

PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN DE USO DEL ESPECTRO RADIOELÉCTRICO EN EL ECUADOR

Cabrera R. Susana Patricia Ing. Gonzalo Olmedo M.Sc.
Ing. León V. Rubén D. M.Sc.

DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA ESCUELA POLITECNICA DEL EJÉRCITO

RESUMEN

En el presente estudio se determinan alternativas para la optimización del espectro radioeléctrico en el Ecuador.

Inicialmente, a través de herramientas estadísticas se consiguió determinar un bajo porcentaje de ocupación en las bandas VHF y UHF, mientras que en el rango de 7-8 GHz, la situación es bastante crítica presentando una disponibilidad del 4-5% en determinadas áreas del país, por lo que es necesaria la adopción inmediata de medidas adecuadas para administración.

Entre las alternativas propuestas se encuentran la adopción de un solo plan de canalización de las bandas de frecuencias para utilizar adecuada y eficientemente el espectro. Otra alternativa, es la reutilización del espectro en sistemas puntuales, entre ellos de cobertura y enlaces radioeléctricos. Para los primeros, se la consigue 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 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 comunique Quito y Guayaquil, a aplicarse en la banda de 7-8 GHz. Usando el software "Radio Mobile" se determinó que el camino más eficaz comprende los cerros: Puengasí – San Francisco – Pugsalagua – Igualata- Chanlor – Negro y San Eduardo.

1. INTRODUCCIÓN

Según la UIT el espectro radioeléctrico es el conjunto de ondas electromagnéticas, cuya frecuencia se fija convencionalmente por debajo de 3 000 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).

La longitud de onda y la frecuencia tienen una relación estrecha en la cual mientras la frecuencia aumenta la longitud de onda se hace más pequeña y viceversa, de esta manera, se afirma que las bandas pueden utilizar una nomenclatura que da idea del orden en magnitud de las longitudes de onda correspondientes a las bandas, denominada designación métrica.

2. REGULACION DEL ESPECTRO RADIOELECTRICO

De acuerdo a una base legal exclusivamente el Estado tiene la potestad de normar el uso de recursos naturales como el 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. Algunas de

estas dependencias son las que se enumeran a continuación:

* **Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT):** Organismo perteneciente a las Naciones Unidas, encargado de regular las telecomunicaciones a nivel internacional. La normativa generada por la UIT está contenida en un amplio conjunto de documentos denominados Recomendaciones, agrupados por series.

* **Unión Internacional de Telecomunicaciones-Radiocomunicaciones (UIT-R):** Es el Sector de la UIT encargado de la Radiocomunicaciones, su función es garantizar la utilización racional, equitativa, eficaz y económica del espectro de frecuencias radioeléctricas por todos los servicios de radiocomunicaciones, incluidos los que utilizan la órbita de los satélites geoestacionarios, y llevar a cabo estudios en todas las gamas de frecuencias, sobre la base de los cuales se adoptan Recomendaciones.

* **Comisión Interamericana de Telecomunicaciones (CITEL):** Entidad de la Organización de los Estados Americanos, con sede en Washington, DC, donde los gobiernos y el sector privado se reúnen para coordinar los esfuerzos regionales para desarrollar la Sociedad Global de la Información.

* **Reglamento de Radiocomunicaciones de la UIT:** Este reglamento proporciona el marco internacional para asegurar que las señales no se interfieran entre sí, además de armonizar la utilización del espectro radioeléctrico a escala internacional.

* **Conferencias Mundiales de Radiocomunicaciones (CMR):** Es un acontecimiento fundamental para el cumplimiento de las principales responsabilidades de la UIT, para asegurar una utilización racional, equitativa, eficaz y económica del espectro de radiofrecuencias por todos los servicios de radiocomunicaciones. Estas conferencias normalmente se convocan cada dos o tres años.

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 prestación 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:** El 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:** En este Plan se establecen las normas para la atribución de las bandas, subbandas y canales radioeléctricos para los diferentes servicios de radiocomunicaciones, en el Ecuador.

El sector de telecomunicaciones en el país tiene una estructura, definida en la Ley, en la que existen cuatro entidades que realizan las funciones de administrar, regular y controlar éstas son:

* **Consejo Nacional de Telecomunicaciones (CONATEL):** Ente encargado de dictar políticas y normas para regular los servicios de Telecomunicaciones. Está facultado por la Ley para otorgar concesiones y permisos para la explotación de los servicios de Telecomunicaciones mediante procedimientos dictados por la Ley.

* **Secretaría Nacional de Telecomunicaciones (SENATEL):** Órgano ejecutor de las políticas y resoluciones del CONATEL.

*** Superintendencia de Telecomunicaciones (SUPTTEL):**

Organismo encargado de gestionar, administrar y controlar el uso del espectro radioeléctrico y de vigilar que las empresas que prestan servicios de telecomunicaciones cumplan con lo establecido en la Ley y en los contratos de concesión.

*** Consejo Nacional de Radio y Televisión (CONARTEL):** Organismo encargado de otorgar frecuencias o canales para radiodifusión y televisión, teniendo también como funciones las de regular y autorizar estos servicios en el territorio nacional. El control del segmento lo realizará la Superintendencia de Telecomunicaciones.

3. SERVICIOS UTILIZADOS EN EL ESPECTRO RADIOELECTRICO

3.1 Servicios Radioeléctricos

A nivel mundial para los diferentes servicios radioeléctricos hay una asignación de frecuencias efectuada por la UIT, en el cual están representadas todas las naciones interesadas. A fin de estandarizar la denominación de las diferentes operaciones de radiocomunicaciones la UIT a definido una serie de servicios los cuales podrán ser encontrados en el Reglamento de Radiocomunicaciones.

3.2 Servicios de Telecomunicaciones en el Ecuador

En el país estos servicios son establecidos por la Ley Especial de Telecomunicaciones Reformada, indicando que los servicios abiertos a la correspondencia pública se dividen en servicios finales y servicios portadores.

*** Servicios finales de telecomunicaciones:** Son aquellos servicios de telecomunicaciones que proporcionan la capacidad completa para la comunicación entre usuarios, incluidas las funciones del equipo Terminal, generalmente con el requerimiento de elementos de conmutación. Forman parte de estos servicios inicialmente:

- *Servicio de Telefonía Móvil Celular (STMC)*
- *Servicio Móvil Avanzado (SMA)*
- *Telefonía Fija Local*

- *Servicio Telefónico de Larga Distancia Internacional*
- *Prestación de Servicios finales de telecomunicaciones a través de terminales de telecomunicaciones de uso público.*
- *Explotación de servicios de telecomunicaciones fijo y móvil por satélites no geoestacionarios que se prestan directamente a usuarios finales a través de sistemas globales.*

*** Servicios portadores:** Aquellos que proporcionan a terceros la capacidad necesaria para la transmisión de signos, señales, datos, imágenes y sonidos entre puntos de terminación de una red definidos, usando uno o más segmentos de una red. El suministro de estos servicios puede ser a través de redes públicas conmutadas o no conmutadas integradas por medios físicos, ópticos y electromagnéticos. Forman parte de estos servicios:

- *Portadores Nacionales*
- *Portadores Regionales*

Además, el Reglamento general a la Ley introdujo los denominados Servicios de Valor Agregado (SVA) que pueden ser ubicados dentro de este grupo ya que el acceso a los usuarios finales de los prestadores de servicios de valor agregado deberá realizarse a través de un concesionario de un servicio final.

3.3 Sistemas de Radiocomunicación

Los sistemas de radiocomunicaciones en el país forman parte de los servicios radioeléctricos definidos por la UIT los cuales rigen a nivel mundial y tienen por objeto, fomentar el uso y explotación del espectro radioeléctrico, de una manera eficaz, eficiente y regulada dentro del territorio nacional, a fin de obtener el máximo provecho de este recurso. Entre los sistemas de radiocomunicación, se consideran:

- *Modulación Digital de Banda Ancha*
- *Sistemas Comunales*
- *Sistemas Buscapersonas*
- *Sistemas Convencionales*
- *Sistema Troncalizado*
- *Enlace radioeléctrico*
- *Satelital privado*
- *Banda ciudadana*
- *Radioaficionados*

4. EL ESPECTRO RADIOELECTRICO DE LOS SERVICIOS FIJO Y MOVIL BANDAS VHF Y HHF

4.1 Banda VHF

Ocupa el rango de 30 MHz a 300 MHz. Conocida como banda métrica, la propagación se da por onda espacial troposférica ideal para comunicaciones terrestres. Las antenas utilizadas en los sistemas que operan en esta banda suelen ser antenas lineales y comprende dipolos, apilamientos de dipolos, antenas yagi, paneles, etc. Produce campos con polarización lineal, horizontal (H) o vertical (V) según la posición de la antena.

En esta banda funcionan los Sistemas Fijo y Móvil que permiten el intercambio de información entre terminales móviles, a bordo de vehículos o transportados por personas y terminales fijos a través de un medio de transmisión radioeléctrico. Estos

sistemas suelen ser de cobertura zonal, pudiendo estar los terminales en cualquier punto del área de cobertura. Además, permiten efectuar conexiones entre usuarios fijos desde centros de control o a través de la red telefónica, con usuarios móviles que dispongan del equipo apropiado, constituyéndose de este modo enlaces de telecomunicación de gran ubicuidad, versatilidad y flexibilidad. Su estructura se esquematiza en la Figura. 1:

El tipo de operación más usado es semidúplex en la cual para lograr comunicación de todos con todos en los canales simples a dos frecuencias, se configura la estación de base de forma que retransmita las señales que recibe (procedimiento denominado talk-through, TT). En este caso, la estación de base funciona en dúplex y los móviles en simplex. A este tipo de circuitos, que son simplex en un extremo y dúplex en el otro, se les denomina semidúplex. [1]

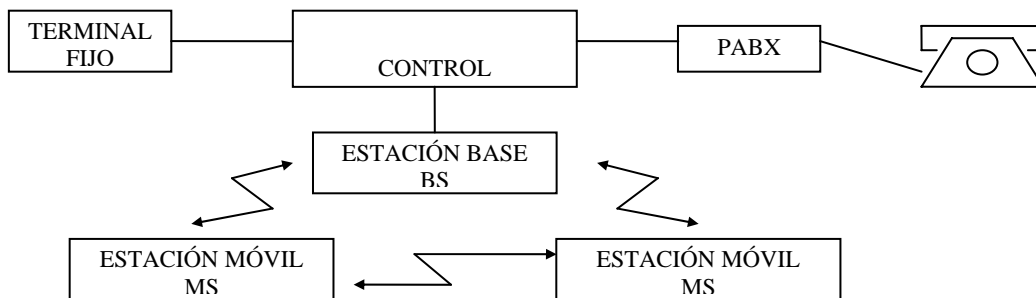


Figura. 1 Estructura de un Sistema Fijo y Móvil

4.2 Banda UHF

Ocupa el rango de frecuencias de 300 MHz a 3 GHz. Realiza su propagación por onda espacial troposférica, con una atenuación adicional máxima de 1dB si existe despejamiento de la primera zona de Fresnel. Es ampliamente usada por agencias de servicio público para comunicación con radios de dos vías, usando modulación de frecuencias de banda angosta, también son usadas para teléfonos móviles y sistemas de posicionamiento global. La banda UHF es generalmente más degradada por la humedad que bandas inferiores como VHF. Un aspecto muy importante de la transmisión UHF es la longitud de onda corta producida por una frecuencia alta. El tamaño del equipo para transmisión y recepción, especialmente antenas, es acorde al tamaño de la onda de radio. Antenas más pequeñas y menos visibles pueden ser usadas en esta banda a

diferencia de los equipos usados con frecuencias más bajas.

Entre los sistemas que funcionan en esta banda tenemos:

* **Sistemas de Telefonía Móvil:** Los sistemas celulares se basan en subdividir la superficie total a cubrir en zonas más pequeñas llamadas celdas o células, a las que se asigna una Estación Base con un cierto número de frecuencias o canales. Como el espectro radioeléctrico y el número de canales o comunicaciones posibles al mismo tiempo son limitados, se puede dividir la superficie total a cubrir en celdas de modo que las frecuencias que se usan en una celda puedan ser reutilizadas en otra celda lejana. Separando adecuadamente las celdas a una distancia llamada distancia cocanal o de reutilización, determinada por la relación de protección de RF, puede

reutilizarse el mismo juego o conjunto de frecuencias en diversas celdas. Reutilizando frecuencias de forma adecuada, un sistema celular puede cursar un nivel de tráfico superior al número de frecuencias asignadas a la banda. La operación de este sistema es como se describe a continuación: las estaciones base, Base Station (BS) están conectadas a los centros de Conmutación del Servicio Móvil, Mobile Switching Centre (MSC), que son centrales de conmutación especializadas para ejecutar las funciones necesarias para el funcionamiento del sistema. La conexión BS-MSC se realiza mediante enlaces dedicados. Los abonados deben estar localizados en todo momento para poder dirigirles las llamadas que se produzcan. Para ello, todo MSC dispone de dos tipos de bases de datos: el Home Location Register (HLR) donde se inscriben los abonados locales y el Visitors Location Register (VLR) donde se inscriben los abonados que están de paso [2].

* **Sistemas Troncalizados:** Un Sistema Troncalizado o Trunking es el compartidor automático de canales en un sistema múltiple de repetición. Las ventajas del trunking incluyen menos esperas para tener acceso al sistema y a la capacidad de canal creciente para una calidad dada del servicio. Puesto que la probabilidad de que todos los canales que estén ocupados en el mismo instante es baja, especialmente en sistemas más grandes, la ocasión del bloqueo es mucho menor cuando solo un canal puede ser alcanzado. La asignación de los canales es dinámica, observando su disponibilidad, además del orden en que el usuario ha hecho el pedido de la comunicación, aunque es posible tomar en cuenta ciertos criterios de prioridad dependiendo de la aplicación.

* **Sistemas Buscapersonas:** Es un sistema del servicio de radiocomunicaciones móvil terrestre, destinado a cursar mensajes individuales o a grupos, en modo unidireccional o bidireccional, desde redes inalámbricas hacia una o varias estaciones terminales del sistema. Las estaciones terminales de un Sistema Buscapersonas pueden ser móviles o fijas, esto es, portátiles o estar instaladas en puntos fijos no determinados o en vehículos.

5. EL ESPECTRO RADIOELECTRICO DEL SERVICIO FIJO EN BANDAS SOBRE 1 GHz

5.1 Banda 1-2 GHz

Denominada también "Banda L", es usada principalmente para radioenlaces terrenales del servicio fijo. En esta banda el alcance es largo, ya que debido a sus frecuencias bajas la longitud de onda aumenta, originando oscilaciones poco continuas lo que facilita su propagación, pudiendo llegar a mayores distancias evitando atenuaciones debido a obstáculos. En este rango de frecuencias, la propagación se realiza a través de las capas bajas de la atmósfera terrestre, en la región denominada tropósfera, entre antenas elevadas varias longitudes de onda sobre el suelo [3]. La canalización de frecuencias están distribuidas en pasos de 0.5 MHz.

Se debe mencionar, que una de las aplicaciones principales en esta banda y la banda de 14-15 GHz, es en la Red de Acceso, la cual permite a los usuarios finales llegar hasta el Core o Red de Backbone que es donde se mueven los datos para llegar a un destino concreto. Es posible usar estas bandas para este tipo de aplicación ya que el ancho de banda disponible de 1 – 2 GHz es bastante limitado, por lo que es adecuado usarlo para enlaces de acceso los cuales no transportan demasiado tráfico, y además cubren distancias bastante largas.

5.2 Banda 3.4-3.7 GHz

En el Ecuador esta banda está atribuida a la operación de Sistemas de Acceso Fijo Inalámbrico (FWA). El mayor desarrollo en esta banda se encuentra orientado a la operación de un sistema con tecnología Wi-Max (estándar IEEE 802.16). Esta tecnología de acceso transforma las señales de voz y datos en ondas de radio dentro de la citada banda de frecuencias. Está basada en *Orthogonal Frequency Division Multiplexing* (OFDM), y con 256 subportadoras puede cubrir un área de 48 kilómetros, aunque en la práctica sólo llega a 2 – 3 Km permitiendo la conexión sin línea vista, es decir, con obstáculos interpuestos, con capacidad para transmitir datos a una tasa de hasta 75 Mbps con una eficiencia espectral de 5.0 bps/Hz y dará soporte para miles de usuarios con una escalabilidad de canales de 1,5 MHz a 20 MHz.

5.3 Banda 6-8 GHz

Denominada también "Banda C", al igual que la Banda de 1-2 GHz es usada para radioenlaces terrenales del servicio fijo, pero con la diferencia que la distancia disminuye debido al aumento de frecuencia, llegando a proporcionar enlaces de mediano alcance.

En consecuencia, para salvar las limitaciones de alcance impuestas por la redondez de la Tierra y los obstáculos geográficos del terreno, se requiere en muchos casos la utilización de estaciones repetidoras. El modo de propagación es Troposférico.

La Canalización en esta banda se maneja principalmente con anchos de banda de 7 MHz, 14 MHz y 28 MHz de acuerdo a las recomendaciones emitidas por la UIT-R.

Es importante mencionar que esta banda es usada en el país para la Red de Backbone o de Core, la cual está compuesta por enlaces de gran capacidad o una serie de nodos de conexión que forman un eje de conexión principal y que deberá entre otras cosas cursar grandes volúmenes de tráfico con un muy elevado grado de confiabilidad.

5.4 Banda 14-15 GHz

Denominada también "Banda Ku", usada para radioenlaces terrenales del servicio fijo, el alcance de esta banda se reduce significativamente en comparación a las bandas analizadas anteriormente, debido a las frecuencias elevadas del rango, llegando a alcanzar distancias máximas de 15 Km aproximadamente.

Por otro lado, en este caso las interferencias no serán producidas únicamente por obstáculos, ya que en bandas superiores a los 10 GHz los gases y vapores atmosféricos, principalmente el oxígeno y el vapor de agua, producen una absorción de la energía electromagnética, lo que se traduce en una atenuación adicional para las señales, similar efecto es producido por las precipitaciones, sobretodo la lluvia, y en ciertos casos, las nubes y la nieve. Este es otro motivo por el cual los enlaces en estas bandas deben ser de corto alcance a fin de poder evitar atenuación en su propagación a través de la tropósfera.

Al igual que en la banda de 6 – 8 GHz se usan antenas parabólicas tipo plato, pero con una ganancia mayor debido a su rango de operación y tipo de aplicaciones.

La Canalización está distribuida principalmente en pasos de 3.5 MHz, 7 MHz, 14 MHz y hasta 28 MHz.

6. ANALISIS DE BANDAS ASIGNADAS A SERVICIOS TELEFONICOS MOVIL Y FIJO INALAMBRICO

6.1 Servicio Telefónico Móvil

Las bandas asignadas para brindar Servicio Telefónico Móvil son las comprendidas en el rango de: 824 – 849 MHz (A1-A2-A3 para CONCEL S.A. y B1-B2 para OTECEL S.A.) y 869 – 894 MHz (A1'-A2'-A3' para CONECEL S.A. y B1'-B2' para OTECEL S.A.), la cual se denominará Banda de 850 MHz, además existe el rango de 1710 – 1885 MHz, 1885 – 2025 MHz y 2110 – 2200 MHz, al cual se denominará Banda de 1900, estas bandas están atribuidas para Servicios de Telefonía Móvil Celular (STMC), Telecomunicaciones Móviles Internacionales – 2000 (IMT-2000) y la operación de Servicio Móvil Avanzado (SMA).

El STMC fue concesionado a la operadora CONECEL S.A. el 26 de agosto de 1993 con un ancho de banda de 25 MHz en la banda de 850 MHz, evolucionado en su tecnología desde: Advanced Mobile Phone System (AMPS), luego TDMA, para pasar al uso actual de *Global System for Global Communication (GSM) / General Packet Radio Service (GPRS)*, actualmente tienen también EDGE y UMTS, mientras que OTECEL S.A. fue concesionado el 29 de noviembre de 1993 con las mismas condiciones de la otra operadora y su evolución tecnológica ha sido: AMPS, TDMA, CDMA 2000 1xRTT, GSM. Para la operación del STMC las operadoras usan frecuencias no esenciales, las cuales son utilizadas por enlaces de microonda que conectan las diferentes radiobases así como las MSC de la red. Estas frecuencias auxiliares son concesionadas en la banda de 1, 6, 7-8, 14-15 y 23 GHz.

A finales del 2006, fue asignado un bloque adicional a cada operador de 10 MHz en la banda de 1900 MHz, aquí aparecen los bloques D-D' que va de 1865 – 1870 MHz y 1945 – 1950 MHz respectivamente para OTECEL S.A., además del bloque E-E' que va de 1885 – 1890 MHz y 1965 – 1970 MHz respectivamente para CONECEL S.A.

TELECSA S.A. opera en la banda de 1900 MHz con un ancho de banda de 30 MHz, en la banda C – C', entrando al mercado con tecnología CDMA2000 1x y CDMA2000 1xEV-DO, actualmente presta servicios con tecnología GSM a través de la red de OTECEL S.A., mediante un acuerdo comercial entre las operadoras. De igual manera, a finales del 2006 fueron asignados 10 MHz adicionales en la banda F – F', debido al crecimiento acelerado que las

comunicaciones móviles han presentado en los últimos años.

6.2 Servicio Fijo Inalámbrico

Su objetivo es incentivar el crecimiento de las telecomunicaciones en zonas en las cuales el acceso es escaso permitiendo llegar a varios usuarios en un tiempo muy inferior y con costos relativamente bajos en comparación con la implementación de una red física, opera en la banda de 3.4 – 3.7 GHz, la cual inicialmente se encontraba subdividida en 6 bloques de frecuencias: los cuatro primeros son A-A', B-B', C-C', D-D', que ocupan la banda de 3400 – 3600 MHz con una separación semiduplex de 100MHz, mientras que los dos restantes E-E' y F-F', ocupan la banda de 3600 – 3700 MHz con una separación igualmente semiduplex de 50 MHz.

Se concesionaron los bloques A-A' (ANDINATEL S.A.) en el año 2005, B-B' (SETEL S.A.) el 26 de agosto de 2002 y C-C' (ECUADORTELECOM S.A.) el 15 de octubre de 2002, con un ancho de banda de 50 MHz y autorizados para operar a nivel nacional.

Se debe mencionar que existieron algunas recanalizaciones de los bloques D-D', E-E' y F-F', con el objeto de una administración mejor del espectro radioeléctrico, y la concesión de dos sub-bandas del bloque D-D' de la banda FWA para las empresas PACIFICTEL y ETAPATELECOM S.A.

7. INDICE DE OCUPACION DEL ESPECTRO RADIOELECTRICO

El objetivo de este punto es la determinación 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 realizará 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 analizarán los enlaces radioeléctricos bajo 1 GHz; además se revisarán 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.), además de analizar el porcentaje de enlaces radioeléctricos en las bandas de 7 y 15 GHz.

8. 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.

9. 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.

10. PROPUESTA DE NUEVA RUTA DE ENLACES RADIOELECTRICOS 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 las mismas 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 es la

que comunica las ciudades de Quito y Guayaquil y tiene el siguiente recorrido: Cerro Cruz Loma - Cerro Chasqui - Cerro Pilisurco - Cerro Capadia - Babahoyo y Cerro Azul 1. Esta ruta es la que se muestra en la Figura. 2.



Figura. 2 Ruta Actual

Como se observa los cerros escogidos para comunicar a las ciudades en cuestión presentan características geográficas muy favorables entre estas la accesibilidad, factibilidad, viabilidad, entre otras, las cuales han sido tomadas en cuenta por los usuarios a través del tiempo generando una gran congestión principalmente en la banda de 7 – 8 GHz. El porcentaje de ocupación de éstos cerros se resume en la Tabla 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 OCUPACION
Cruz Loma	81,29
Chasqui	60,56
Pilisurco	69,72
Capadia	69,24
Babahoyo	
Azul	95,18

¹ Dato proporcionado por la SENATEL

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. A partir de esto la ruta propuesta es la que se detalla a continuación: Cerro Puengasí - Cerro San Francisco - Cerro Pugsalagua - Cerro Iguálata - Cerro Chanlor - Cerro Negro y Cerro San Eduardo.

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.

11. 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

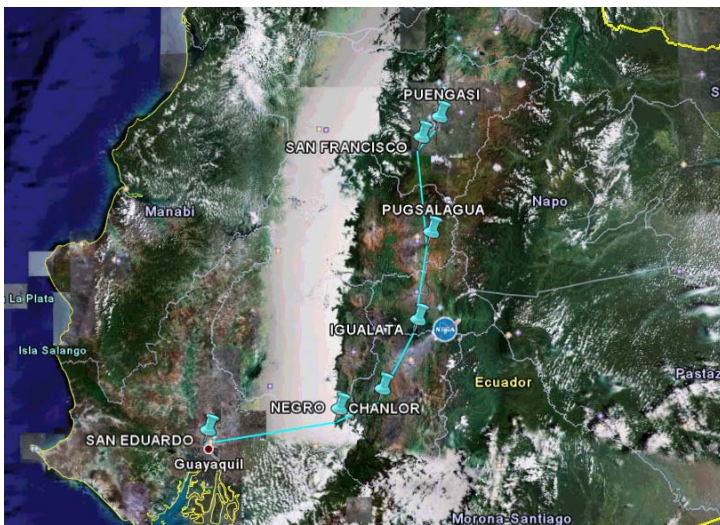


Figura. 3 Ruta Propuesta

Una vez establecida la ruta se verificó que se está cumpliendo con las características mínimas para poder realizar un enlace de microondas en la banda de 7 – 8 GHz, el análisis se lo realiza usando el Software Radio Mobile, 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

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.

El Regulador debe ser administrativamente eficiente.

12. RECOMENDACIONES

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 BIBLIOGRAFICAS

[1] Hernando Rábanos, José María, Comunicaciones Móviles, Editorial Centro de Estudios Ramón Areces, Madrid, 1997.
Belzunce, Sonia, "Redes Inalámbricas y Telefonía Móvil".

[2] Belzunce, Sonia, "Redes Inalámbricas y Telefonía Móvil",
<http://www.hacienda.go.cr/centro/datos/Articulo/Redes%20inalambricas%20y%20telefon%C3%ADa%20movil.DOC>, 20 de Septiembre de 2007.

[3] "Propagación III",
<http://espanol.geocities.com/elradioaficionado/antenas/propagacion02.htm#terres>, 1 de Octubre de 2007.