

# Planificación de una red GSM / GPRS / UMTS en la ciudad de Guayaquil

Macancela, J. <sup>(1)</sup>; Ballesteros, S. <sup>(1)</sup>; Baque, J. <sup>(1)</sup>; Novillo, F. <sup>(2)</sup>

<sup>1</sup> Miembros del Tópico previa la obtención del Título de Ingeniería en Electrónica y Telecomunicaciones

<sup>2</sup> Master en Comunicaciones Móviles de la Universidad Politécnica de Cataluña

Grupo de Investigación en Comunicaciones Móviles (GICOM)

<sup>1</sup>Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación

Escuela Superior Politécnica del Litoral

Campus Prosperina, Km 30.5 vía Perimetral, Guayaquil, Ecuador

{jmacance, sballest, jbaque, fnovillo}@fiee.espol.edu.ec

## Resumen

*Las condiciones actuales del mercado local obligan a analizar la implementación de una plataforma de 3G en el Ecuador, el presente estudio se centra básicamente en el enfoque del despliegue de una red UMTS a partir de una sólida y madura infraestructura GSM/GPRS, la cual operará en la banda A y D para GSM y UMTS respectivamente, dichas bandas se encuentran comprendidas entre 1850-1870 MHz para el enlace de subida y 1930-1950 MHz para el enlace de bajada. Esta estrategia de implementación se utiliza debido a las ventajas que esto representa desde las perspectivas del operador, comercial, técnica y financieramente; y a las facilidades regulatorias que ofrece el mercado nacional.*

*Se presta especial atención a los efectos y desafíos que se presentan en una configuración como la planteada donde coexistirán tres tecnologías de acceso que convergerán hacia un único núcleo de red, la planificación incluye entonces estrategias de balance de tráfico y servicios, al igual que políticas en la administración de la cobertura radioeléctrica.*

**Palabras Claves:** GSM, GPRS, EDGE, UMTS, 3G, WCDMA

## Abstract

*The conditions of the local market force has to analyze the implementation of a platform of 3G in Ecuador, the present study is centered basically in the approach of the unfolding of a network UMTS from a solid one and mature infrastructure GSM/GPRS, which will operate respectively in the band A and D for GSM and UMTS, these bands are included between 1850-1870 MHz for the connection of ascent and 1930-1950 MHz for the slope connection. This strategy of implementation is used due to the advantages that this represents from the perspective of the operator, commercial, technically and financially; and to the regulatory facilities that the national market offers. One lends special attention to the effects and challenges that appear in a configuration like the raised one where three technologies of access will coexist which they will converge for an only nucleus of network, the planning includes then strategies of traffic balance and services, like political in the administration of the radioelectric covering.*

## 1. Introducción

Las actuales aplicaciones y tendencias tecnológicas producidas por la globalización, hacen que los usuarios locales de telefonía móvil celular exijan nuevos y mejores servicios (navegación WAP (*Wireless Application Protocol*) [1], mensajes multimedia, transmisión de datos, videoconferencias, oficinas virtuales, juegos en línea, etc.) que traen consigo la necesidad de implementar soluciones tecnológicas capaces de satisfacer las necesidades tanto de velocidad como de calidad. Estos requerimientos junto con las condiciones y perspectivas del mercado local, que muestra la cercanía de la penetración del servicio celular a un nivel de saturación en el corto y mediano plazo, se enmarcan perfectamente en los

objetivos fundamentales planteados por UMTS (*Universal Mobile Telecommunication System*) [2]. Así pues con un escenario donde el mercado celular tiene un grado de madurez tal que alcanza el 75% de penetración nacional, las perspectivas de rentabilidad de los operadores deben centrarse en la prestación y explotación de estos servicios.

Además de lo expuesto, una de las ventajas que tiene UMTS como tecnología de 3G (*Third Generation*) [2] para ser implementada en el país es que el proceso de migración a partir de las redes GSM (*Global System for Mobile communications*) actualmente desplegadas en el medio resulta natural y evolutivo, esto representa para el operador la posibilidad de implementar las nuevas funcionalidades y realizar las modificaciones necesarias a la infraestructura de forma paulatina y

planificada. El objetivo de este estudio es plasmar el proceso de planificación de una red celular enmarcada en la perspectiva local del mercado, en su camino evolutivo desde una red de segunda generación como GSM diseñada para brindar fundamentalmente servicios de voz, seguido de un paso tecnológico intermedio a través de GPRS/EDGE (*General Packet Radio Service/Enhanced Data Rates for GSM Evolution*) que permite la transmisión de datos a velocidades de hasta 384Kbps (teóricamente), para finalmente desplegar UMTS como tecnología de 3G, por medio de la cual se sustentará la provisión de servicios multimedia, que requieren tasas de transmisión cercanas a los 2Mbps, en condiciones ideales.

## 2. Materiales

El proceso de planificación de redes celulares por parte de los operadores hace uso de sofisticadas herramientas informáticas especializadas en el tópico.

Para el presente proyecto no se ha utilizado un proceso tan automatizado como el que brindan estas aplicaciones informáticas, en su lugar se ha hecho uso de herramientas más convencionales y menos costosas. Así por ejemplo, el análisis de la cobertura en función de los aspectos topológicos de la región estudiada que en este caso es la ciudad de Guayaquil se realizó mediante el uso de Radio Mobile [3], un software gratuito de planificación radioeléctrica. Este programa utiliza mapas digitales provistos por la base de datos de la NASA para representar la topología del terreno, permitiendo representar los efectos de la propagación y la interferencia radioeléctrica.

Otra herramienta gráfica utilizada es Autocad [4], en el que se ha procedido al diseño de la malla celular en cada una de sus fases de desarrollo, las agrupaciones o clusters para la reutilización de frecuencias y códigos, diseño de la red de transporte.

La mayor parte de los procesos envueltos en la planificación se han realizado utilizando como base el procesador de hojas de cálculo Microsoft Excel, sobre el cual se desarrollaron las proyecciones, modelado y dimensionado de tráfico, la asignación de frecuencias, dimensionado de la red de transporte y el núcleo de red, y análisis de costos de implementación, etc. Esto gracias a la posibilidad que brinda de crear funciones o las llamadas macros, de forma personalizada, realizando cálculos extensos de forma automática

## 3. Métodos

La metodología planteada para el proyecto se ha dividido en las siguientes secciones:

### 3.1 Planificación GSM/GPRS/EDGE (Radio acceso)

Todo parte de un estudio de mercado y demográfico realizado por el operador, para el presente estudio, se realizó una encuesta en distintos puntos de la ciudad, a 100 personas, de edades que oscilan entre los 18 y 50 años, uno de los objetivos más importante de dicha encuesta, es la identificación del segmento de mercado sobre el cual el operador debe enfocar sus esfuerzos.

Como resultado de los pasos anteriores se obtiene un modelo del tráfico para el servicio de voz, en función de la demanda y del grado de movilidad de los usuarios, el cual ya puede ser utilizado para el diseño inicial de la malla celular. La Figura 1 resume la metodología usada en la planificación GSM.

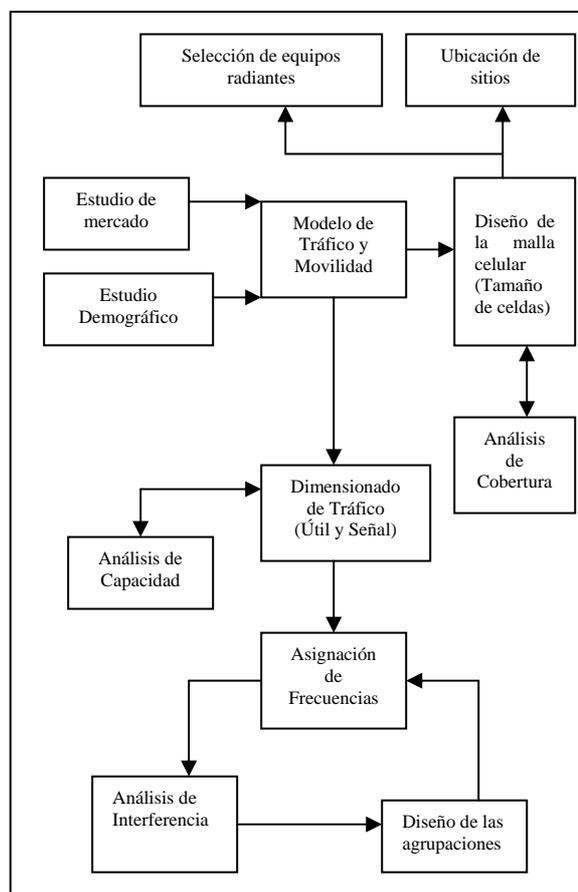


Figura 1. Proceso de Planificación GSM

Dadas las condiciones y características socioeconómicas de la ciudad se plantea una estrategia de sectorización o zonificación, con el objeto de obtener perfiles de intensidad y tasas de tráfico más ajustados a la realidad del mercado local. En la Tabla 1 se muestran los parámetros asumidos para la obtención del tráfico de la red en función de la ecuación 1:

$$A = M \cdot L \cdot H / 3600 \quad (\text{Ecuación 1})$$

Donde:

- A = Tráfico por celda (Erlangs)
- M = Terminales dentro de la celda
- L = Llamadas en la hora pico
- H = Duración de las llamadas (segundos)

**Tabla 1.** Perfiles de Tráfico según las zonas

	Centro	Urbano	Suburbano
L	0,5	0,2	0,1
H (seg)	60	45	30
Tráfico/usuario (Erlang)	0,00833	0,0025	0,0008333
GOS	0,02		

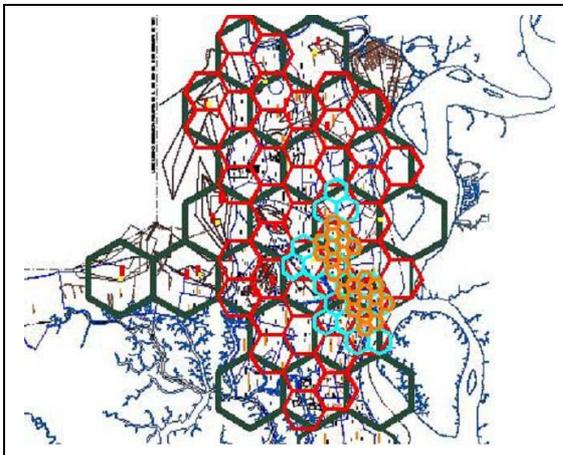
Luego para obtener el número de canales necesarios para solventar los requerimientos del servicio de voz se emplea el criterio del Erlang B para sistemas con pérdida de llamadas [5] [6]:

$$\text{GOS (\%)} = 100 \cdot B(N, A) \quad (\text{Ecuación 2})$$

Donde:

- GOS = Prob. de pérdida de la llamada
- A = Tráfico por celda
- N = Radiocanales necesarios

Debe tomarse en cuenta adicionalmente en el dimensionado del tráfico la señalización asociada a la comunicación, existen diversos tipos de canales de señalización en función de un determinado propósito, entre estos resulta de vital importancia un eficiente dimensionado de los canales SDCCH (*Stand Alone Dedicated Control Channel*), ya que ellos intervienen en la mayoría de los procesos propios del establecimiento y funcionamiento de una llamada. La norma GSM contempla varios tipos de asociación o correspondencia entre los canales físicos y los canales lógicos [7], la más congruente con las características de la ciudad es la llamada asignación **no combinada**, la cual hace un tratamiento separado de los recursos para voz y señalización.



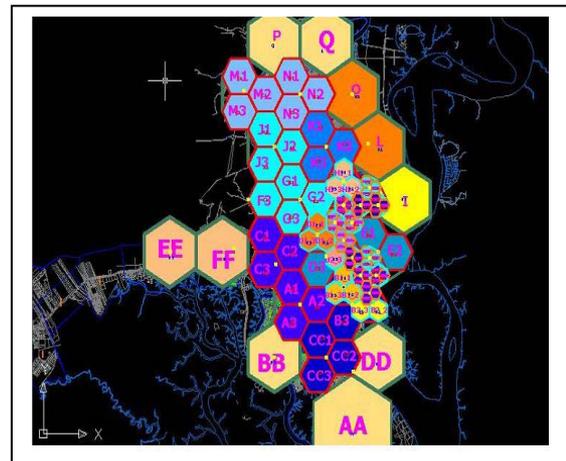
**Figura 2.** Diseño de la malla celular

La Figura 2 muestra el diseño de la malla celular, donde se puede apreciar los distintos tipos de tamaño de las celdas que van desde 1Km en los sectores periféricos hasta celdas con un radio de 125m en las zonas comerciales y de alto tráfico de la ciudad.

Una vez establecida la carga requerida por cada celda se debe tomar en consideración la más eficiente asignación de las portadoras en la red, recordemos que este tipo de sistemas es típicamente limitado en interferencia. Las técnicas empleadas para lograr esta asignación son [7]:

- Agrupaciones o clusters.
- Asignación geométrica.

En la Figura 3 se muestra el esquema empleado para la asignación de la red, se utilizó dos grupos de juegos de frecuencia intercalados entre las celdas en función de su radio, como se verá en la sección de resultados esta estrategia produce un decremento en la relación portadora (C/I) a interferencia, siempre dentro de los umbrales, pero permite un ahorro considerable del espectro.



**Figura 3.** Asignación de Frecuencias

Desplegar las funcionalidades para servicios de conmutación de paquetes mediante la implementación de GPRS [8] sobre la red GSM existente es un proceso que no implica mayores modificaciones sobre la red de acceso, el principal reto es dimensionar y modelar el tráfico requerido para las nuevas aplicaciones y servicios GPRS, para así obtener el número de canales de tráfico PDTCH (*Packet Data Traffic Channel*) necesarios.

Dadas las condiciones y características del mercado local un despliegue total de la red 3G no resulta rentable desde el punto de vista comercial, por esto la planificación prevé la implementación de EDGE [9] que junto con las funcionalidades GPRS permitirán al operador ofrecer servicios con tasas de transferencias medias (110-384Kbps) a las zonas de moderado tráfico. Esta implementación resulta ser tan solo una actualización del software del subsistema de estaciones base.

### 3.2 Planificación UMTS (Radio acceso)

La metodología de planificación UMTS se resume en la Figura 4, como se aprecia el esquema no difiere en gran medida del proceso anterior, pero WCDMA hace un énfasis mucho más riguroso en los aspectos de cobertura, capacidad e interferencia, donde su tratamiento está relacionado y es interdependiente.

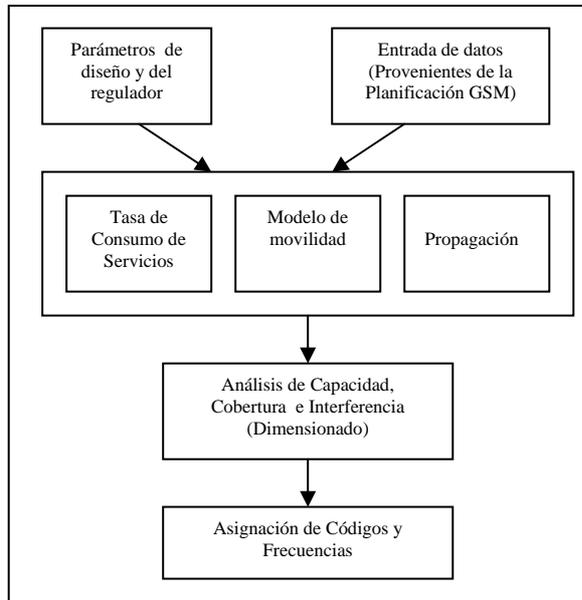


Figura 4. Proceso de Planificación UMTS

La cobertura es evaluada en función de un balance de potencia, se hace uso de parámetros de propagación del sistema y de fórmulas semi-empíricas para la predicción radioeléctrica. Es importante diferenciar los efectos de la propagación y potencia en cada uno de los enlaces: Ascendente ó Uplink (Usuario → Red), y Descendente ó Downlink (Red → Usuario). Típicamente la cobertura está limitada en el enlace ascendente dada la baja potencia que manejan los terminales.

Una ventaja para el operador al utilizar WCDMA es la posibilidad de la reutilización de frecuencia a un grado  $N = 1$ , lo que significa utilizar la misma frecuencia de portadora para toda la red, ya que la separación de cada uno de los usuarios se logra basándose en la asignación de un código ortogonal por parte de la red, la asignación de estos códigos obedece a ciertas reglas y condicionamientos que limitan su disponibilidad, para esto se hace uso de un segundo grupo de código llamados de pseudo-aleatorización. Para el estudio se hizo uso del método de agrupación o clusters, muy similar al empleado en la asignación de frecuencias GSM, lo que se busca es mantener una determinada distancia entre las celdas con el mismo código. En la Figura 5 se muestra el patrón de asignación de códigos empleada en la red.

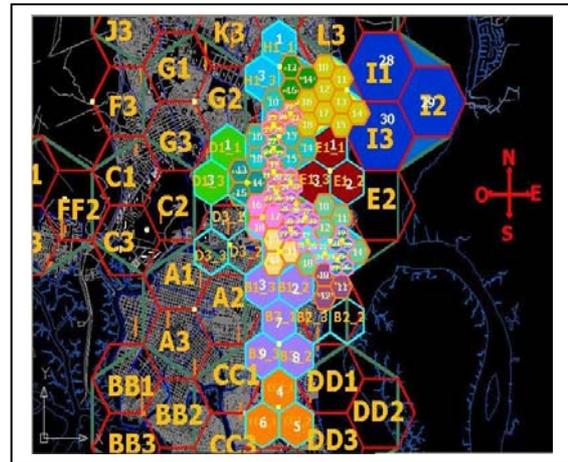


Figura 5. Asignación de códigos UMTS

### 3.3 Planificación de los elementos de la Red

Una vez dimensionada la red de acceso, se calcula la carga por emplazamiento, en función del tráfico de sus celdas, siguiendo este criterio se dimensiona la carga de las controladoras según el monto del tráfico que sumen las estaciones atendidas, para finalmente dimensionar el tráfico total que deberá atenderse en el centro de conmutación, tanto para el servicio de voz como el de paquetes.

## 4. Resultados

Uno de los primeros resultados obtenidos por este estudio gracias a la aplicación de estimaciones basadas en los patrones de actividad comercial local, la encuesta realizada, y datos obtenidos en el INEC (*Instituto Nacional de Estadísticas y Censo*) [10], es el modelo de movilidad de la población en la ciudad, en el cual se distinguen dos patrones distintos en función de las horas laborables [11].

La red será desplegada en 4 fases o etapas de despliegue a través de los 10 años de planificación programada, dentro de los cuales como se describe en la Tabla 2 se desplegarán las tres tecnologías ya descritas, además en Tabla se muestra el crecimiento de la infraestructura de acceso y de los usuarios potenciales previstos.

Tabla 2. Evolución de la malla celular

Año	Tecnología	Radio celular (Km)				Celda	Sitios
		1	0,5	0,25	0,13		
2006	1 GSM	x				67	23
2008	2 GSM/GPRS	x	x			89	34
2010	3 GSM/GPRS/UMTS	x	x	x		113	46
2012	4	x	x	x	x	149	63

El método de señalización **no-combinado** permite sustentar no solo la señalización común GSM, sino también la señalización GPRS. La Figura 6 muestra el grado de utilización de los canales de señalización común. Además, permite el dimensionado adecuado de los canales SDCCH, que por su función en el servicio SMS, debe tener especial atención en el mercado local.

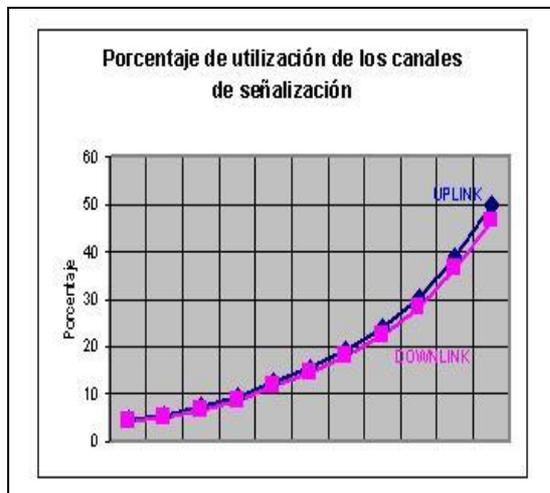


Figura 6. Grado de uso de la señalización común

Para el diseño de las agrupaciones celulares, se utilizó un factor de  $N = 3$ , ya que a pesar de obtener mayores niveles de interferencia, este efecto es tolerable con relación al grado de reutilización posible. En la Tabla 3 se comparan los efectos en la relación C/I en función del tamaño de las agrupaciones

Tabla 3. Efectos de C/I vs. Factor de agrupación

D2_2_1	C/I		
	N = 3	N = 4	N = 7
	28,5	30,1	65,47

Con el mismo objetivo de mejorar la administración del espectro, se utilizó un esquema de asignación grupal, donde se utilizó un juego de clusters para celdas de 1Km, otro en las celdas de 500m, y respetando el criterio de la distancia de reutilización, se volvió a utilizar estos juegos de agrupaciones en las celdas de 250m y 125m.

En lo que respecta al análisis de la red UMTS podemos resaltar los siguientes resultados dentro del análisis y planificación realizados:

- El factor de carga (CL) [12] para la red estará comprendido entre 65 y 70%, lo que garantiza valores estables, este parámetro puede entenderse como la relación entre el número de usuarios por servicios tolerado para un rendimiento óptimo y la carga máxima del sistema. En la Figura 7 se muestran las curvas características para los distintos servicios, de la

relación capacidad vs. Factor de carga de la red, tanto desde la perspectiva de la tasa de transferencia requerida por la celda, como de los usuarios permitidos en ella, se hace referencia al enlace descendente ya que el tráfico es fundamentalmente mayor en ese sentido.

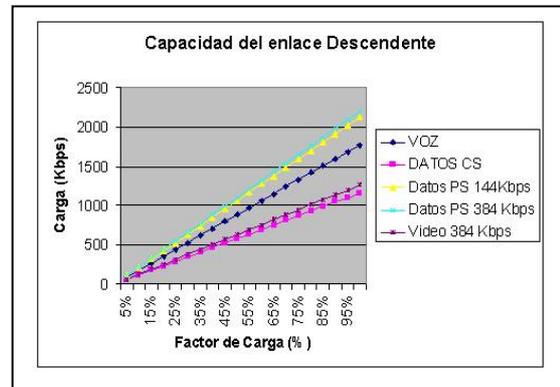


Figura 7. Capacidad del sistema en función de CL

De la Figura 7 se desprende que una dotación asignada de 1 E1 para una celda modelo es suficiente para satisfacer los requerimientos de entre 100 y 120 usuarios con perfiles de consumo típicos.

- El factor de carga también afecta la cobertura del sistema, como se ve en la Figura 8 el valor de CL seleccionado asegura una cobertura compensada para interiores (15dB) de alrededor de 300m en el enlace ascendente, que es la limitante típica. Además se aprecia el efecto de la cobertura en función de las tasas de transferencia de los servicios.

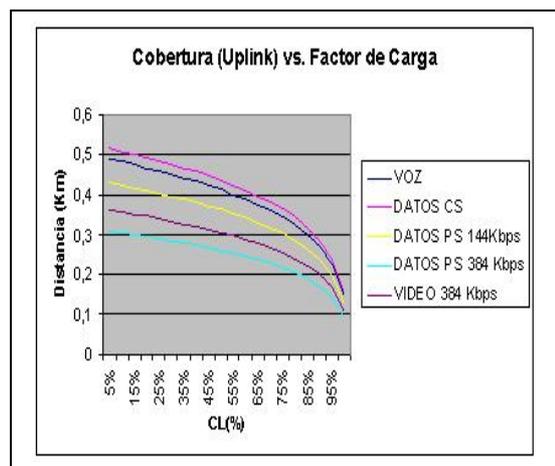


Figura 8. Cobertura del sistema en función de CL

- A pesar de que la cobertura UMTS es limitada en la ciudad, y el número de códigos es suficiente, un plan de asignación cubrirá las posibles futuras condiciones del mercado y de la red, de esta forma se emplearon 3 distintos juegos de asignación

Como un resumen general de la capacidad de la red se incluye en la Tabla 4, los requerimientos promedio de los elementos de red necesarios para nuestra implementación y las especificaciones de la solución de mercado encontrada, en este caso la plataforma integrada Nokia DX2000 [13] presenta tanto las características más ajustadas a nuestras necesidades.

**Tabla 4.** Capacidad de los elementos de red

Comparación de datos teóricos requeridos con datos de los equipos seleccionados			
		Datos teóricos (Requeridos)	Datos solución Nokia
MSC/VLR	Suscriptores	103123	150000
	Erlangs	374	8600
BSC/RNC	BTSs Máx	63	248
BTS/NodoB	TRXs Máx	6 Máx	12 Máx
SGSN	Suscriptores	20623	10000
	Canales	683	1024
HLR	Suscriptores	103123	300000

## 5. Conclusiones

El enfoque principal del estudio y sus conclusiones van dirigidos a una planificación conjunta de las redes:

- El hecho de planificar de forma conjunta las diferentes tecnologías de acceso del operador hará que el resultado global sea más exitoso, y que las fases posteriores de optimización sean más sencillas, lo que redundará en beneficios económicos para el operador.
- Reutilizando las ubicaciones con las que ya cuenta, los costes asociados a la adquisición de emplazamientos para la nueva red se reducen, y también se reduce el trabajo de obra civil. Si además se comparten las antenas, o se pueden sustituir las antenas monobanda con diversidad espacial por antenas multibanda (o de banda ancha) con diversidad de polarización, también se logra una reducción del espacio físico ocupado, pero esto limita la independencia de despliegue.
- En el escenario típico que se viene planteando a lo largo de este estudio, donde conviven GSM y UMTS, la estrategia o política de tráfico del operador podría ser operar el servicio de voz preferentemente por GSM, los servicios de baja tasa binaria por GPRS y los de alta tasa binaria por UMTS, logrando un balance óptimo de las cargas de la red
- Un esquema multicapas y jerárquico de frecuencias en la implementación UMTS facilitarían la planificación de esta, de igual forma el rendimiento de la red sería más eficiente.

## 6. Bibliografía y referencias

- [1] Vargas Tamás, Haverkamp Bert, Sanders Bart, "Analysis and Modelling of WAP traffic in GPRS network", Vodafone and Ericsson Research, 2003.
- [2] Telefónica, "Documentación de los sistemas de celulares", Mayo del 2006. Disponible en [www.telefonica.es/sociedaddelainformacion/pdf/publicaciones/movilidad](http://www.telefonica.es/sociedaddelainformacion/pdf/publicaciones/movilidad)
- [3] Radio Mobile Version 7.1.2, Radio Propagation and Virtual Mapping Freeware, 10 de Octubre del 2006. Disponible en <http://www.cplus.org/rmw>.
- [4] López Fernández J., Tajadura Zapirain J., "Autocad 2000 Avanzado", Editorial McGRAW-HILL, 1999
- [5] Hernando Rábanos José María, Comunicaciones Móviles, Editorial Centro de Estudios Ramón Areces, Segunda Edición, 2004, Capítulos 6, 7 y 12.
- [6] Cisco, "Overview of GSM, GPRS and UMTS", 25 de Junio del 2006, <http://www.cisco.com/univercd>
- [7] 3GPP, "Radio network planning aspects", 3GPP TR 03.30 V8.4.0, 2005-06. Disponible en [www.3gpp.org](http://www.3gpp.org)
- [8] Halonen Timo, Romero Javier, Melero Juan, "GSM, GPRS AND EDGE PERFORMANCE: Evolution toward 3G/UMTS", Wiley, Segunda Edición, 2002, Capítulo 5 y 7
- [9] Jung Young-Ho, Lee Young H, "Scrambling Code Planning for 3GPP W-CDMA Systems", Korea Advanced Institute of Technology Department of EECS, 2003.
- [10] Instituto Nacional de Estadísticas y Censo, "Estadísticas del VI Censo de Población - Cantón Guayaquil", Abril del 2006. Disponible en <http://www.inec.gov.ec>
- [11] Macancela Jorge, Ballesteros Santiago, Baque John, "Planificación de una Red GSM, GPRS, UMTS en la ciudad de Guayaquil", Tesis de Grado, FIEC-ESPOL, 2007
- [12] Holma Harri, Toskala Antti, "WCDMA for UMTS: Radio Access for Third Generation Mobile Communications", Wiley, Tercera Edición, 2004, Capítulos 3 y 8
- [13] Nokia, "Catálogo de Productos y Soluciones para Operadores Celulares-Red de Acceso y Núcleo de Red", Agosto del 2006, <http://www.nokia.com>