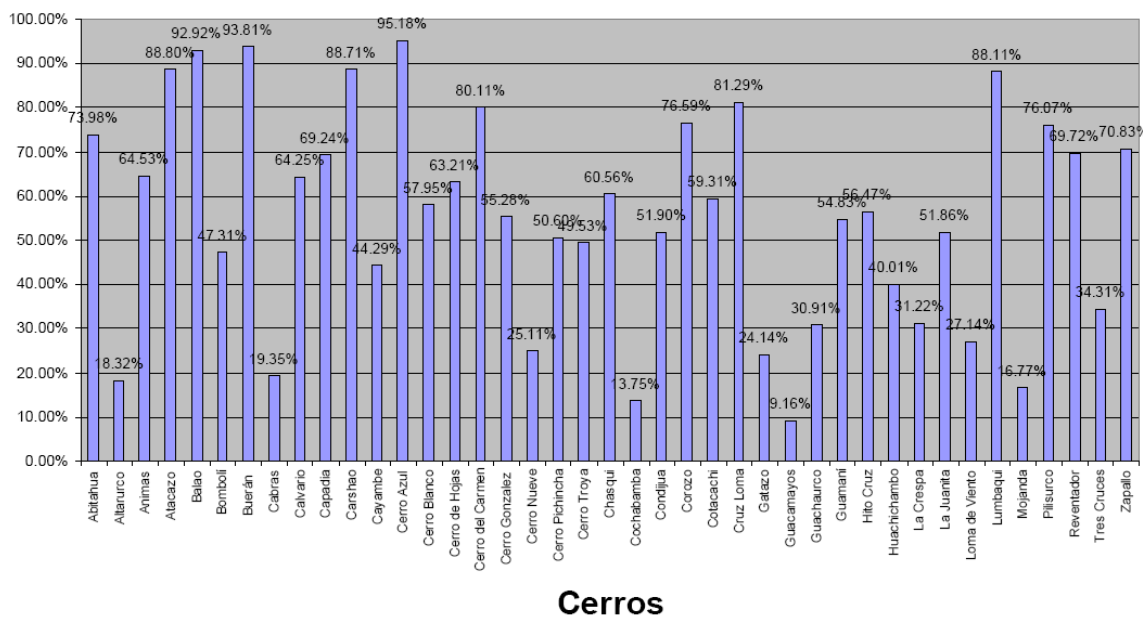


Figura 7. Porcentaje de ocupación del espectro en la banda de 7125 – 8500 MHz

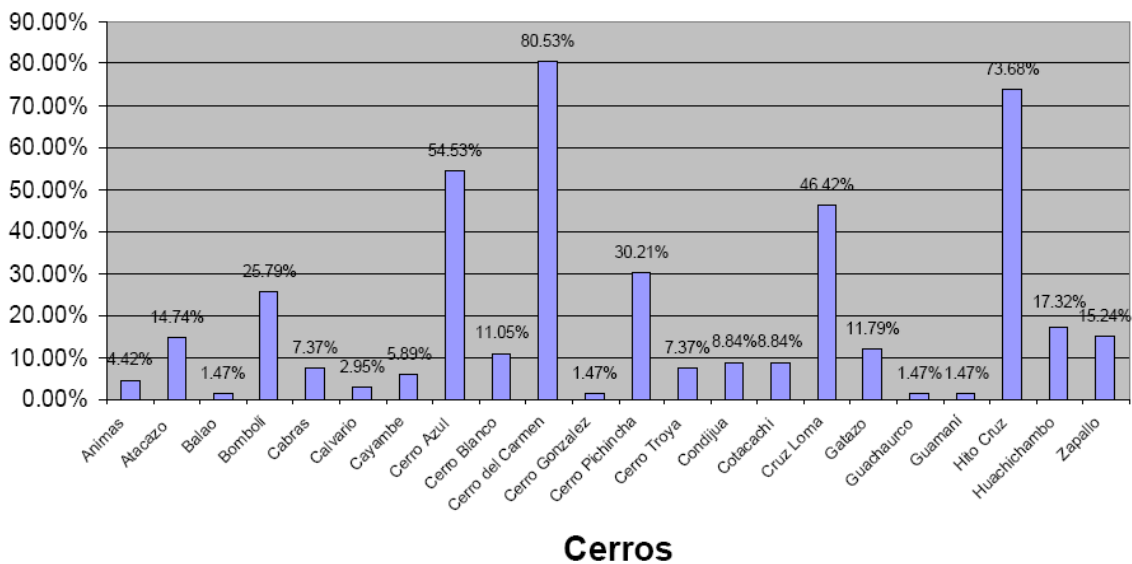


Figura 7. Porcentaje de ocupación del espectro en la banda de 14400 – 15350 MHz

### 3. CRITERIOS PARA LA REUTILIZACIÓN DE FRECUENCIAS

La atribución de las bandas de frecuencias a los diversos servicios surge de una reglamentación internacional (Reglamento de Radiocomunicaciones) de la UIT-R, pero la asignación de las bandas de frecuencias entre los diferentes usuarios de un mismo servicio, surge de un reglamento propio de cada administración. Por otro lado, se debe recordar que los equipos están diseñados bajo determinadas características de operación las cuales deben ser acordes a las canalizaciones establecidas. La UIT suele realizar modificaciones a las recomendaciones emitidas afectando los planes de canalización tomados por cada país y por ende la operación de los equipos. Estos cambios podrían producir inconvenientes en una administración a largo plazo del espectro, por lo que se realizará un análisis de los planes de canalización en las bandas de mayor importancia en el Ecuador, con el objetivo de mejorar los ya existentes y aprovechar de mejor manera este recurso que se está haciendo cada vez más escaso.

Otra alternativa es la asignación de áreas reales de cobertura basadas en las características del sistema y desechar la asignación por provincias utilizada actualmente. Por otro lado, una alternativa de reutilización de espectro con enlaces radioeléctricos la es determinando la distancia mínima a la cual las estaciones fijas deben ser localizadas en los sitios de transmisión con el objetivo de no causar interferencia entre ellas pero tampoco desperdiciar espacio y el uso adecuado de polarización.

### 4. PROPUESTAS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ESPECTRO RADIOELÉCTRICO

La Banda VHF (138 – 174 MHz) al no contar con un plan de canalización definido tiene un método de asignación de frecuencias desordenado, para dar solución a este inconveniente es necesario iniciar una migración de los usuarios a largo plazo, aproximadamente 10 años, reubicándolos con separaciones Tx-Rx y anchos de banda estandarizados; con el objetivo de ordenar la asignación de frecuencias en esta banda.

La Banda UHF (450 – 512 MHz) por otro lado cuenta con una administración más ordenada del espectro, por esto se propone a las operadoras el uso de equipos que necesiten anchos de banda pequeños para así aprovecharlo de mejor manera.

Para las bandas de 1-2, 6, 7-8, 14-15 y 23 GHz, deberían ser concesionadas bajo los planes de canalización propuestos, ya que a través de ellos se logra ocupar la totalidad de la banda en cuestión, los usuarios de estos rangos en su mayoría están dentro del plan a adoptarse por lo que una migración resultaría mucho más sencilla; además, la distribución de canales permite realizar ampliaciones de ancho de banda sin afectar las canalizaciones establecidas.

Otra manera de optimización del espectro también podría usar como herramienta un incentivo económico para con los usuarios, en este caso para que desarrollen lugares alternativos en donde instalar sus estructuras, pero sitios donde la congestión de sistemas de telecomunicaciones no sea grande, de esa manera se podría reutilizar casi en un 100% las frecuencias.

### 5. PROPUESTA DE NUEVA RUTA DE ENLACES RADIOELÉCTRICOS PARA EL PAÍS

En el país, con el objetivo de brindar determinados servicios de telecomunicaciones principalmente en la banda de 7-8 GHz a través de enlaces de microondas, los usuarios hacen uso de algunos cerros y rutas, las cuales resultan eficientes y rápidas. Dada la gran demanda de estos sitios, se han llegado a saturar, imposibilitando la instalación de nuevas estructuras y congestionando el uso del espectro radioeléctrico en estos lugares. La ruta que presenta mayor congestión en el país comunica Quito con Guayaquil, siguiendo el siguiente recorrido: Cerro Cruz Loma - Cerro Chasqui - Cerro Pilisurco - Cerro Capadía - Babahoyo y Cerro Azul, como se muestra en la Fig. 8.



Figura 8. Ruta actual

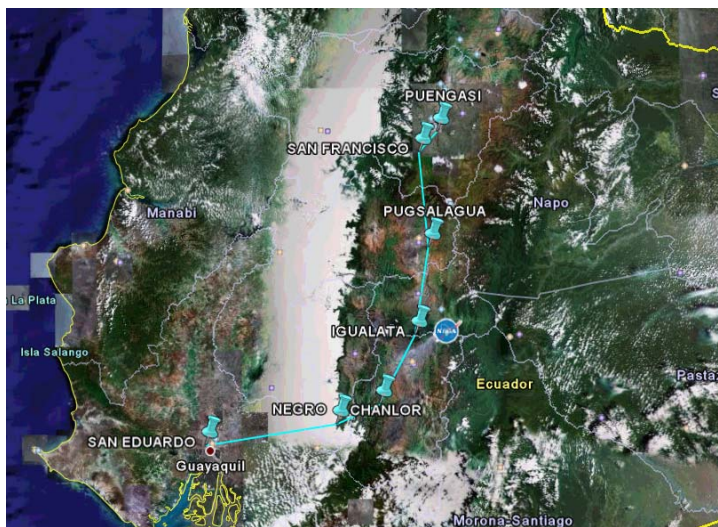


Figura 9. Ruta propuesta

Los cerros escogidos para comunicar Quito con Guayaquil presentan características geográficas muy favorables, entre estas la accesibilidad, factibilidad, viabilidad, entre otras, lo que ha incrementado el número de usuarios, generando una alta congestión principalmente en la banda de 7 – 8 GHz, como se puede observar en la Tab. 1. Esto hace necesario proponer una nueva ruta que no involucre a los sitios mencionados para de esta manera poder reutilizar esta parte del espectro radioeléctrico en otras zonas evitando interferencias perjudiciales.

Tabla.1. Porcentaje de Ocupación de los Cerros correspondientes a la Ruta Actual

Cerro	Porcentaje de ocupación
Cruz Loma	81,29
Chasqui	60,56
Pilisurco	69,72
Capadia	69,24
Azul	95,18

Algunos de los puntos a tomarse en cuenta en el diseño de una ruta alternativa son: la distancia de los enlaces radioeléctricos, fijada en 100 Km máximo debido a las características de propagación en esta banda; la existencia de línea de vista; el despejamiento en la zona de Fresnel entre los puntos del enlace; la accesibilidad y la viabilidad a cada uno de los sitios que formen parte de la ruta. La partir del análisis de propagación, la ruta que presenta mejores características es la que se muestra en la Fig. 9 y se detalla a continuación: Cerro Puengasí - Cerro San Francisco - Cerro Pugsalagua - Cerro Igualata - Cerro Chanlor - Cerro Negro y Cerro San Eduardo.

Para establecer la ruta mostrada en la Fig. 3, se realizó un análisis de los enlaces microondas en el Software Radio Mobile en la banda de 7 – 8 GHz, con los siguientes parámetros de operación característicos:

Ganancia (dBi): 40

Potencia de Transmisión (dBm): 23

Banda operación (MHz): 7000 – 8000

Altura de antenas: Entre 20 – 65 m, dependiendo del sitio

La ruta presentada resultaría eficiente ya que cumple con los requerimientos técnicos mínimos de operación de enlaces de microondas en la banda de 7-8 GHz, permitiendo la comunicación entre las ciudades de Quito y Guayaquil que presentan problemas de saturación del espectro radioeléctrico en la banda mencionada, de esta manera se ofrece una alternativa de optimización del espectro a través de su reutilización. Al contar con nuevos cerros para instalar equipos de radiocomunicaciones el porcentaje interferencias perjudiciales entre usuarios disminuye considerablemente permitiendo un desarrollo del sector de las telecomunicaciones en aplicaciones que utilicen esta banda.

Se debe tener presente que los sitios mencionados por el momento cumplen con las características técnicas apropiadas, pero no se asegura que exista accesibilidad a los mismos, lo cual constituye un aspecto muy importante al momento de pretender llevar a la práctica esta propuesta, contar con carreteras o caminos seguros que permitan llegar a los cerros, energía eléctrica para poner en operación a los equipos, entre otros son puntos que pueden ser verificados únicamente mediante visitas técnicas a los lugares, lo cual no se realizó al ser este un estudio teórico.

## 6. CONCLUSIONES

El espectro radioeléctrico al ser considerado como un recurso natural, de carácter limitado, que constituye un bien de dominio público, requiere una regulación prospectiva que asegure el poder enfrentar los cambios rápidos en la tecnología y servicios que se están dando.

A través de herramientas estadísticas se a podido determinar que la disponibilidad de las bandas VHF y UHF está entre el 40-60 % ya que son utilizadas para brindar cobertura en Servicios Fijo y Móvil Terrestre, donde solo se maneja voz y anchos de banda pequeños llegando máximo a 25 kHz. Por lo que aún se tiene disponibilidad de frecuencias para ese tipo de sistemas.

El porcentaje de disponibilidad para enlaces radioeléctricos en bandas de frecuencias bajo 1 GHz alcanza el 96 % debido a que son usadas para brindar servicios Fijo y Móvil Terrestre con enlaces radioeléctricos de baja capacidad, donde los usuarios nacionales son pocos, por lo que no son muy solicitadas a diferencia de frecuencias mayores que son usadas especialmente en Sistemas de Telefonía Móvil.

El porcentaje de disponibilidad en bandas altas especialmente de 7-8 GHz es bastante reducido alcanzando el 4-5 % debido a que los equipos que funcionan en estas frecuencias se concentran en espacios relativamente reducidos, minorando la posibilidad de reutilización de frecuencias en la misma área debido a problemas de interferencias, lo que implica la asignación de frecuencias distintas y por ende la saturación rápida del espectro.

La adopción de un solo plan de canalización adecuado y ordenado basado en las recomendaciones emitidas por la UIT y bajo criterios de la administración local permitirá optimizar el uso del espectro radioeléctrico.

Debe existir transparencia del ente Regulador en cuanto a la asignación del espectro radioeléctrico, a su disponibilidad y condiciones de asignación, haciendo que su uso sea no discriminatorio.

Se propone modificar la administración del espectro tal como actualmente se encuentra organizada con incentivos económicos para impulsar la introducción de tecnología de punta. Proveer incentivos al sector público para motivarlo a liberar espectro.

Se sugiere tomar en cuenta la nueva ruta propuesta para comunicar a las ciudades de Quito y Guayaquil, realizando visitas técnicas a los cerros implicados con el objetivo de verificar la factibilidad de instalación de equipos de radiocomunicaciones y así poder llevar a la práctica esta propuesta de optimización del espectro radioeléctrico.

Los planes de canalización así como las estadísticas de disponibilidad deberían ser documentos públicos que permitan a los usuarios proyectar el despliegue de sus sistemas.

## REFERENCIAS

[1] Hernando Rábanos, José María, Comunicaciones Móviles, Editorial Centro de Estudios Ramón Areces, Madrid, 1997.

[2] Secretaría Nacional de Telecomunicaciones, <http://www.conatel.gov.ec/>