

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA



DIMENSIONAMIENTO DE REDES DE ACCESO CELULAR

INFORME DE SUFICIENCIA

PARA OPTAR POR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO ELECTRÓNICO

PRESENTADO POR:

HÉCTOR RAYME AYMITUMA

PROMOCIÓN

2004 – II

LIMA – PERÚ

2010

DIMENSIONAMIENTO DE REDES DE ACCESO CELULAR

Agradezco a mis seres queridos:
A mis padres por el sacrificio y por la
confianza que pusieron en mí.
A mis hermanos que me guiaron
a tener una profesión.
Y a mis compañeros de estudios
por su apoyo y amistad.

SUMARIO

El presente informe describe y propone el mecanismo a seguir para el dimensionamiento de los elementos de acceso de una red celular GSM (red de segunda generación 2G): estaciones bases (BTS) y controladores de estaciones bases (BSC).

El dimensionamiento de estos elementos de acceso es necesario para estimar costos a un tiempo determinado, esto debido a que generalmente las empresas operadoras de telecomunicaciones presupuestan cierta cantidad de dinero dependiendo de la necesidad de los elementos a adquirir.

Este informe muestra la forma de cómo llegar a estos resultados basados en informaciones de entradas (inputs) como: tráfico, número de usuarios, espectro disponible, etc.

El criterio a seguir para el dimensionamiento se basa en inputs reales tomados en un tiempo determinado y la proyección a un futuro se basa en tendencias de crecimiento.

No existe un criterio estándar para realizar este dimensionamiento, éste procedimiento varía dependiendo del criterio que tiene cada operador y más aun depende mucho del perfil del usuario (esta varía de país en país).

INDICE

Introducción	1
CAPITULO I	
PLANTEAMIENTO DE INGENIERIA DEL PROBLEMA	2
1.1 Descripción del Problema	2
1.2 Objetivo del Trabajo	2
1.3 Evaluación del Problema	2
1.4 Herramientas y Datos de Entrada Disponibles	3
1.5 Clasificación de las BTS	3
1.5.1 Estaciones Bases de Cobertura	3
1.5.2 Estaciones Bases de Capacidad	3
1.5.3 Estaciones Bases de Calidad	5
1.6 Controlador de Estaciones Base (BSC)	6
CAPITULO II	
MARCO TEORICO CONCEPTUAL	10
2.1 Introducción	10
2.2 Historia del Sistema Móvil Celular	10
2.2.1 Sistemas Móviles de Primera Generación	10
2.2.2 Sistemas Móviles de Segunda Generación	11
2.2.3 Sistemas Móviles de Tercera Generación	12
2.3 GSM Interfaz de Radio	12
2.4 Arquitectura de la red GSM	14
2.4.1 Estación Móvil	14
2.4.2 Base Transceiver Station (BTS)	14

2.4.3	Base Station Controller (BSC)	16
2.4.4	Mobile Switching Centre (MSC)	16
2.4.5	Home Location Register (HLR)	17
2.4.6	Visitor Location Register (VLR)	17
2.5	Principios Operativos	17
CAPITULO III		
METODOLOGIA PARA LA SOLUCIÓN DEL PROBLEMA		19
3.1	Por Cobertura	19
3.1.1	Dimensionamiento	19
3.2	Por Capacidad	23
3.2.1	Dimensionamiento	28
3.3	Por Calidad	36
3.4	Consideraciones a tener en cuenta en las ubicaciones de las BTS	37
3.5	Controladores de Estaciones Bases (BSC)	37
3.5.1	Dimensionamiento	39
CAPITULO IV		
COSTOS Y TIEMPOS DE EJECUCIÓN		44
4.1	Costos	44
4.2	Tiempos de Ejecución	46
4.3	Procesos de puesta en servicio de las Estaciones Bases	47
4.3.1	Búsqueda	47
4.3.2	Saneamiento	47
4.3.3	Obras Civiles	47
4.3.4	Instalación de equipos RF (Radio Frecuencia)	48
4.3.5	Puesta en Servicio	48
4.4	Procesos de puesta en servicio de los Controladores de Estaciones Bases	48
4.4.1	Fabricación	48

4.4.2	Arribo en Aduanas	49
4.4.3	Comisionamiento	49
4.4.4	Rehoming	49
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		50
5.1	Conclusiones	50
5.2	Recomendaciones	51
ANEXOS		
ANEXO A		
	Distribución de los Elementos de la Red Celular	52
ANEXO B		
	Redes Celulares de Primera y Tercera Generación	54
ANEXO C		
	Factor de Distribución	57
BIBLIOGRAFIA		59

INTRODUCCIÓN

La importancia para dimensionar elementos de redes de acceso celular surge por los costos tan elevados de las BTS, ya que estos vienen acompañados con búsqueda del sitio, saneamiento de asuntos legales, obras civiles, materiales de construcción, utilización de energía eléctrica, costos de interconexión y equipos de radiofrecuencia (RF) como los bastidores, cables y antenas, etc.

Los BSC son equipos que también requieren lo anterior, con la diferencia que estos bastidores se encuentran en salas especiales que generalmente son ubicados en locales propios de la empresa operadora debido a la importancia que este presenta con respecto a las BTS.

El mecanismo de dimensionamiento de los elementos de la red de acceso celular no es único, es decir no existe una regla o norma que recomiende algún procedimiento para estimar la cantidad de BTS y BSC a un tiempo determinado, sin embargo esto no quiere decir que esta estimación sea hecha de una forma que exceda en demasía los requerimientos reales ya que la empresa operadora tiene un ente regulador interno (que es el encargado de inversiones financieras). Por otro lado tampoco podemos estimar una proyección en defecto ya que en una eventual dimensionamiento que esté por debajo de la realidad, la capacidad de la red tendría problemas de bloqueo con lo cual el ente regulador interno (OSIPTEL) nos tendría en la mira.

El presente informe propone un criterio para dimensionar los elementos de redes de acceso celular que como ya hemos mencionado no tiene un criterio universal, este criterio está basado en analizar tendencias de crecimiento de tráfico.

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DE INGENIERÍA DEL PROBLEMA

1.1 Descripción del Problema

Dimensionar la cantidad de elementos de redes de acceso celular: BTS (Estaciones bases celulares) y BSC (Controladores de estaciones bases).

1.2 Objetivo del Trabajo

Estimar una cantidad de elementos de red de acceso tomando como entrada datos de diseño, esto con la finalidad de hacer presupuestos en un tiempo determinado (cuatrimestral, semestral, anual, bianual, etc.).

1.3 Evaluación del Problema

Es necesario para las operadoras de telefonía móvil, diseñar una red capaz de satisfacer eficientemente a los clientes, ya que una deficiencia en el diseño de este nos conduciría a una mala performance de la red (si es que se presupuesta muy debajo de real) o llevaría a gastos innecesarios para las operadoras (si es que se presupuesta por arriba de lo real).

Pasaremos a mencionar los problemas que se manifiestan en la red por un mal diseño:

Bloqueos producidos en la hora pico (generalmente los fines de semana), en muchas zonas del Perú.

Mala calidad (bajos niveles de señal) en varias zonas urbanas.

Por otro lado la red de la competencia había reportado al ente regulador una mayor cantidad de centros poblados (CCPP) cubiertos en comparación con TEM.

Adicionalmente a estos problemas cabe mencionar los contratiempos para implementar las estaciones bases:

Negativa de la población a la construcción de las estaciones bases, ya sea por el temor de contraer enfermedades cancerígenas o simplemente por la estética urbanística.

Negativa de los municipios para otorgar una licencia de construcción.

Cercanía de la estación base planificada a los aeropuertos (restringida por el cono aéreo).

Demora de los asuntos legales para cerrar contrato con los propietarios de los inmuebles, debido a la excesiva burocracia (generalmente ocurría estos casos cuando el sitio se ubicaba en una propiedad del estado).

Demora en el inicio de la construcción de una BTS debido a que el sitio está ubicado en una zona con posibles restos arqueológicos en donde todavía hay que esperar la intervención del Instituto Nacional de Cultura (INC) para realizar su evaluación respectiva.

Hay que resaltar también que por primera vez en TEM se realizaría una auditoría del regulador interno Telefónica Internacional S.A (TISA) sobre el dimensionamiento de la red.

1.4 Herramientas y Datos de Entrada Disponibles

Tenemos varias herramientas para la planificación de la red de acceso, pero los que más usamos son el Planet EV (usado para el predictivo), Arc View (usado para dibujar mapas de cobertura), Google Earth (vista satelital).

1.5 Clasificación de las BTS

Las estaciones bases celulares se pueden diferenciar por el tipo de servicio en:

1.5.1 Estaciones Bases de Cobertura

Son aquellas BTS que son necesarias para dar cobertura a centros poblados (CCPP), estos generalmente son rurales y que no poseen cobertura.

Para ello es necesario tener una base de datos con los CCPP y su respectiva población según el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), así como también las coordenadas de los CCPP, ya que con la ayuda del Arc View (herramienta de mapeo), estos CCPP se pueden mapear, teniendo así mapas referenciales.

En la Figura 1.2 se puede apreciar la cobertura que esta BTS tendría si llegara a salir en servicio.

En la leyenda de la Figura 1.2 se muestra lo siguiente:

- La mancha de color amarillo es la cobertura de la BTS.
- Triángulo de color verde la ubicación de la BTS.
- Círculo rojo <0 - 250> habitantes
- Círculo azul <250 - 500> habitantes
- Círculo naranja <500 - 1000> habitantes
- Círculo marrón <1000 - 5000> habitantes
- Círculo verde <5000 - a mas> habitantes

También se muestra la red vial, esto ayuda para referenciar el acceso a las posibles ubicaciones de las BTS a planificar. Es conveniente tener estos mapas con las curvas de nivel.

Tener presente las fronteras de los departamentos, se deberá tener cuidado en lo posible no dar cobertura a centros poblados pertenecientes a otro departamento diferente al que está ubicado la estación base.

1.5.2 Estaciones Bases de Capacidad

Son aquellas estaciones bases celulares que son necesarias para liberar tráfico a las estaciones vecinas que están saturadas por el elevado número de llamadas en la hora pico.

Generalmente son urbanas (ubicadas en las capitales de departamento y/o ciudades muy comerciales), como por ejemplo Lima, Arequipa, Trujillo, Chiclayo, Piura, Cusco, Iquitos, Huancayo, Moquegua, Ilo, Tacna, etc.

Estas estaciones bases son las de principal interés de las empresas operadoras (prioridad 1).



FIGURA 1.1 Estación Base de Cobertura

Para esto tenemos reportes históricos por estación base de tráfico que cursa un sector en la hora pico del día, esto nos da una idea para proyectar el tráfico en un futuro y así poder ubicar una estación base por la cercanía de una BTS saturada.

La información que se debe manejar es el tráfico cursado, el porcentaje de uso de los canales de tráfico y el porcentaje de uso de los canales de señalización, todas estas mediciones tomadas en la hora pico en los sectores de las estaciones bases.

Recordar que para diseñar la red, esta debe soportar el tráfico cursado en la hora pico*.

*No se considera la hora pico de días festivos como: Navidad, Año Nuevo, Día de la Madre, etc. También eventos especiales como los sismos.

Mayormente se usan los históricos que se muestran en la Figura 1.4 y en la Figura 1.5.

En la Figura 1.4 se tiene el histórico de cierto mes para una BTS tomado en la hora pico donde se aprecia:

- Las barras de tráfico de voz representada en Erlang.
- La línea roja representa el % de congestión de los canales de señalización.
- La línea azul representa el % de congestión de los canales de tráfico.
- La línea amarilla representa el % de uso de todos los canales.

De esta Figura 1.5 se aprecia el histórico en cierto mes de canales usados, también tomado en la hora pico.

- Las barras representan los canales usados tanto de voz como de datos.
- La línea negra los canales disponibles.
- La línea azul representa el % de congestión de los canales de tráfico.
- La línea roja representa el % de congestión de los canales de señalización.

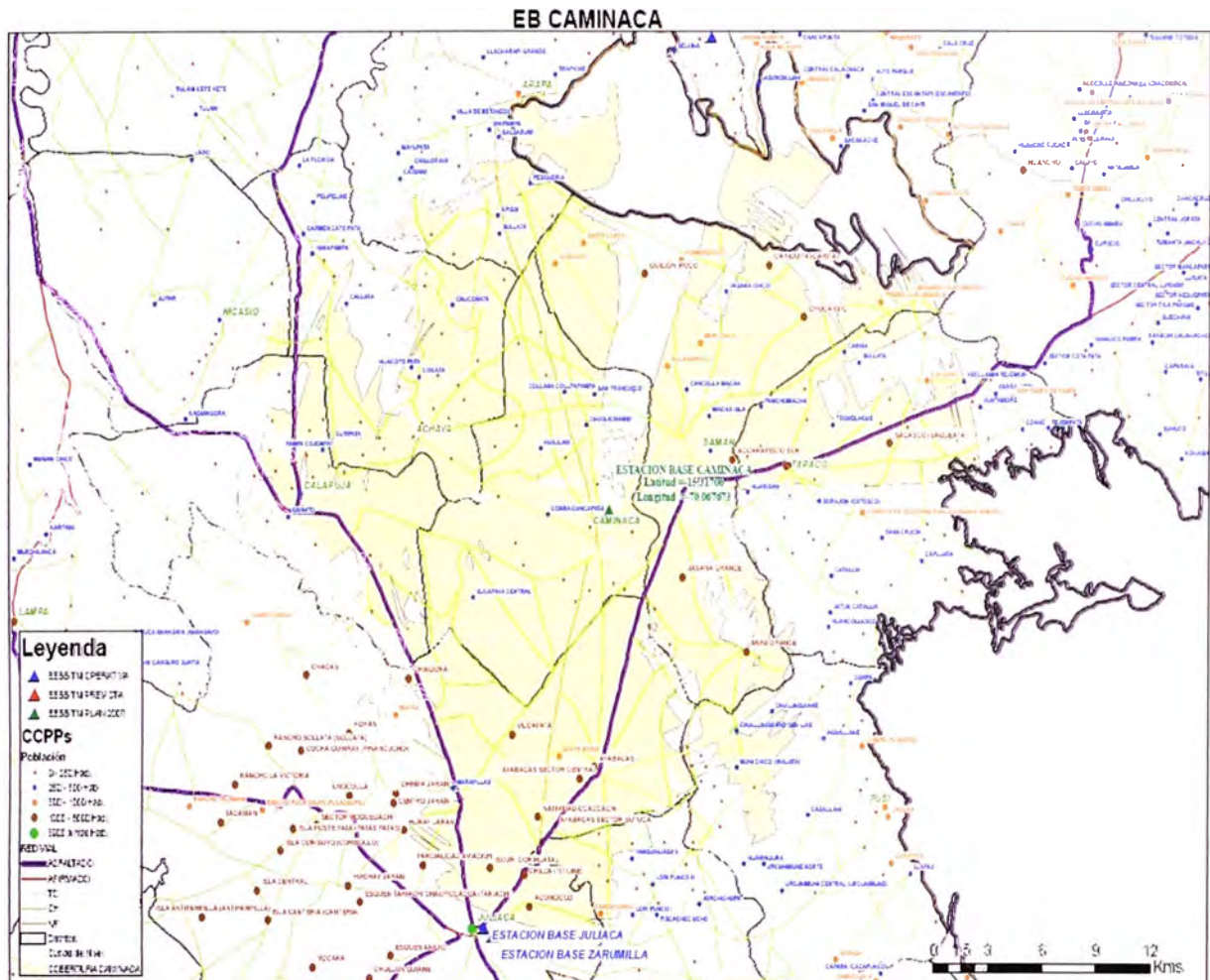


FIGURA 1.2 Predictivo de una eventual estación base (llamado Caminaca).

1.5.3 Estaciones Bases de Calidad

Son aquellas estaciones bases que se ubican en aquellas zonas para mejorar en nivel de señal indoor. Pueden ser urbanas o rurales.

Para ello es necesario tener reportes de medición de señal en campo (drive test), el objetivo de estas BTS es cubrir zonas con bajos niveles de señal.

Del la Figura 1.6 se aprecia un drive test hecho en campo que representa lo siguiente:

- Color celeste <-65 dBm, -2 dBm>
- Color amarillo <-69 dBm, -65 dBm>
- Color verde <-78 dBm, -69 dBm>
- Color azul <-86 dBm, -78 dBm>
- Color rojo <-100 dBm, -86 dBm>
- Color negro <-120 dBm, -100 dBm>

Donde el mínimo valor que garantiza cobertura indoor es -78 dBm.



FIGURA 1.3 Estación Base de Capacidad

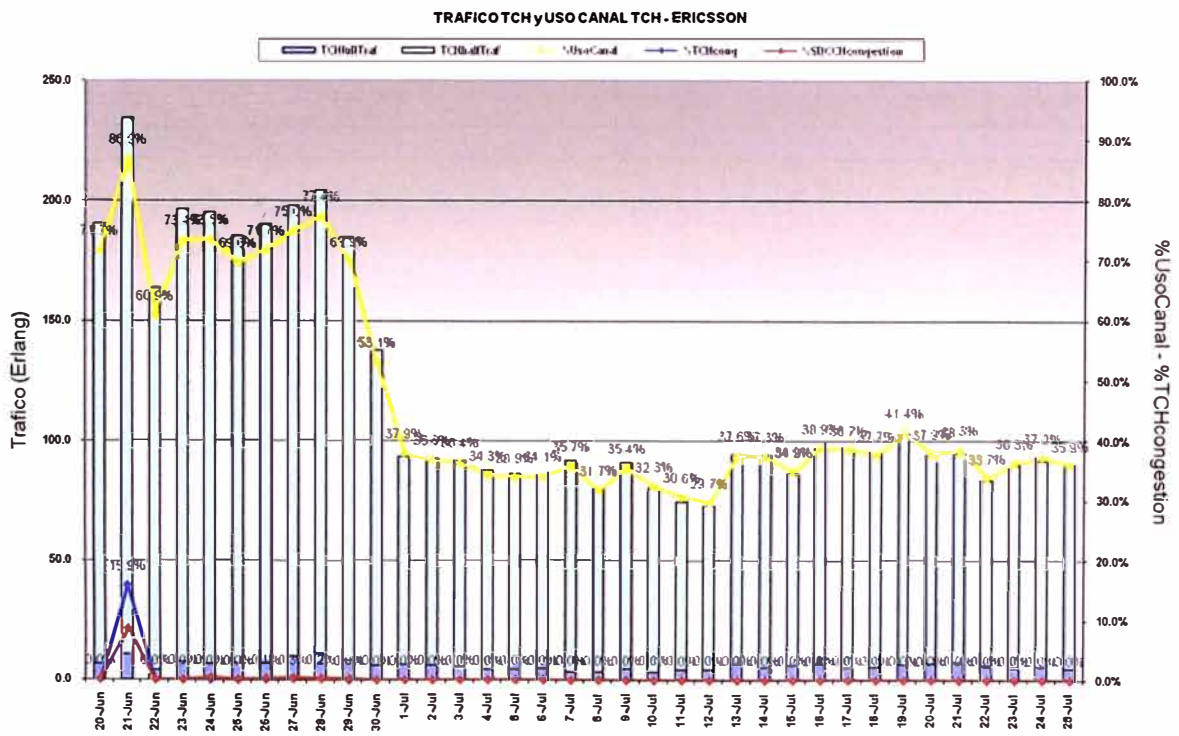


FIGURA 1.4 Histórico de tráfico diario de una BTS

1.6 Controlador de Estaciones Base (BSC)

Para los controladores se tienen varias limitantes como.

- # de TRX.
- # de sectores.

- # de estaciones base.
- # de líneas PCM (E1s).
- # de canales de señalización hacia el Core (Núcleo de Red).
- Capacidad de procesamiento de llamadas (Tráfico).

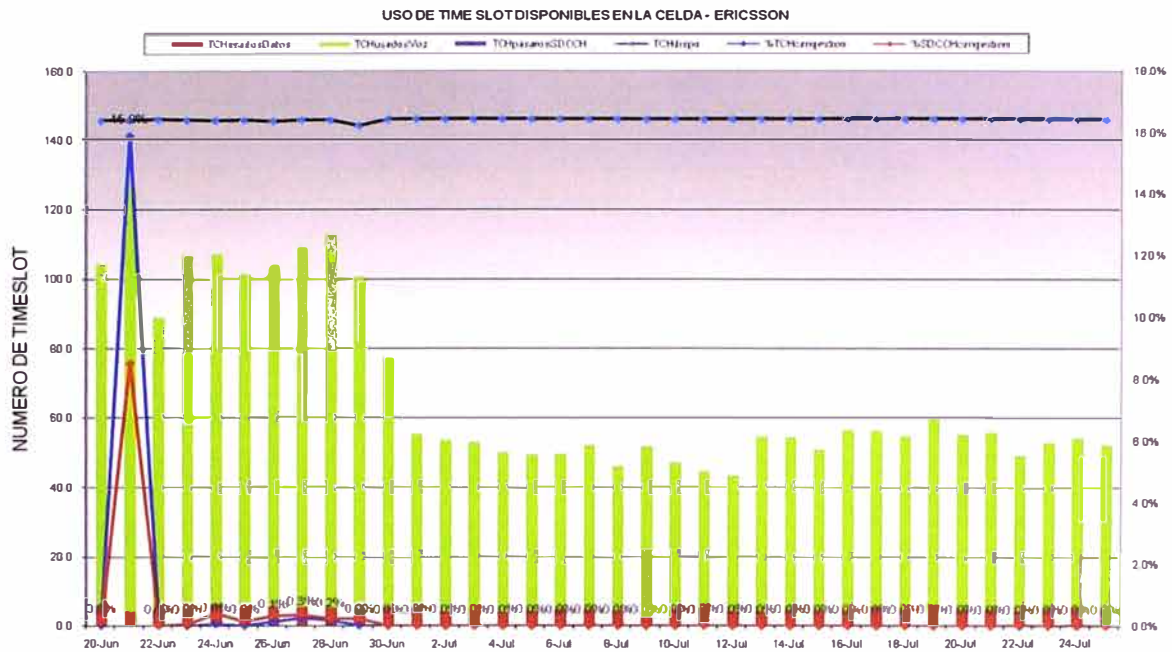


FIGURA 1.5 Canales usados y disponibles de una BTS

luster 06

07 Nov 2008

Scanner

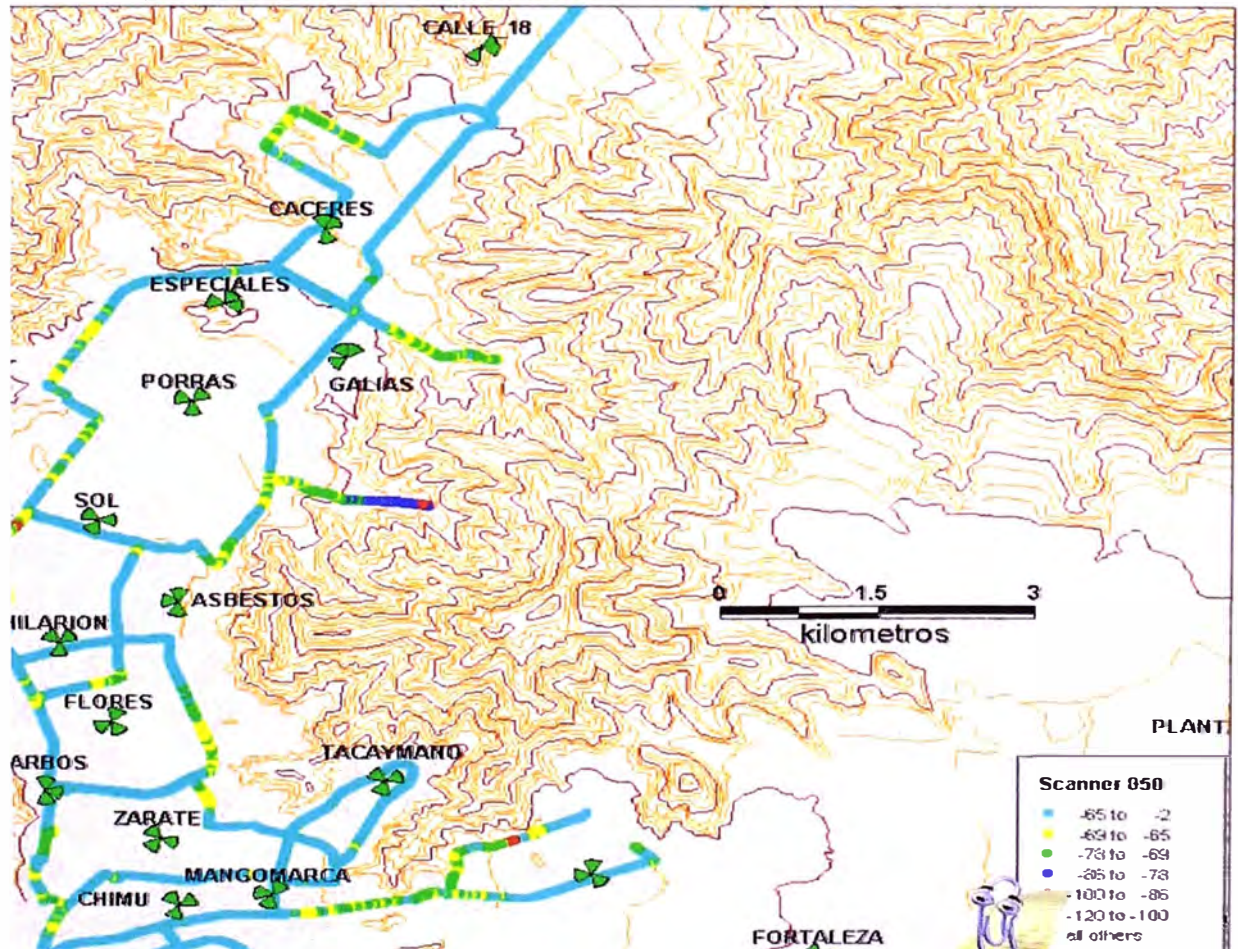


FIGURA 1.6 Drive test efectuado en San Juan de Lurigancho

Es cierto que todas las mencionadas anteriormente son los límites de capacidad, pero la más relevante es el tráfico que estos controladores pueden soportar.

Los BSC deben controlar un grupo de BTS, pero la elección de estas BTS debe ser de tal manera que este grupo de BTS en la medida de lo posible cubra una región simplemente conexa (región sin huecos), esto es necesario para evitar incrementos de señalización interBSC.

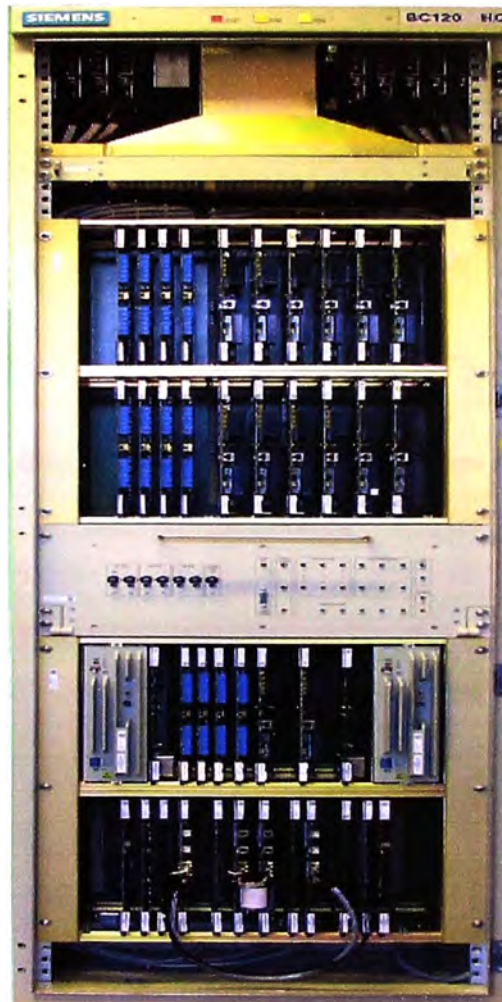


FIGURA 1.7 Controlador de Estación Base

De la Figura 1.8 se puede observar cómo se debería distribuir las BTS de una región determinada en 6 BSC.

Para poder ver la limitante de capacidad en los BSC nos basamos al igual que las celdas de capacidad en históricos de tráfico pero ahora en cada BSC.

Donde en la Figura 1.9 se puede apreciar:

- La línea azul representa el tráfico cursado en un BSC en la hora pico.
- La línea rosada representa la capacidad en los transcoders de los BSC.

Otra consideración importante es la asignación de LAC (código de área de búsqueda) en los BSC, se recomienda que estos LAC pertenezcan solo a un BSC, esto quiere decir que no exista un LAC en más de un BSC (esto debido ya que para realizar la búsqueda de un terminal lo haga en un BSC específico).

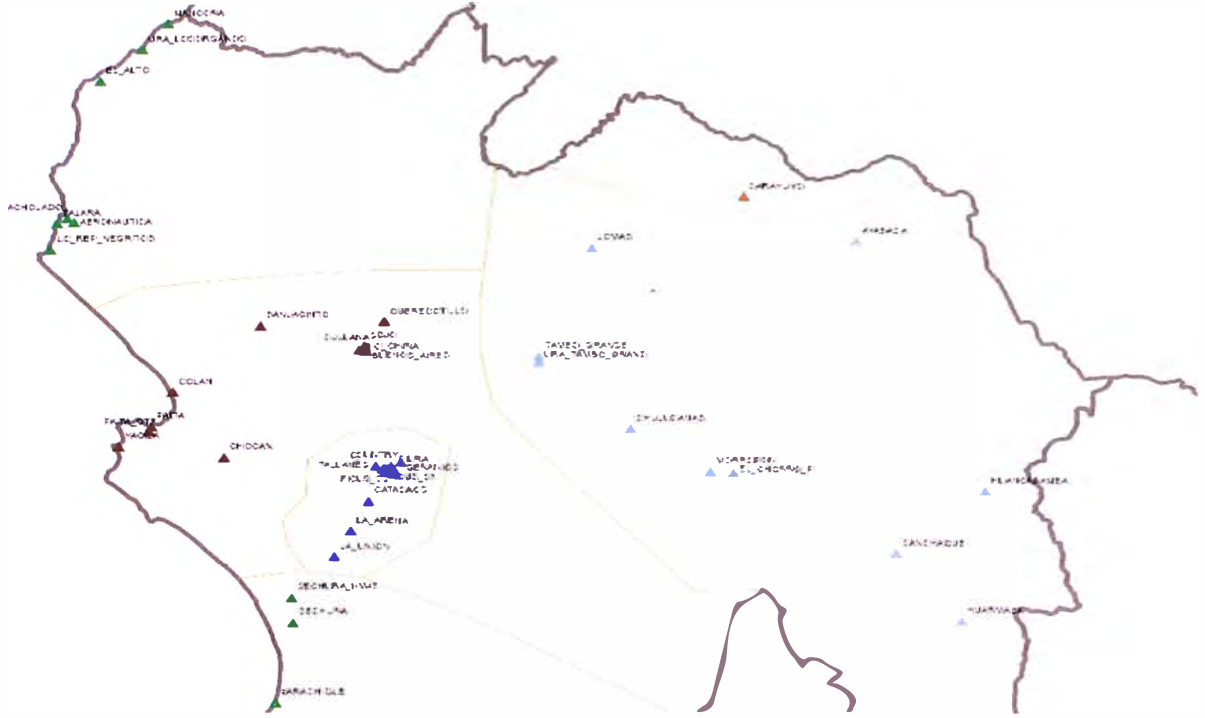


FIGURA 1.8 Distribución de la frontera de los BSC.

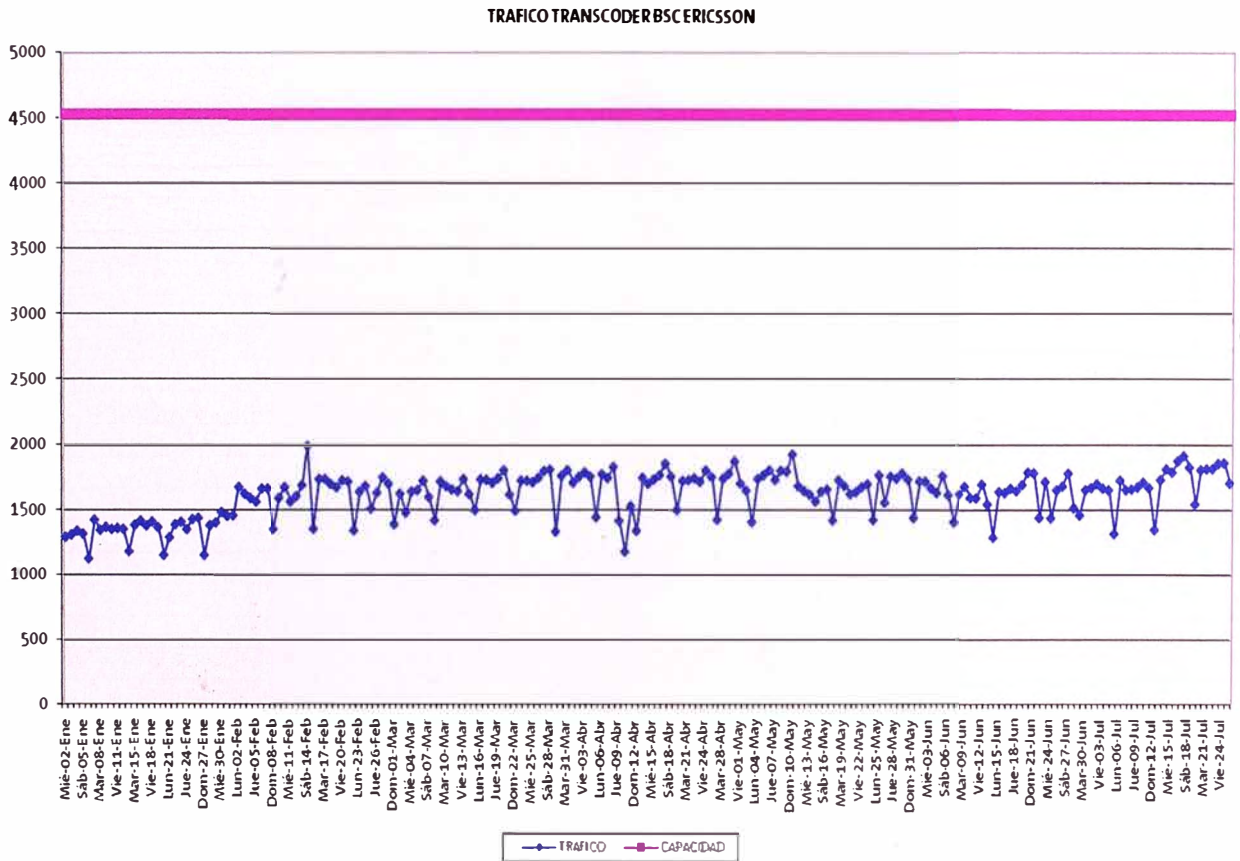


FIGURA 1.9 Histórico de tráfico de un BSC

CAPITULO II

MARCO TEORICO CONCEPTUAL

2.1 Introducción

Los sistemas de comunicaciones móviles son aquellos que permiten la comunicación entre un terminal móvil y otro que puede ser fijo o móvil.

2.2 Historia del Sistema Móvil Celular

Los sistemas de comunicación móvil que precedieron a la telefonía celular fueron: la Comunicación Móvil de Radio (consistían en radios que se comunicaban entre sí dependiendo de la potencia de salida de cada unidad individual), el Servicio de Telefonía Móvil (MTS - sistema telefónico operado manualmente que permitía a un suscriptor comunicarse a otra parte usando la red terrestre) y el Servicio de Telefonía Móvil Mejorado (IMTS - proporcionó selección de canal automática, conteo automático y operación simultánea full-dúplex).

Hoy día existen varios sistemas móviles que proveen acceso telefónico. El radio celular, como concepto, fue originalmente concebido para proveer comunicación móvil de alta densidad sin consumir grandes cantidades de espectro. La primera proposición de un bosquejo inicial de la telefonía celular, para sistemas móviles de alta densidad, fue hecha por la American Telephone and Telegraph (AT&T) en 1940. En 1968, la AT&T llevó su propuesta de un sistema celular a la Federal Communications Commission (FCC), organismo regulador de las comunicaciones en los Estados Unidos.

El concepto original involucraba el uso de un grupo de frecuencias dentro de una misma celda, rehusando la frecuencia en la misma vecindad pero separándolas en espacio físico para permitir el re-uso con un bajo nivel de interferencia. El hardware necesario para implementar este tipo de sistemas no fue logrado hasta finales de los años setenta y para entonces, el concepto celular, es decir, el re-uso de frecuencia en celdas, fue aceptado como una herramienta para la planificación de frecuencias.

2.2.1 Sistemas Móviles de Primera Generación

En la primera generación de telefonía móvil celular se adoptó la técnica de acceso FDMA/FDD (Frequency Division Multiple Access. / Frequency Division Duplex), la cual utilizaba el Acceso Múltiple por División de Frecuencia y dos frecuencias portadoras distintas para establecer la comunicación TX y RX.

En Norteamérica a partir de 1981 comenzó a utilizarse el sistema AMPS (Advanced Mobile Phone Service), el cual ofrecía 666 canales divididos en 624 canales de voz y 42 canales de señalización de 30 Khz cada uno.

Europa introduce en 1981 el sistema Nordic Mobile Telephone System o NMTS450 el cual empezó a operar en Dinamarca, Suecia, Finlandia y Noruega, en la banda de 450 Mhz.

En 1985 Gran Bretaña, a partir de AMPS, adoptó el sistema TACS (Total Access Communications System), el cual contaba con 1000 canales de 25 KHz cada uno y operaba en la banda de 900 MHz

En esta década también aparecen otros sistemas de primera generación como el NTT, estándar japonés, el C-Netz estándar Alemán y French Radiocom. 2000 de Francia entre otros.

Solo servicio de voz se podía prestar con las tecnologías de primera generación.

2.2.2 Sistemas Móviles de Segunda Generación

Con tantos estándares diferentes, los proveedores europeos sufrieron las consecuencias de una diversidad de normas incompatibles entre sí.

El reconocimiento de este problema fue un factor que impulsó el desarrollo del estándar GSM para las comunicaciones móviles. En 1982, cuando aparecieron los primeros servicios celulares comerciales, la CEPT (*Conférence Européenne des Postes et Télécommunications*) tomó la iniciativa de poner en marcha un grupo de trabajo, llamado *Groupe Spécial Mobile* (GSM), encargado de especificar un sistema de comunicaciones móviles común para Europa en la banda de 900 MHz, banda que había sido reservada por la World Administrative Radio Conference en 1978. El GSM comenzó como una norma europea para unificar sistemas móviles digitales y fue diseñado para sustituir a más de diez sistemas analógicos en uso y que en la mayoría de los casos eran incompatibles entre sí. Después de unas pruebas de campo en Francia de 1986 y de la selección del método de acceso Time Division Multiple Access (TDMA) en 1987, 18 países firmaron en 1988 un acuerdo de intenciones (MOU: *Memorandum of understanding*): En este documento los países firmantes se comprometían a cumplir las especificaciones, a adoptar este estándar único y a poner en marcha un servicio comercial GSM, que ofrece seguimiento automático de los teléfonos móviles en su desplazamiento por todos los países. Conforme se desarrolló, GSM mantuvo el acrónimo, aunque en la actualidad signifique Global System for Mobile communications.

En Norteamérica, el objetivo principal de un nuevo estándar digital era aumentar la capacidad dentro de la banda de 800 MHz existente. Un prerrequisito es que los teléfonos móviles debían funcionar con los canales de habla analógicos ya existentes y con los nuevos digitales (*Dual Mode*). A partir de esto se empleó el término Digital AMPS (D-AMPS) que se refiere a IS-54B, y que define una interfaz digital con componentes heredados de AMPS. La especificación IS-36 es una evolución completamente digital de D-AMPS. A causa de estos requisitos, fue natural el elegir un estándar TDMA de 30 KHz puesto que los sistemas analógicos existentes trabajan ya con esta anchura de canales. En este sistema se transmiten tres canales por cada portadora de 30 KHz.

A principios de la década de los 90, también aparece un nuevo estándar el cual utiliza el método de acceso CDMA (Code Division Multiple Access). El estándar CDMAOne o IS-95, fue una tecnología desarrollada por Qualcomm y consiste en que todos usan la misma frecuencia al mismo tiempo separándose las conversaciones mediante códigos.

Estas tecnologías de segunda generación ofrecían las siguientes características:

- Mayor calidad de las transmisiones de voz.
- Mayor capacidad de usuarios.
- Mayor confiabilidad de las conversaciones.

La posibilidad de transmitir mensajes alfanuméricos. Este servicio permite enviar y recibir cortos mensajes que puedan tener hasta 160 caracteres alfanuméricos desde un teléfono móvil.

Navegar por Internet mediante WAP (Wireless Access Protocol)

2.2.3 Sistemas Móviles de Tercera Generación

El Sistema Universal de Telecomunicaciones móviles (Universal Mobile Telecommunications System - UMTS) es una de las tecnologías usadas por los móviles de tercera generación (3G, también llamado W-CDMA), sucesora de GSM. Sucesora debido a que la tecnología GSM propiamente dicha no podía seguir un camino evolutivo para llegar a brindar servicios considerados de Tercera Generación.

Aunque inicialmente esté pensada para su uso en teléfonos móviles, la red UMTS no está limitada a estos dispositivos, pudiendo ser utilizada por otros.

Sus tres grandes características son las capacidades multimedia, una velocidad de acceso a Internet elevada, la cual además le permite transmitir audio y video en tiempo real; y una transmisión de voz con calidad equiparable a la de las redes fijas. Pero dispone de una variedad de servicios muy extensa.

2.3 GSM Interfaz de Radio

Un canal de radio es un medio extraordinariamente hostil para establecer y mantener comunicaciones fiables. Todos los esquemas y mecanismos que usamos para hacer posible la comunicación en el canal de radio, se agrupan en los procedimientos de la interfaz de radio.

Si el número de canales disponibles para todos los usuarios de un sistema de radio es menor que el número de posibles usuarios, entonces a ese sistema se le llama sistema de radio truncado. El truncamiento es el proceso por el cual los usuarios participan de un determinado número de canales de forma ordenada. Los canales compartidos funcionan debido a que podemos estar seguros que la probabilidad de que todo el mundo quiera un canal al mismo tiempo es muy baja. Un sistema de telefonía celular como GSM es un sistema de radio truncado, porque hay menos canales que abonados que posiblemente quieran usar el sistema al mismo tiempo. El acceso se garantiza dividiendo el sistema en uno o más de sus dominios: frecuencia, tiempo, espacio o codificación.

FDMA ("Frequency Division Multiple Access") es la manera más común de acceso truncado. Con FDMA, se asigna a los usuarios un canal de un conjunto limitado de canales ordenados en el dominio de la frecuencia. Los canales de frecuencia son muy preciados, y son asignados a los sistemas por los cuerpos reguladores de los gobiernos de acuerdo con las necesidades comunes de la sociedad. Cuando hay más usuarios que el suministro de canales de frecuencia puede soportar, se bloquea el acceso de los usuarios al sistema. Cuantas más frecuencias se disponen, hay más usuarios, y esto significa que tiene que pasar más señalización a través del canal de control. Los sistemas muy grandes FDMA frecuentemente tienen más de un canal de control para manejar todas las tareas de control de acceso. Una característica importante de los sistemas FDMA es que una vez que se asigna una frecuencia a un usuario, ésta es usada exclusivamente por ese usuario hasta que éste no necesite el recurso.

TDMA ("Time Division Multiple Access") es común en los sistemas de telefonía fija. Las últimas tecnologías en los sistemas de radio son la codificación de la voz y la compresión

de datos, que eliminan redundancia y periodos de silencio y decrementan el tiempo necesario en representar un periodo de voz. Los usuarios acceden a un canal de acuerdo con un esquema temporal. Aunque no hay ningún requerimiento técnico para ello, los sistemas celulares, que emplean técnicas TDMA, siempre usan TDMA sobre una estructura FDMA. Un sistema puro TDMA tendría sólo una frecuencia de operación, y no sería un sistema útil. TDMA es un concepto bastante antiguo en los sistemas de radio.

En los sistemas modernos celulares y digitales, TDMA implica el uso de técnicas de compresión de voz digitales, que permite a múltiples usuarios compartir un canal común utilizando un orden temporal. La codificación de voz moderna, reduce mucho el tiempo que se lleva en transmitir mensajes de voz, eliminando la mayoría de la redundancia y periodos de silencio en las comunicaciones de voz. Otros usuarios pueden compartir el mismo canal durante los periodos en que éste no se utiliza. Los usuarios comparten un canal físico en un sistema TDMA, donde están asignados unos slots de tiempo. A todos los usuarios que comparten la misma frecuencia se les asigna un slot de tiempo, que se repite dentro de un grupo de slots que se llama trama. Un slot GSM es de 577 μ s, y cada usuario tiene uso del canal (mediante su slot) cada 4.615 ms ($577 \mu\text{s} \cdot 8 = 4.615 \text{ ms}$), ya que en GSM tenemos 8 slots de tiempo.

SDMA ("Space Division Multiple Access") se usa en todos los sistemas celulares, analógicos o digitales. Por tanto, los sistemas celulares se diferencian de otros sistemas de radio truncados solamente porque emplean SDMA. Los sistemas de radio celulares, como ya vimos en la introducción a los sistemas celulares, permiten el acceso a un canal de radio, siendo éste reutilizado en otras celdas dentro del sistema. Como vimos, el factor que limita SDMA es el factor de reutilización de frecuencia (interferencia co-canal).

FHMA es un sistema de acceso múltiple digital, en el cual, las frecuencias de las portadoras de los usuarios individuales se varían de forma pseudoaleatoria dentro de un canal de banda ancha. Los datos digitales se dividen en ráfagas de tamaño uniforme que se transmiten sobre diferentes portadoras.

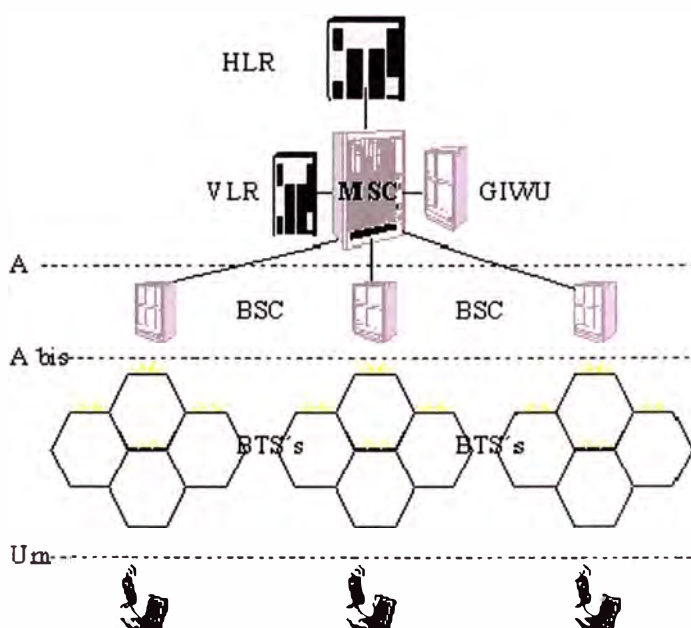


FIGURA 2.1 Arquitectura de la Red GSM

Excepto en situaciones especiales, la información vía radio se mueve en modo dúplex, que significa que para cada transmisión en una dirección, se espera una respuesta, y

entonces se responde en la otra dirección. Hay dos formas principales de establecer canales de comunicaciones dúplex.

Debido a que es difícil y muy caro construir un sistema de radio que pueda transmitir y recibir señales al mismo tiempo y por la misma frecuencia, es común definir un canal de frecuencia con dos frecuencias de operación separadas, una para el transmisor y otra para el receptor. Todo lo que se necesita es añadir filtros en los caminos del transmisor y del receptor que mantengan la energía del transmisor fuera de la entrada del receptor. Se podría usar una antena común como un sistema de filtrado simple. Los sistemas de filtrado se llaman duplexores y nos permiten usar el canal (par de frecuencias) en el modo full-dúplex; es decir, el usuario puede hablar y escuchar al mismo tiempo.

Muchos sistemas de radio móviles, como los sistemas de seguridad públicos, no requieren la operación full-dúplex. En estos sistemas se puede transmitir y recibir en la misma frecuencia pero no en el mismo tiempo. Esta clase de dúplex se llama half-dúplex, y es necesario que un usuario de una indicación de que ha terminado de hablar, y está preparado para recibir respuesta de otro usuario.

2.4 Arquitectura de la red GSM

La infraestructura básica de un sistema GSM no difiere en mucho de la estructura de cualquier red celular. La mayoría de los elementos implicados son compartidos con otros servicios.

El sistema consiste en una red de radio-célula contigua para cubrir una determinada área de servicio. Cada célula tiene una BTS (Base Transceiver Station) que opera con un conjunto de canales diferente de los utilizados por las células adyacentes.

Un determinado conjunto de BTS es controlado por una BSC (Base Station Controller). Un grupo de BSC es a su vez controlado por una MSC (Mobile Switching Centre) que enruta llamadas hacia y desde redes externas (R.T.B., R.D.S.I., etc.) públicas o privadas

2.4.1 Estación Móvil

La estación móvil o terminal móvil desempeña las siguientes funciones básicas:

- Proporciona una interfaz de comunicaciones entre los usuarios y la red vía radio.
- Realiza la transmisión y recepción de las informaciones de usuario de señalización a través de la interfaz radio.
- Efectúa la inicialización de la conexión de la red.
- Realiza la sintonización de frecuencias y seguimiento automático de las estaciones base en cuya zona de cobertura se encuentre.
- Efectúa funciones de procesamiento de voz: conversión analógico/digital y viceversa.
- Proporciona niveles de potencia entre los 2 W y 20 W.
- Es una interfaz con el usuario humano.
- Realiza adaptación de interfaces y velocidades para las señales de datos.

La interface entre la estación móvil y la BTS es llamada Um.

2.4.2 Base Transceiver Station (BTS)

La función principal de una BTS es proporcionar un número de canales radio a la zona a la que da servicio. La antena puede ser omnidireccional o sectorial (se divide la célula en

tres sectores, con diferentes juegos de frecuencias). Una BTS con un transceptor y con codificación "full rate" proporciona 8 canales en el enlace radio, uno de los cuales se utiliza para señalización. Con una codificación "half rate" el número de canales disponibles se duplica ($16=15+1$).



FIGURA 2.2 Estaciones móviles Nokia



FIGURA 2.3 Estación Base Celular

La interface entre la BTS y el BSC es llamada A-bis.

2.4.3 Base Station Controller (BSC)

La función primaria de un BSC es el mantenimiento de la llamada, así como la adaptación de la velocidad del enlace radio al estándar de 64 Kbit/s utilizado por la red.

Desde el momento en que el usuario es móvil, éste puede estar cambiando con más o menos frecuencia de celda; el procedimiento por el que la llamada se mantiene en estas condiciones sin que se produzcan interrupciones importantes se conoce con el nombre de "handover". GSM proporciona unos tiempos de conmutación mucho más bajos que otros sistemas celulares.

En GSM, durante una llamada, la estación móvil está continuamente "escuchando" a una serie de estaciones base así como informando al BSC de la calidad de la señal con que está trabajando. Esto permite al BSC tomar la decisión de cuando iniciar un handover y a qué célula.

El BSC controla a su vez la potencia de trabajo de la estación móvil para minimizar la interferencia producida a otros usuarios y aumentar la duración de la batería.

La interface entre el BSC y el MSC es llamada A.

2.4.4 Mobile Switching Centre (MSC)

El MSC es el corazón del sistema GSM. Es el centro de control de llamadas, responsable del establecimiento, enrutamiento y terminación de cualquier llamada, control de los servicios suplementarios y del handover entre MSC, así como la recogida de información necesaria para tarificación. También actúa de interfaz entre la red GSM y cualquier otra

red pública o privada de telefonía o datos. Para soportar los servicios telemáticos, el MSC incorpora un elemento conocido como GIWU que será objeto de un tratamiento específico en el presente estudio.

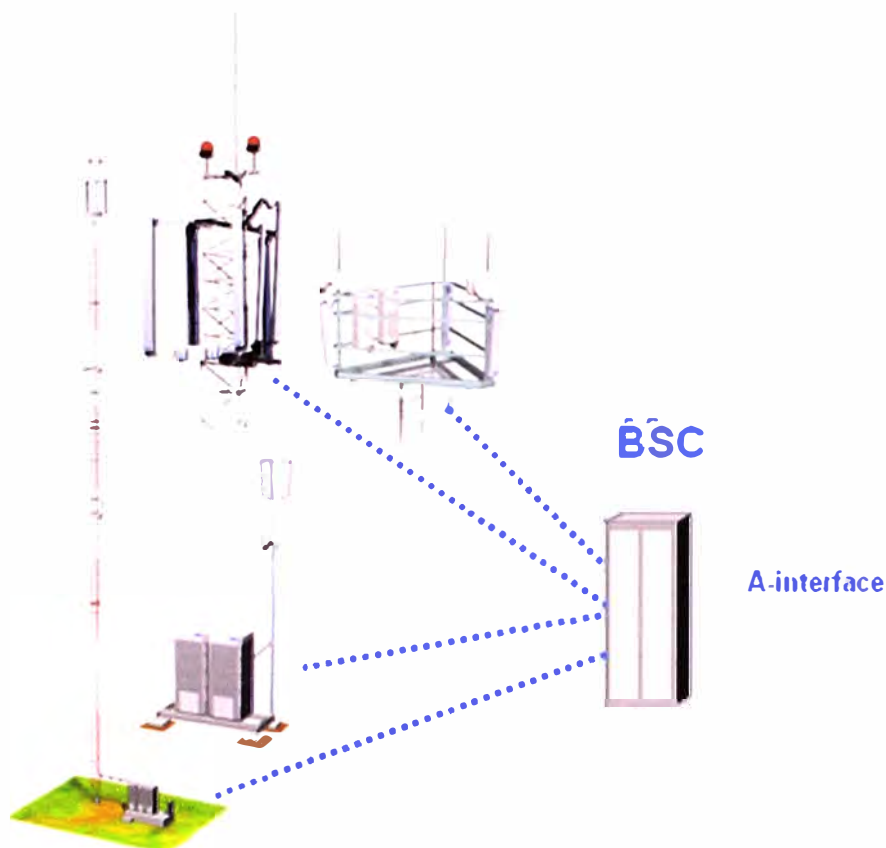


FIGURA 2.4 Controlador de Estación Base BSC

2.4.5 Home Location Register (HLR)

El HLR contiene información de estado (nivel de suscripción, servicios suplementarios, etc.) de cada usuario asignado al mismo, así como información sobre la posible área visitada, a efectos de enrutar llamadas destinadas al mismo (terminadas en el móvil). En un esquema de numeración múltiple (Multinumbering) pueden existir números adicionales (AMSISDN) dependientes de un principal (MSISDN) asociados a diferentes servicios de datos y fax, caracterizados por una serie de atributos que también quedan recogidos en esta base de datos.

2.4.6 Visitor Location Register (VLR)

El VLR contiene información de estado de todos los usuarios que en un momento dado están registrados dentro de su zona de influencia; información que ha sido requerida y obtenida a partir de los datos contenidos en el HLR del que depende el usuario. Contiene información sobre si el usuario está o no activo, a efectos de evitar retardos y consumo de recursos innecesarios cuando la estación móvil está apagada.

2.5 Principios Operativos

GSM para Europa trabaja en la banda de 900 MHz con una combinación de FDMA (Frequency División Multiple Access) y TDMA (Time Division Multiple Access) para

conseguir los requeridos 124 pares de portadoras radio de 200 KHz, cada una de las cuales puede manejar 8 canales por medio de TDMA con 8 "time slots" (0,557 ms.). Es decir, aunque una portadora da servicio a 8 canales, en un instante dado sólo uno de esos canales está utilizando el ancho de banda disponible. Cada uno de esos canales podría subdividirse a su vez en dos canales (codificación half-rate).

La banda de frecuencia utilizada es 890-915 MHz para el enlace ascendente (Móvil-BTS) y 935-960 MHz para el descendente (BTS-Móvil). Para prevenir interferencias, las BTS adyacentes usan diferentes frecuencias.

La modulación utilizada es GMSK (Gaussian Minimum Shift Key) a una velocidad de 270 Kbit/s. El codificador de canal tiene dos modos de operación dependiendo de que la información a transmitir sea telefonía (voz) o datos.

La voz es muestreada, cuantificada y codificada a una velocidad básica de 13 Kbit/s. que pasa a 22.8 Kbit/s., cuando se añade la corrección de errores hacia delante (FEC). La información adicional de sincronización y los periodos de guarda entre time-slots aumenta la velocidad de bit a 33.9 Kbit/s.

Para poder soportar la transmisión de datos en una red GSM, es necesario implementar una serie de funcionalidades:

- Funciones de adaptación de velocidad.

- Funciones de corrección de errores RLP (Radio Link Protocol).

- Funciones de conversión de protocolo L2R (Layer 2 relay).

- La adaptación de velocidad se realiza a dos niveles; en un primer nivel se adapta la velocidad de usuario a la velocidad del canal radio, y una segunda adaptación sobre 64Kbit/s.

Las funciones de adaptación de velocidad se basan en las recomendaciones V.110 y X.30 del CCITT.

La función RLP introduce control de flujo y corrección de errores en las comunicaciones no transparentes, para conseguir una alta calidad de servicio.

La función L2R establece una conversión entre la estructura de datos de usuario y una estructura adaptada al protocolo RLP.

CAPITULO III

METODOLOGIA PARA LA SOLUCIÓN DEL PROBLEMA

3.1 Por Cobertura

Como sabemos el problema es estimar el número de elementos de acceso de una red celular, estos criterios se deben tomar previos a la planificación de la red.

Para las BTS tenemos las siguientes premisas:

Generalmente estas estaciones bases son planificadas para dar cobertura a CCPP que exige el ente regulador (MTC), compromisos con las mineras o petroleras (CANON) y otras por coberturas comerciales.

MTC: estas son divididas por 3 años, en el año 2008 fue el último año del compromiso.

CANON: estas son divididas por 5 años, en el año 2008 fue el segundo año del compromiso.

COBERTURAS COMERCIALES: estas son requeridas debido a la gran demanda de potenciales usuarios.

3.1.1 Dimensionamiento

Para el caso de cobertura se tuvo el siguiente cuadro:

TABLA 3.1 Cuadro de BTS proyectadas por cobertura

COMPROMISO	# DE CCPP DE INTERES	# DE BTS
MTC	30	30
CANON	45	45
NUEVAS COBERTURAS	26	26

En este caso el número de BTS coincide con el numero CCPP ya que estos están distribuidas por varias zonas del Perú.

Estos CCPP generalmente son capitales provinciales y/o distritales (donde se concentra la mayor cantidad de pobladores).

Para la elección de la ubicación de las BTS, lo primero que se debe tener mapeado son los CCPP a cubrir con curvas de nivel y las redes viales, siendo este último muy importante ya que puede darse el caso de que por la zona no existe una vía adecuada para trasladar los equipos siendo así el acarreo muy elevado.

También otra consideración son los puntos de energía, estos deben estar en lo posible en no más de 1,5 Km en línea recta con el punto planificado. Esto es difícil de conseguir

desde gabinete debido a que no es posible tener mapeado las líneas de energía en casi todas las zonas del Perú.

Otra consideración importante es tener presente la ubicación de restos arqueológicos para evitar tener conflictos con el INC así como también de no ubicarse cerca de colegios para evitar posibles problemas sociales.



FIGURA 3.1 Mapa topográfico

De la Figura 3.1 se nota que los CCPP con mayor cantidad de habitantes (Contumaza y Santa Cruz de Toledo) se pueden acceder por carretera afirmada, este es un criterio muy importante para planificar las BTS de cobertura.

Bajo estos principios el procedimiento para realizar la planificación de una BTS de cobertura es la siguiente:

Una vez definido el CCPP de interés, se procederá a tomar un punto de tal manera que tenga línea de vista con dicho CCPP y además tratar de dar cobertura a otros CCPP de interés, para esto tenemos una herramienta muy muestra la cobertura como es el Planet EV.

Con esta herramienta de planificación definimos la ubicación del sitio así como los parámetros físicos (Altura de antenas, Azimuts y Tilt).

La potencia de salida la consideramos como 38 Dbm y el tipo de antena son las sectoriales.

El Planet EV es una herramienta que utiliza capas para tener una mejor visión de la zona a dar cobertura, una de ellas son los Heights que sirve para visualizar la morfología del terreno, como se muestran en las Figura 3.2, Figura 3.3 y en la Figura 3.4.

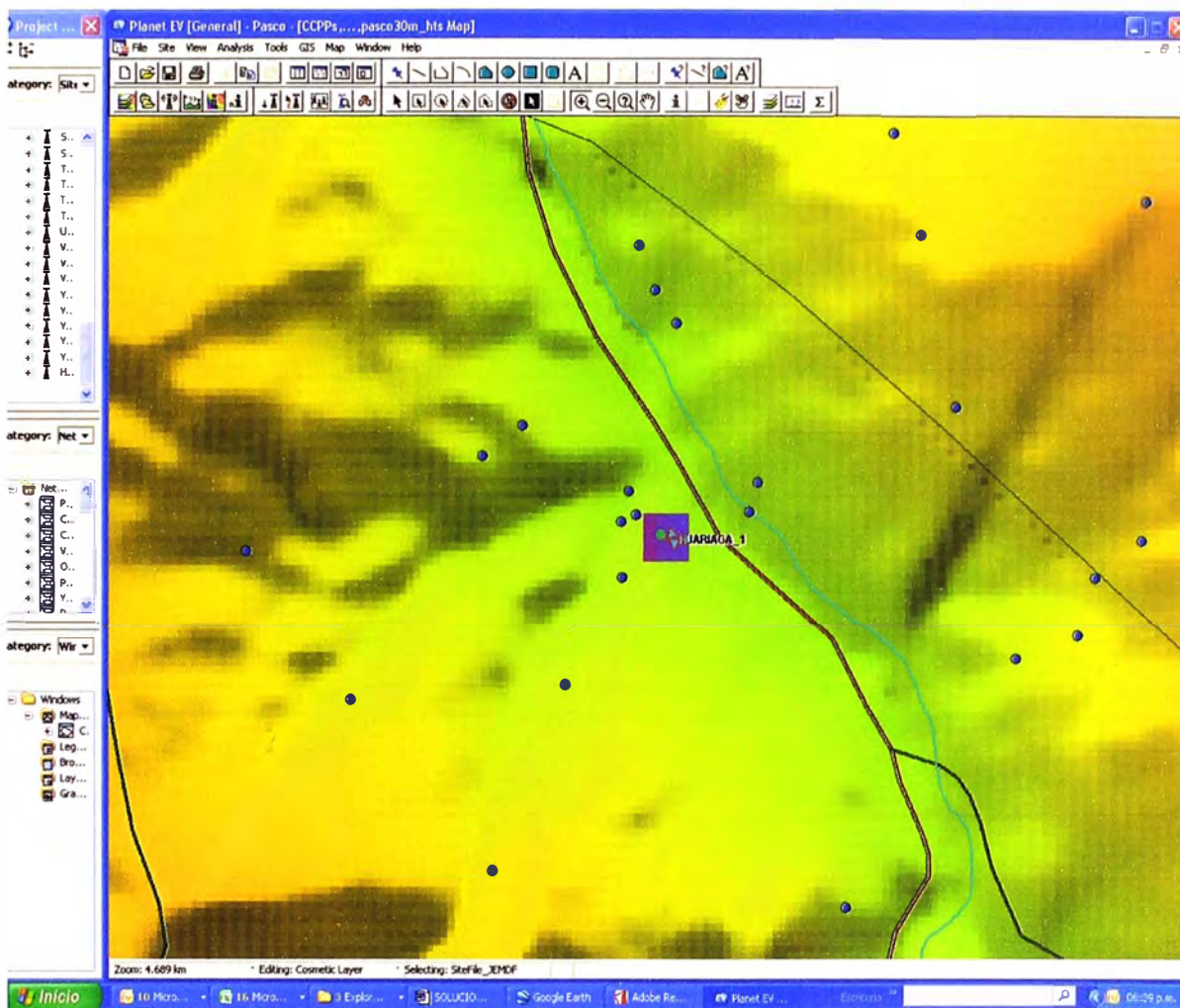


FIGURA 3.2 Aplicativo del Planet EV (Heights)

De la Figura 3.2 se nota:

- Los puntos azules son los CCPP.
- La línea roja es una red vial asfaltada.
- La línea verde es una vial afirmada.
- La línea celeste es un río.

Donde es fácil darnos cuenta la existencia de un valle.

También usamos una capa llamada Clutter, esta capa es de utilidad ya que con ella podemos distinguir la densidad geográfica y nos ayuda para visualizar las zonas rurales o urbanas.

Para planificar una BTS rural solamente es necesario tener presente las zonas densamente urbanas y darles prioridad de cobertura a dichas zonas.

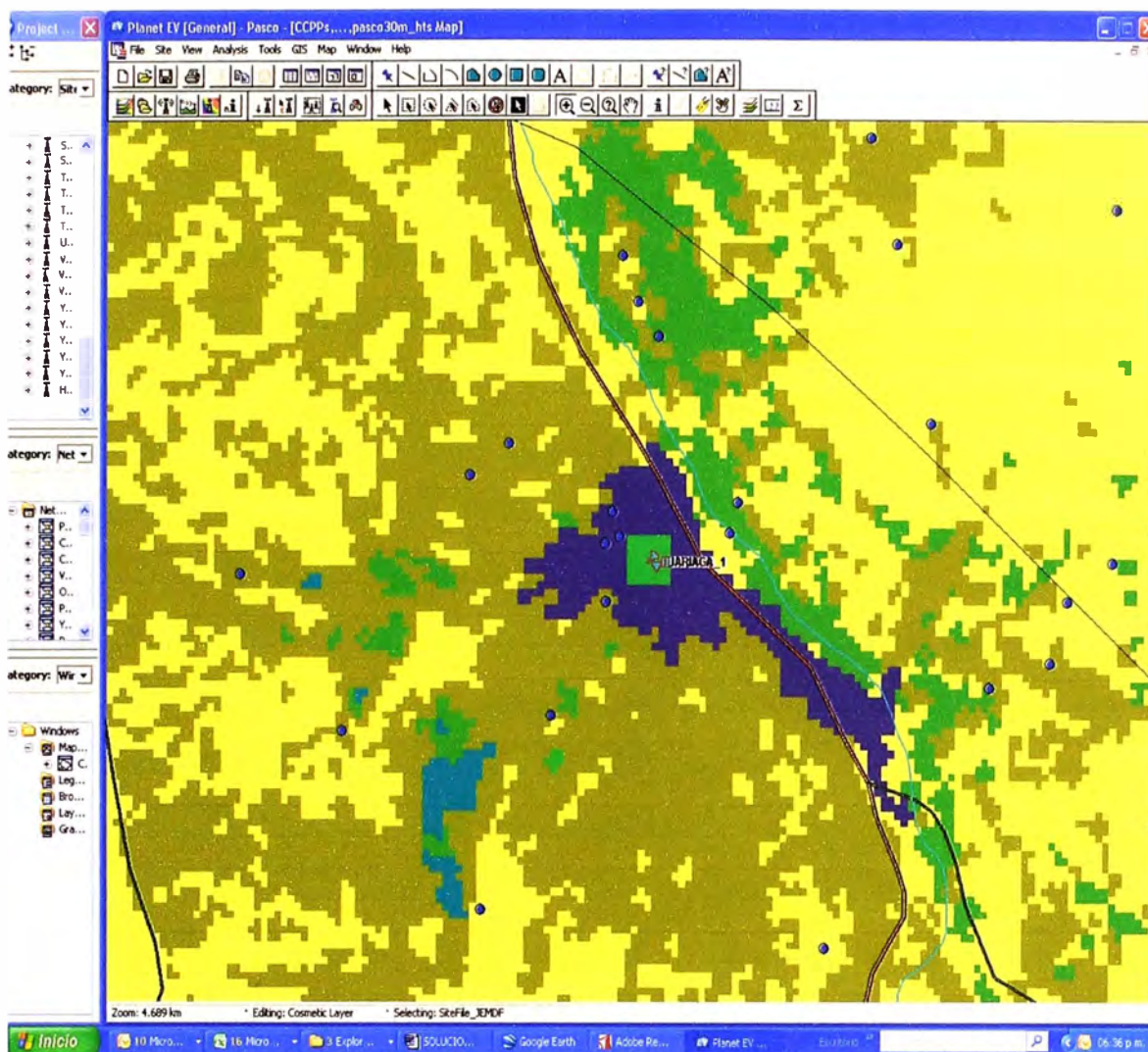


FIGURA 3.3 Aplicativo del Planet EV (Clutter)

De la Figura 3.3 se nota:

- Los puntos azules son los CCPP.
- La mancha morada representa las zonas urbanas.
- La mancha gris son las zonas medianamente urbanas.
- La mancha verde representa las zonas rurales.
- La mancha amarilla representa las zonas sin población.
- La mancha celeste representa zonas fluviales.

Lo siguiente es mostrar el predictivo con la herramienta y así mostrar su cobertura.

De la Figura 3.4 se ve el predictivo que muestra el Planet EV.

La mancha de color amarillo muestra la cobertura predictiva de la herramienta.

Este gráfico nos da una idea del predictivo, con esta información el personal que realiza la búsqueda del sitio tiene una referencia de los CCPP a cubrir, sin embargo para la búsqueda, se prepara un mapa mucho más formal, para ello nos apoyamos en otra

herramienta denominada Arc View que básicamente nos da una buena presentación del mapa de cobertura.

También con esta herramienta nos es posible interceptar esta mancha con los CCPP y así poder estimar la cantidad de CCPP a dar cobertura con su respectiva población.

Con toda esta información se va al campo a definir el punto.

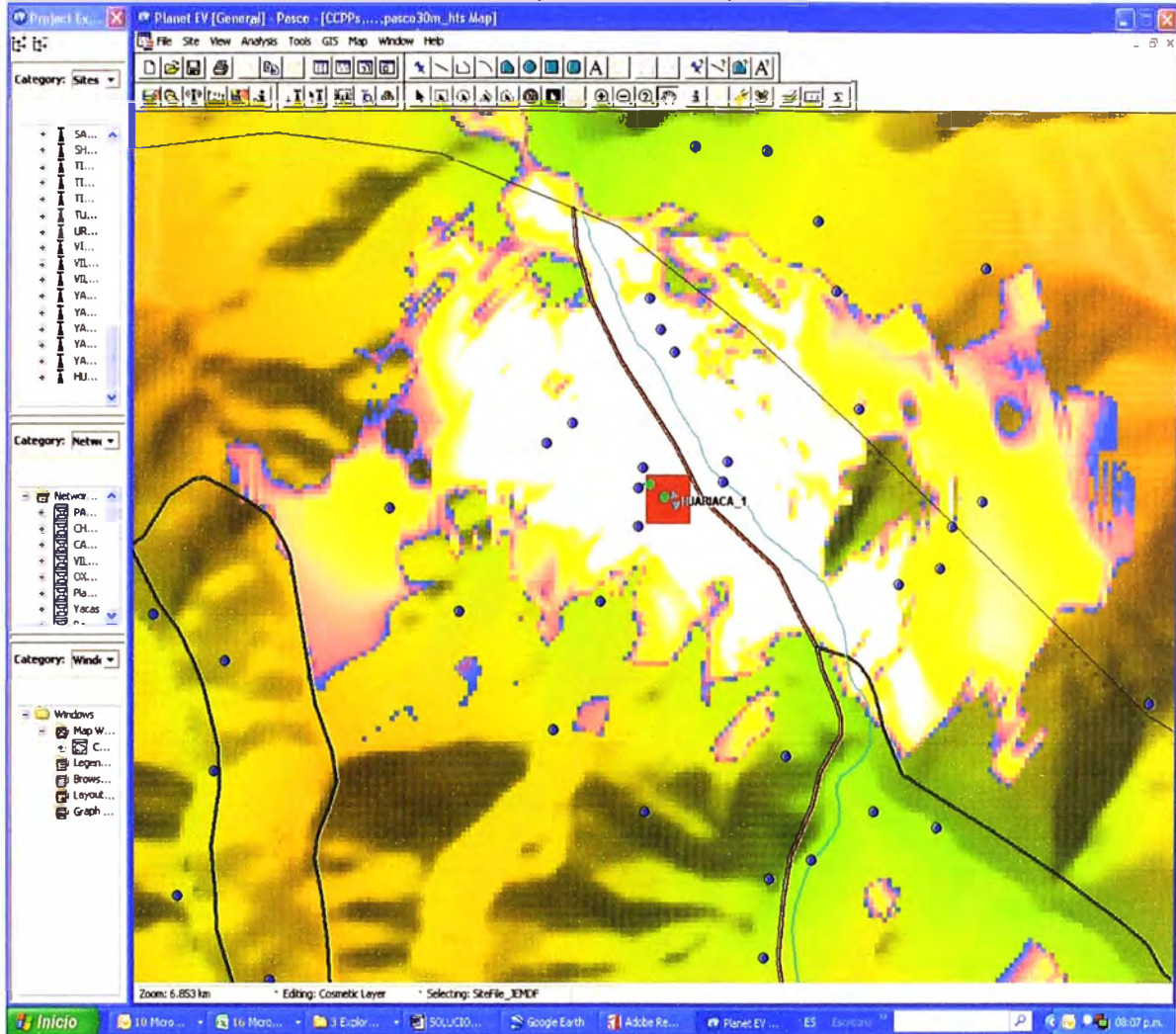


FIGURA 3.4 Aplicativo del Planet EV (Cobertura)

Con este mapa predictivo (gabinete) mostrado en la Figura 3.5 es con el cual se hace la búsqueda de los puntos ceros (posible ubicación de las estaciones bases).

Opcionalmente es necesario tener una referencia satelital para de alguna manera poder saber la manera como acceder al punto planificado.

También usamos como apoyo el Google Earth para la vista satelital ver Figura 3.6.

3.2 Por Capacidad

Estas son estaciones bases que son requeridas por el incremento de tráfico de las BTS. Para esto se hace una estimación de crecimiento de tráfico en el año a dimensionar.

Esto nos ayuda para analizar las tendencias de crecimientos de tráfico ya sea en las estaciones bases como en los controladores de estaciones bases.

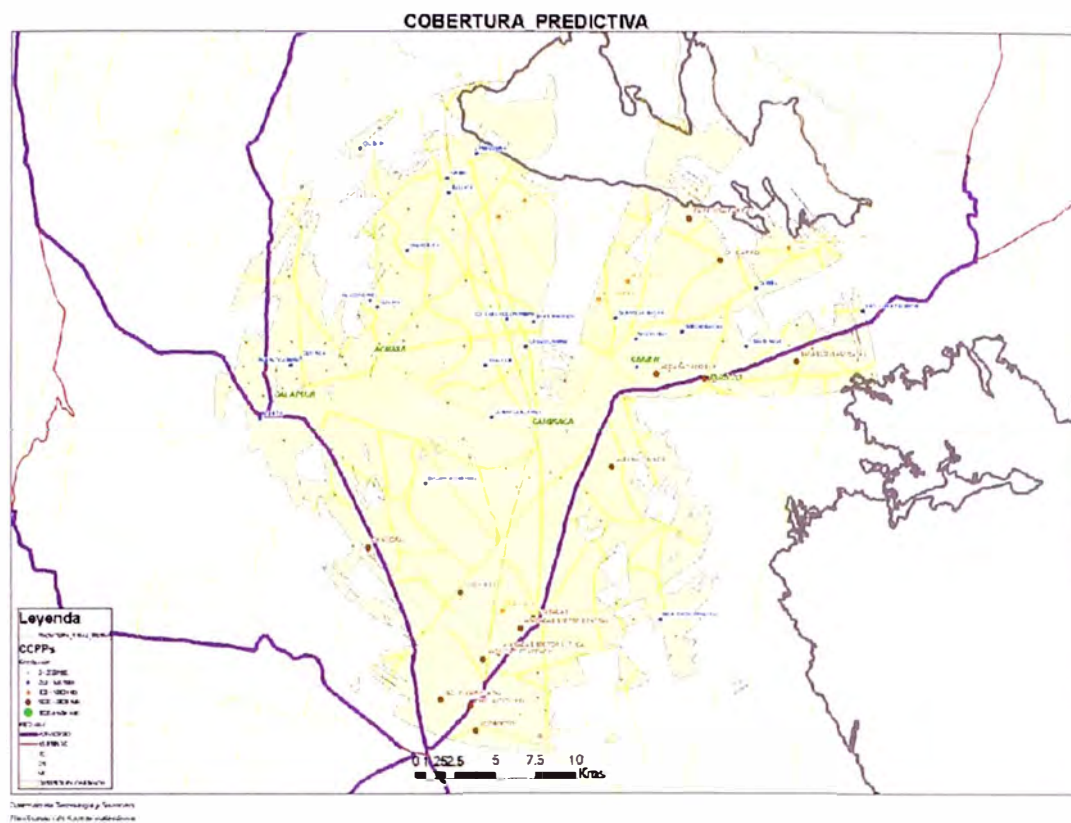


FIGURA 3.5 Cobertura predictiva mapeado con la herramienta Arc View



FIGURA 3.6 Vista satelital



FIGURA 3.7 Estación Base Celular Rural

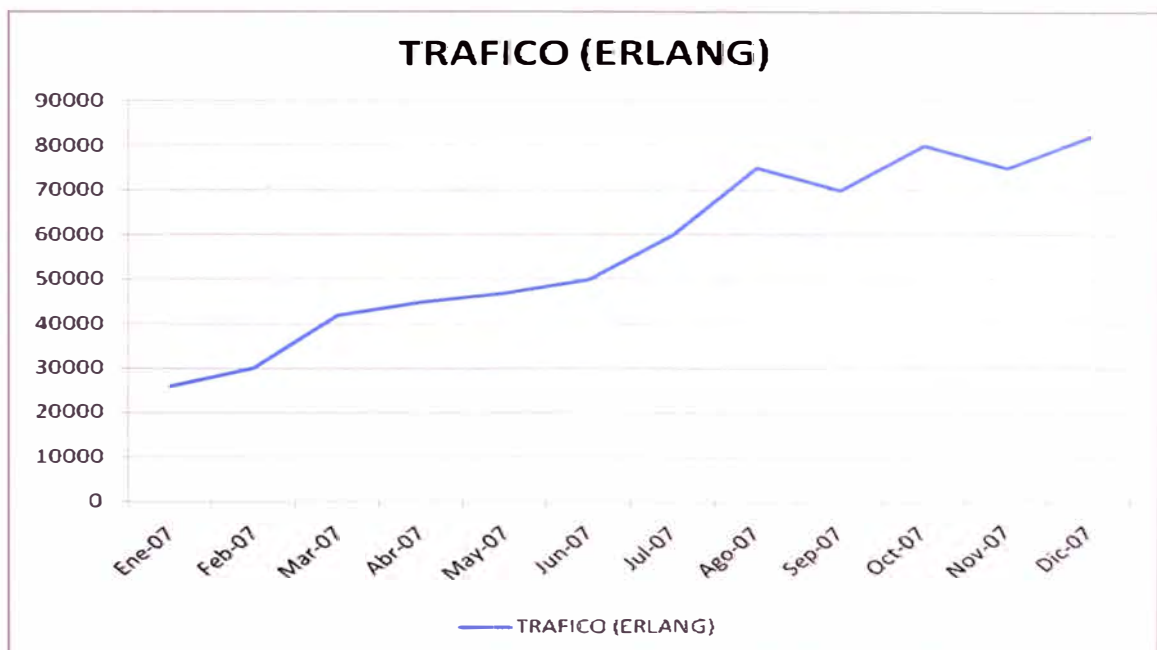


FIGURA 3.8 Crecimiento global de tráfico

En anteriores planificaciones se basó en un incremento lineal de todas las celdas, esto quiere decir si en el 2006 hubo un crecimiento de tráfico de 100% para el año 2007 se planificó la red con ese mismo crecimiento lineal para todas las BTS, sin embargo esto no es muy exacto debido a que no todas las BTS tienen el mismo factor de crecimiento.

En muchas zonas el crecimiento de tráfico las tendencias no son las mismas por ejemplo en zonas densamente urbanas de Lima (Miraflores, San Isidro, Lima Cercado) la

tendencia de crecimiento era menor con respecto a los conos de Lima o a las ciudades de provincias.

Las BTS de GSM en TM están constituidas por 3 sectores, cada una con una distribución de TRX y a su vez estas TRX tienen una capacidad de 8 Time Slots, de estos 8 Time Slots, 1 es usado para señalización y los otros para tráfico ya sea de voz o de datos.

En nuestra red la mayoría de las BTS tienen una configuración 444/888.

Esta nomenclatura significa 4 TRX en cada sector correspondiente a la banda 850 MHz y 8 TRX en cada sector correspondiente a la banda 1900 MHz.

No se usa toda la configuración 888 en la banda 850 MHz debido a que la mitad de la banda está reservada para la tecnología UMTS.

Analizando por sector:

1 TRX posee 7 Time Slots (TS) disponibles para tráfico de voz y datos, si en la red tenemos 4 TRX para la banda 850 MHz

$$\#TS_t = \#TRX * TS_d \dots\dots\dots (3.1)$$

-#TSt: Número de time slots totales.

-#TRX: Número de TRX.

-TSd: Time Slots disponibles para cursar tráfico por TRX.

Con los datos:

-#TRX=4

-TSd=7

Reemplazando en la ecuación (3.1)

-#TSt=28

Sin embargo en nuestra red del total de canales disponibles el 80% es usado en Half Rate y el 20% es usado en Full Rate, con lo que se tiene la siguiente cantidad de canales para la banda 850 MHz:

$$\#TCH_{850} = \#TS_t * 80\% * 2 + \#TS_t * 20\% \dots\dots\dots (3.2)$$

Donde:

$\#TCH_{850}$: Número de canales disponibles por BTS en la banda 850 MHz

Reemplazando en la ecuación (3.2) se tiene aproximadamente:

- $\#TCH_{850}$ =50 canales

Para transformarlo a tráfico expresado en Erlang nos apoyamos en la tabla del Erlang B con un GOS del 2%.

$$ErlangB(\#TCH, GOS) = Trafico \dots\dots\dots(3.3)$$

$$\#TCH = 50$$

$$GOS = 2\%$$

Reemplazando en la ecuación (3.3)

$$ErlangB(50, 2\%) = 40.2 \text{ Erlang}$$

De forma análoga para la banda de 1900 MHz se tiene 8 TRX.

Reemplazando en la ecuación (3.1)

$$\#TSt=56$$

De igual manera para calcular el número de canales para la banda 1900 MHz, hacemos uso de una ecuación similar a la ecuación (3.2)

$$\#TCH_{1900} = \#TS_i * 80\% * 2 + \#TS_i * 20\%$$

$$\#TCH_{1900} = 100 \text{ canales} * 40\%$$

*Cabe resaltar que la banda 1900 MHz tiene mucha mejor calidad comparada con la banda 850 MHz, sin embargo la desventaja de esta banda es la cobertura que esta posee con respecto a la banda de 850 MHz es mucho menos que la mitad, en la práctica es alrededor del 40%.

$$\#TCH_{1900} = 100 * 40\% = 40 \text{ canales}$$

Para transformarlo a tráfico expresado en Erlang usamos el Erlang B con un GOS del 2%. de la ecuación (3.3)

$$ErlangB(40, 2\%) = 31 \text{ Erlang}$$

Entonces la capacidad de cada sector en configuración 4 TRX en 850 MHz y 8 TRX en 1900 MHz seria aproximadamente:

$$Trafico_{Total} = Trafico_{850} + Trafico_{1900} \dots\dots\dots(3.4)$$

Reemplazando en la ecuación (3.4)

$$Trafico_{Total} = 71 \text{ Erlang}$$

Pero esta es la capacidad al 100%, generalmente como un factor de ingeniería usamos el 85 % del valor máximo, esto quiere decir que la capacidad por sector seria:

$$Capacidad(85\%) = 71 * 85\% = 60 \text{ Erlang}$$

3.2.1 Dimensionamiento

Para el dimensionamiento de las BTS nos basamos en un análisis de crecimiento por zonas, este análisis se basó para el caso del departamento de Lima en el crecimiento de los BSC o por LAC (Location Area Code), cabe recordar que las distribuciones de las BTS en los BSC o LAC son de tal manera que controlen una región simplemente conexa (región sin huecos) y para el caso de provincias el análisis se hizo por departamento.

Se tuvieron los siguientes resultados:

Para Lima

TABLA 3.2 Crecimiento de tráfico por zonas en el departamento de Lima

ZONA	TRAFICO AGOSTO 2007 (ERLANG)	TRAFICO DICIEMBRE 2007 (ERLANG)	INCREMENTO AGOSTO DICIEMBRE
CONO NORTE , VENTANILLA	1048.93	2620.01	149.78%
SJL	1323.07	2185.63	65.19%
MIRAFLORES	1398.38	1882.25	34.60%
SAN BORJA , SAN LUIS , SURQUILLO	1539.86	2374.21	54.18%
MAGDALENA , CALLAO , SAN MIGUEL	1947.69	2077.35	6.66%
CERCADO , RIMAC , PUEBLO LIBRE	1674.61	1714.58	2.39%
SURCO , SAN JUAN	1676.03	2406.78	43.60%
SAN ISIDRO	1135.04	1365.78	20.33%
CONO NORTE	1036.14	2899.04	179.79%
LA MOLINA	1087.57	1198.75	10.22%
CERCADO	1448.74	1903.59	31.40%
CHORRILLOS , BARRANCO , VILLA MARIA	1474.18	1812.21	22.93%
JESUS MARIA , LINCE , LA VICTORIA	2138.53	2205.7	3.14%
ATE , SANTA ANITA	1841.71	2557.2	38.85%
CAÑETE , VILLA EL SALVADOR	1515.51	2589.81	70.89%
NORTE CHICO , CARRETERA CENTRAL	1725.19	1917.04	11.12%

En este caso se consideró la distribución por BSC para diferentes zonas de Lima.

La manera de distribuir las BTS en los BSC es de tal manera que la frontera inter-BSC tenga la menor cantidad de LU (Location Update) para evitar la congestión de los canales de señalización, por lo que es también conveniente en este caso que el BSC solo contenga un LAC (Location Area Code), para que de esta manera el paging (búsqueda) sea dirigido solamente a un BSC.

De forma análoga la manera de distribuir los BSC en los MSS es de tal manera que la frontera inter-MSS sea similar entre fronteras inter-BSC y así evitar demasiados recursos en el Core.

Es recomendable tener mapeado la distribución de las BTS con sus respectivos BSC. También es recomendable mapear la distribución de las BTS con su respectivo MSS para poder visualizar las fronteras y así poder tener una mejor comprensión de lo que esta monitoreando. Las fronteras inter BSC pueden cambiar dependiendo de la carga de ocupación de los transcoders, PCU, interfaces, etc.



FIGURA 3.9 Estación Base Celular Urbana

Mayormente estos movimientos se dan cuando el tráfico en los BSC esta sobrepasando la carga en los transcoders, esto lo veremos cuando veamos el dimensionamiento en los BSC.

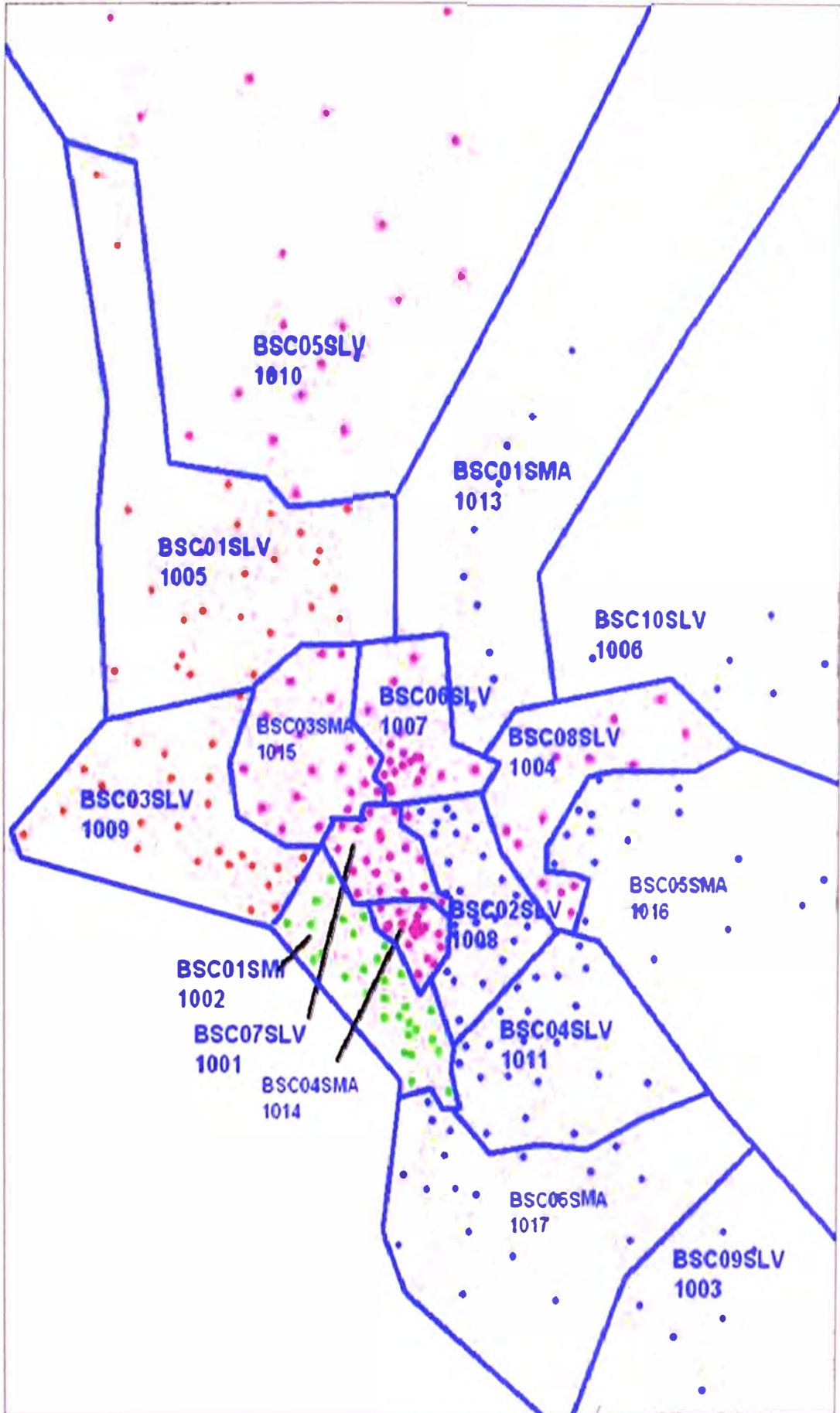


FIGURA 3.10 Distribución las BTS en los BSC para el departamento de Lima

Para Provincias

TABLA 3.3 Crecimiento de tráfico por departamentos para provincias

DEPARTAMENTO	TRAFICO AGOSTO 2007 (ERLANG)	TRAFICO DICIEMBRE 2007 (ERLANG)	INCREMENTO AGOSTO DICIEMBRE
Amazonas	409.71	534.92	30.56%
Ancash	2688.05	3969.36	47.67%
Apurímac	366.64	668.47	82.32%
Arequipa	4488.11	6034.18	34.45%
Ayacucho	786.71	1202.78	52.89%
Cajamarca	2900.67	3799.89	31.00%
Cusco	1768.82	1990.81	12.55%
Huancavelica	134.56	207.77	54.41%
Huánuco	769.88	1203.94	56.38%
Ica	2556.81	3628.2	41.90%
Junín	2067.44	2971.89	43.75%
La Libertad	4990.89	6467.81	29.59%
Lambayeque	4860.71	5519.1	13.55%
Loreto	820.11	1057.8	28.98%
Madre de Dios	102.74	139.97	36.24%
Moquegua	747.23	1069.38	43.11%
Pasco	444.39	778.75	75.24%
Piura	4153.72	5573.78	34.19%
Puno	2433.85	3352.73	37.75%
San Martín	1145.51	1776.37	55.07%
Tacna	1151.69	1684.55	46.27%
Tumbes	710.05	1176.21	65.65%
Ucayali	887.02	1438.81	62.21%

De las tablas mostradas se tomó como base el tráfico (Erlang) en Agosto del 2007 y Diciembre del 2007 como el tráfico de diseño.

Teniendo como datos de entrada el tráfico total proyectado a fin de año, se puede hacer una mejor estimación de nuevas BTS en dichas zonas analizadas, lógicamente la mejor estimación sería analizar cada BTS y su respectiva tendencia, pero para ello sería un análisis demasiado minucioso y demandaría mucho tiempo, además de lo complicado de conseguir una tendencia histórica de cada BTS ya que esta varía cuando sale en servicio una BTS vecina.

Como datos de entrada tenemos el tráfico proyectado a final del año que es proporcionada por el personal de Finanzas, pero este dato es global de toda la planta.

Se analizó el crecimiento desde Agosto del 2007 y no desde Enero del 2007 debido a que en la red existían todavía otras tecnologías como TDMA y CDMA (red de Telefónica Móviles) que todavía migraban a GSM, a partir de Agosto de dicho año esta tendencia empezó a ser muy baja. Para el mes de Diciembre del 2008 las predicciones de tráfico hora pico fueron 150000 Erlang. Estos datos de entrada son dados por el personal de marketing ya que estos son los encargados de las estrategias de ventas.

Anteriormente lo que se hacía para diseñar la red de acceso era tomar el crecimiento global y a partir de ahí dimensionar el número de BTS. Esto quiere decir que tomando el tráfico de diseño el mes de Diciembre del 2007 y el tráfico proyectado de Diciembre del 2008 tenemos los siguientes cálculos:

TABLA 3.4 Crecimiento global de tráfico para Perú

PAIS	TRAFICO DICIEMBRE 2007 (ERLANG)	TRAFICO DICIEMBRE 2008 (ERLANG)	INCREMENTO TOTAL
PERU	82000	150000	82.90%

Este incremento total se tomaba como base para el dimensionamiento de toda la red. Es decir que el tráfico actual de cada BTS se le tenía que incrementar este 82.9% en forma lineal y a partir de allí analizar su posible bloqueo de voz por capacidad de tráfico de llamadas.

Este crecimiento se le aplicaba al tráfico de diseño para todos los sectores esto quiere decir que si un sector tenía un tráfico de 50 Erlang a este tráfico se le incrementaba el 82.9%.

$$Trafico_{Proyectado} = Trafico_{Diseño} * (1 + Incremento_{Total}) \dots\dots\dots (3.5)$$

Reemplazando en esta ecuación:

$$Trafico_{Proyectado} = 50 * (1 + 82.9\%) = 91.5 \text{ Erlang}$$

Con lo cual presentaría un bloqueo ya que excede los 60 Erlang que presentamos como limite al 85% de su máxima capacidad, entonces a dicho sector sólo sería necesario poner una BTS para liberar de tráfico.

Pero si el tráfico proyectado de un sector sobrepasa la capacidad máxima de una BTS se tendrá:

Capacidad máxima de una BTS = # de Sectores * Capacidad máxima de un sector.

Reemplazando en la ecuación:

$$BTS_{Capacidad} = \#sectores * Capacidad_{sector} \dots\dots\dots (3.6)$$

Reemplazando en esta ecuación:

$$BTS_{Capacidad} = 3 * 60 = 180 \text{ Erlang}$$

Ya que se entiende que una BTS tiene tres sectores.

Tomando en consideración el cálculo de crecimiento global se obtuvo cierta cantidad de BTS necesarias.

Para Lima:

TABLA 3.5 Cantidad de BTS necesarias (Lima) debido al crecimiento global

# BTS NECESARIOS/POR CADA SECTOR	# DE SECTORES BLOQUEADOS			TOTAL
	S1	S2	S3	
1	93	87	92	272
2	2	4	2	16
3	0	0	0	0
TOTAL DE BTS NECESARIAS				288

Para Provincias:

TABLA 3.6 Cantidad de BTS necesarias (Provincias) debido al crecimiento global

# BTS NECESARIOS/POR CADA SECTOR	# DE SECTORES BLOQUEADOS			TOTAL
	S1	S2	S3	
1	103	109	88	300
2	12	10	10	64
3	0	0	0	0
TOTAL DE BTS NECESARIAS				364

Estas tablas muestran para el caso de Lima que 272 sectores necesitaran 272 BTS nuevas, 8 sectores necesitaran 16 BTS por cada sector bloqueado se necesitara 2 BTS y 0 sectores necesitaran 3 BTS nuevas.

La forma de llegar a estos resultados es la siguiente:

Por ejemplo, si un sector posee un tráfico de diseño de 55 Erlang y a este valor le aplicamos el factor de crecimiento de 82.9%, para esto usemos la ecuación (3.5)

$$55 \cdot (1 + 82.9\%) = 100.5 \text{ Erlang}$$

Se obtiene 100.5 Erlang como tráfico proyectado, pero como un sector posee una capacidad de 60 Erlang existe un exceso de:

$$100.5 - 60 = 40.5 \text{ Erlang}$$

Con este exceso solo será necesario un sector para tomar este tráfico excedente:

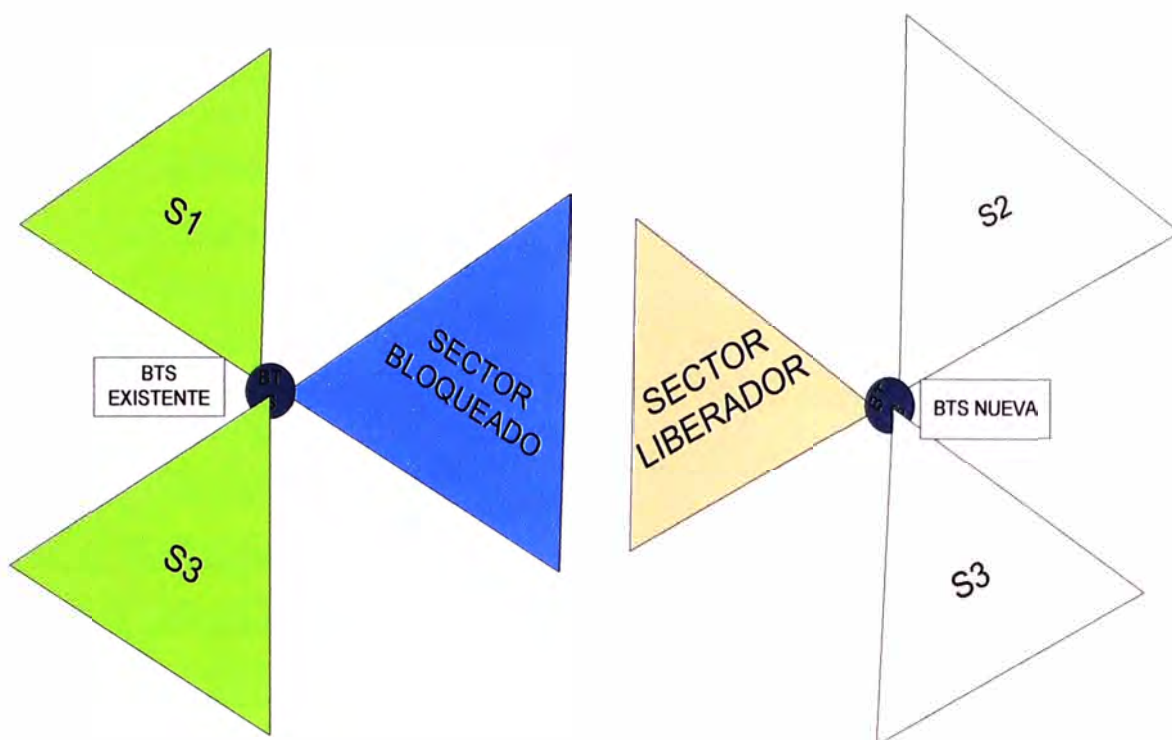


FIGURA 3.11 Ubicación de una nueva BTS debido a un sector bloqueado

Pero el caso de que el tráfico proyectado de un sector sea más de 180 Erlang (mayor que la capacidad de una celda) se necesitara más de una BTS.

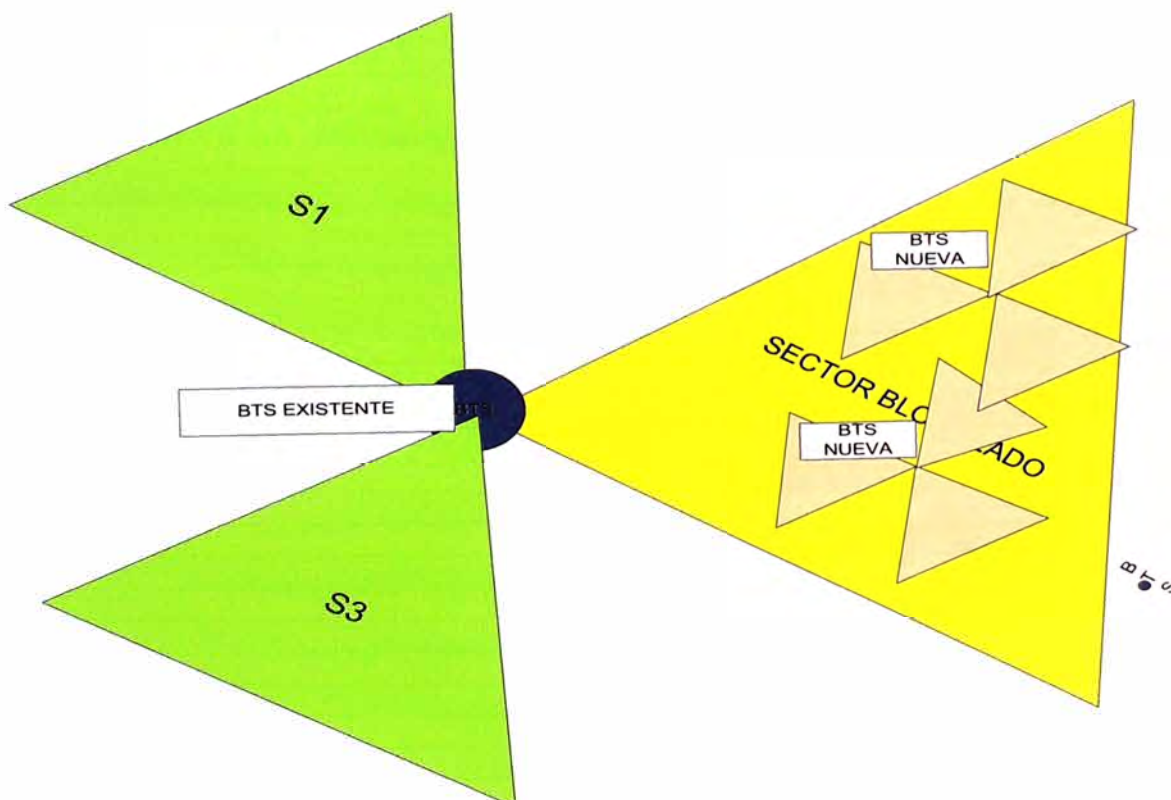


FIGURA 3.12 Ubicación de dos nuevas BTS debido a un sector bloqueado.

De la figura 3.12 se nota que si un sector está bloqueado más de 180 Erlang se necesitará por lo menos 2 BTS para descongestionar el tráfico de dicha BTS bloqueada.

Sin embargo hay que tener presente otra consideración adicional ya que al número de BTS adicionales que se obtiene por sector hay que multiplicarle un factor de distribución, este factor de distribución es debido a que el análisis antes visto no considera la distribución de las BTS ya que por ejemplo una nueva BTS planificada no solamente va descongestionar un sector de una BTS sino que también puede ser que descongestione 2 o 3 sectores de BTS distintas, este dependerá de donde ubiques una nueva BTS. Para Perú este factor de distribución es el 65% (mas detalles ver anexo C).

Pero analizando con las tendencias mostradas (crecimiento por zonas para el caso de Lima y crecimiento por departamentos para el caso de provincias) de las tablas 3.2 (Lima) y 3.3 (Provincias) se obtuvieron los siguientes resultados:

Para Lima:

TABLA 3.7 Cantidad de BTS necesarias (Lima) debido al crecimiento por tendencias

# BTS NECESARIOS/POR CADA SECTOR	# DE SECTORES BLOQUEADOS			TOTAL
	S1	S2	S3	
1	88	69	75	232
2	4	10	8	44
3	1	1	2	12
TOTAL DE BTS NECESARIAS				288

Para Provincias:

TABLA 3.8 Cantidad de BTS necesarias (Provincias) debido al crecimiento por tendencias

# BTS NECESARIOS/POR CADA SECTOR	# DE SECTORES BLOQUEADOS			TOTAL
	S1	S2	S3	
1	99	104	82	285
2	9	9	8	52
3	1	0	0	3
TOTAL DE BTS NECESARIAS				340

De estos últimos 2 cuadros comparados con los 2 cuadros anteriores se nota una gran diferencia.

Para Lima, de las BTS nuevas proyectadas con un incremento global se obtuvieron 288 nuevas BTS, y por análisis de incrementos se obtuvieron los mismos 288 nuevas BTS, de

forma similar si comparamos los cuadros para provincias se obtuvieron 364 nuevas BTS necesarias, pero con el análisis por incrementos se obtuvieron 340 nuevas BTS.

Se observa que el análisis por crecimiento en zonas resulto con una cierta cantidad menor de BTS.

3.3 Por Calidad

Estas son estaciones bases que son requeridas para mejorar la calidad de servicio en algunas zonas debido a los bajos niveles de señal donde ni con la optimización de las BTS vecinas (variación de parámetros como azimuts, tilt y altura de antenas) se puede mejorar la calidad de señal.

Previamente se deben tener los reportes de drive test recientes, para la elección de estas BTS generalmente son elegidas en lugares donde existe algún cliente importante (empresas, centros comerciales, etc.).

Las estaciones bases de calidad generalmente tienen prioridad 3, después de las estaciones bases de capacidad (prioridad 1, para evitar bloqueos en la hora pico) y de cobertura (prioridad 2, ganar nuevas coberturas).

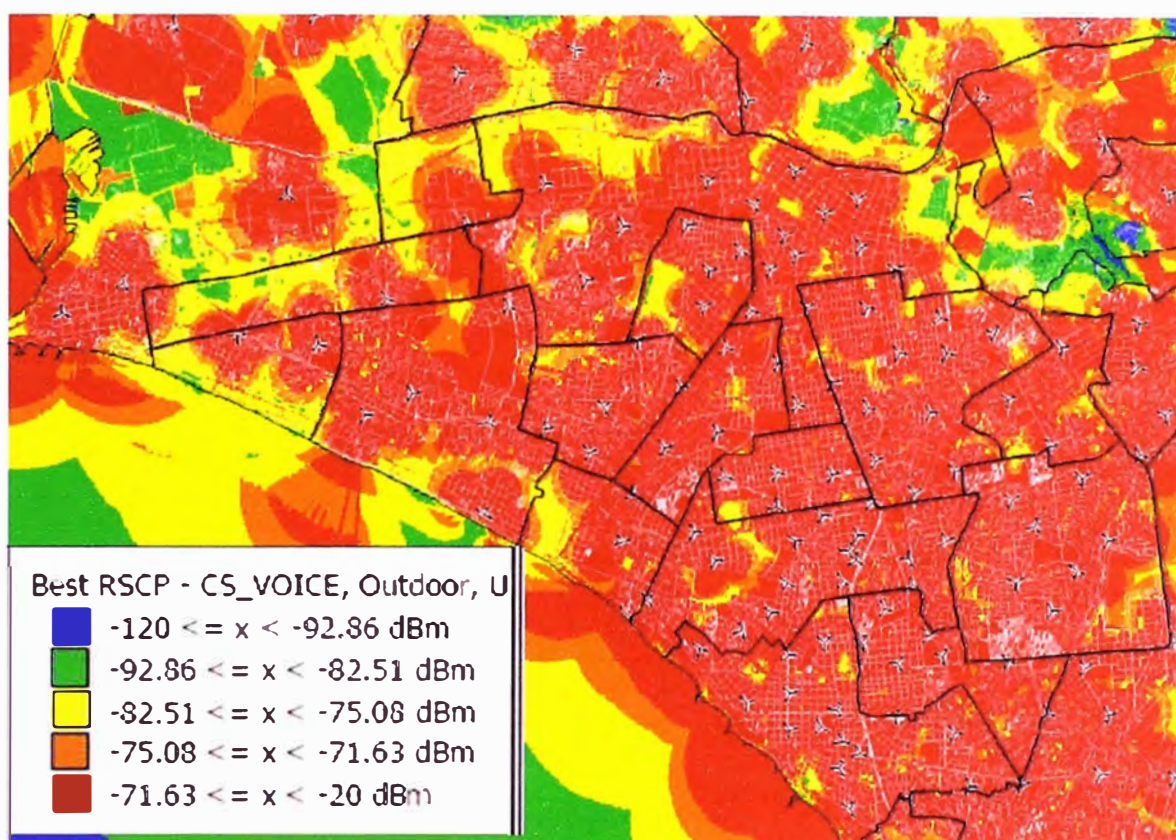


FIGURA 3.13 Niveles de señal pero vistos desde un predictivo

De la Figura 3.13 se puede observar los niveles de señal desde un predictivo pero lo ideal sería tener una un drive test ya que éste muestra los verdaderos niveles de señal tomadas en campo. Los drive test son recorridos que se hacen con equipos de medición de señal.

Para el 2008 se tenían mapeados solamente 13 BTS de Calidad, esto debido a que no eran BTS prioritarias.

3.4 Consideraciones a tener en cuenta en las ubicaciones de las BTS

Para la elección de la ubicación de las celdas de capacidad como las de calidad (generalmente son urbanas) estas deben tener especial cuidado y tener algunas consideraciones:

- No estar cerca de los aeropuertos para no impactar con el cono aéreo.
- Tener especial cuidado de no colocar una torre muy elevada en zonas donde según los parámetros urbanísticos no exceda dicha altura.
- Para evitar posibles problemas sociales y por ende licencias de construcción se recomienda mimetizar (esconder) la estación base ya sea poniendo mástiles cubiertos por muros a tanques elevados.
- Si el caso es muy crítico se deberá evaluar la inclusión de micro celdas (BTS con poco consumo de energía y poca cobertura) en vez de BTS.

De los tres tipos de BTS para la implementación se tienen las siguientes prioridades:

- 1) Los compromisos con el MTC y CANON.(Prioritaria) *
- 2) Celdas de Capacidad.(Prioritaria)
- 3) Celdas de Calidad y Nuevas Coberturas.(No Prioritaria)

*Son mandatorios ya que el ente regulador lo exige, de no llegar a poseer cobertura en las fechas programadas recaería sobre la empresa operadora de telefonía móvil una fuerte multa.

3.5 Controladores de Estaciones Bases (BSC)

Para el dimensionamiento de los controladores, al igual que las BTS de capacidad la limitante es el tráfico.

Para la red de TEM tenemos dos tipos de BSC:

Siemens (controla las BTS del departamento de Lima) cuyas limitantes son:

TABLA 3.9 Limitantes para los controladores NSN (Nokia Siemens Networks)

SIEMENS	
LIMITANTES	MAXIMA CAPACIDAD
SECTORES	400
BTS	200
TRAFICO (ERLANG)	3200
E1_ABIS	88

Y Ericsson (controla las BTS para provincias) cuyas limitantes son:

TABLA 3.10 Limitantes para los controladores Ericsson

ERICSSON	
LIMITANTES	MAXIMA CAPACIDAD
SECTORES	500
BTS	400
TRAFICO (ERLANG)	4608
E1_ABIS	126

Sin embargo para provincias lo tenemos dividido por cuatro regiones

Zona Norte
 Zona Centro y Oriente
 Zona Sur
 Zona Iquitos*

*Se decide que la ciudad de Iquitos sea controlado por separado con el fin de que su controlador y el conmutador de llamadas estén físicamente en Iquitos evitando así el salto satelital, esto para el caso de la conmutación de llamadas locales no haga el recorrido hasta la ciudad de Lima (solo lo harían las llamadas de larga distancia).

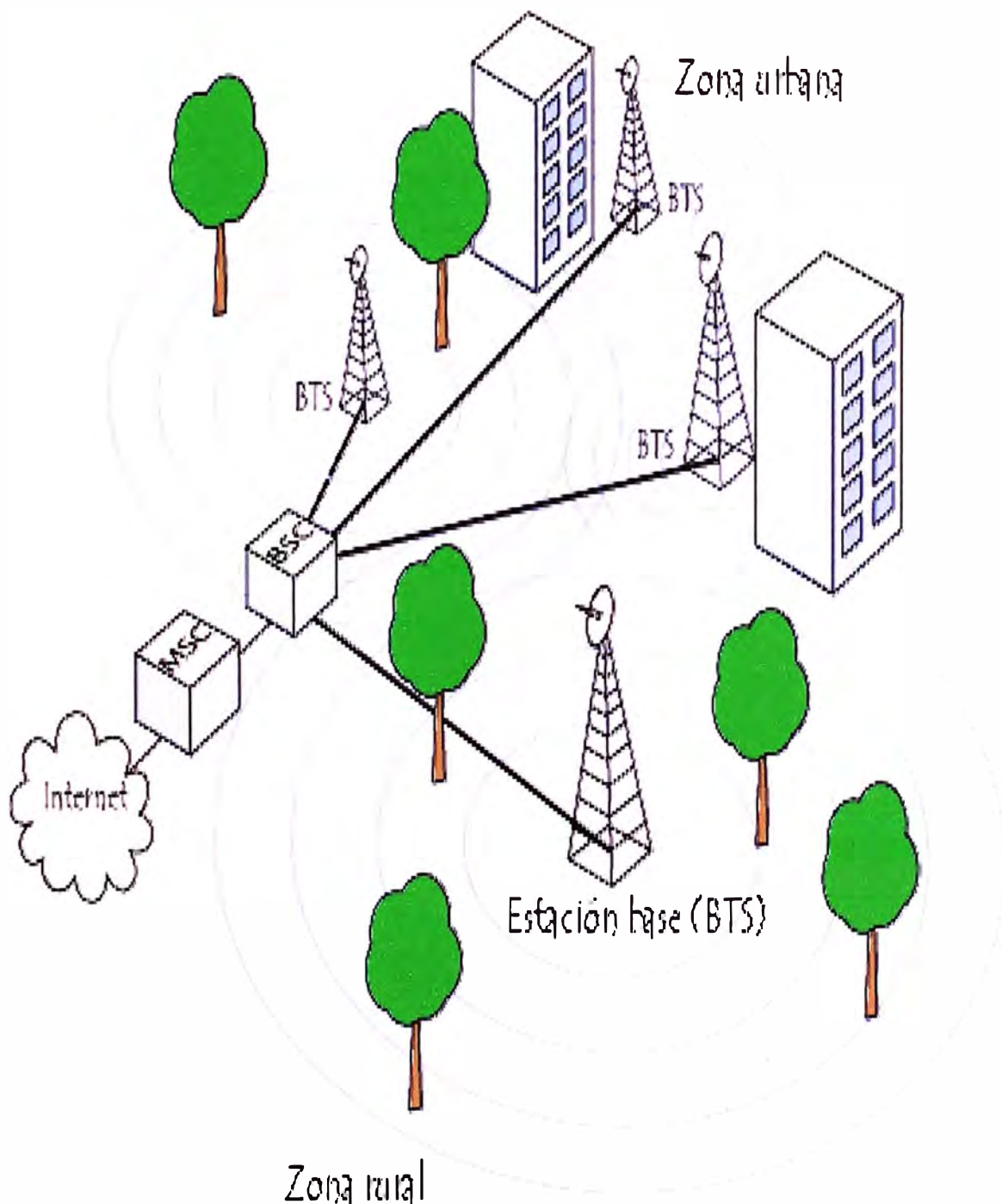


FIGURA 3.14 BSC que controla estaciones bases urbanas y rurales

Se muestra a continuación la distribución de departamentos por zonas para el caso de provincias, esta distribución se realiza debido a la facilidad de la red de transporte para concentrar la zona Norte en la Ciudad de Trujillo, la zona Centro y Oriente en la Ciudad de Lima y la Zona Sur en la ciudad de Arequipa.

TABLA 3.11 Distribución de los departamentos por zona

DEPARTAMENTO	ZONA
Amazonas	NORTE
Ancash	NORTE
Cajamarca	NORTE
La libertad	NORTE
Lambayeque	NORTE
Piura	NORTE
San Martin	NORTE
Tumbes	NORTE
Ayacucho	CENTRO
Huancavelica	CENTRO
Huánuco	CENTRO
Ica	CENTRO
Junín	CENTRO
Madre de Dios	CENTRO
Pasco	CENTRO
Ucayali	CENTRO
Apurímac	SUR
Arequipa	SUR
Cusco	SUR
Moquegua	SUR
Puno	SUR
Tacna	SUR
Loreto	IQUITOS

Esta distribución es debido a la mejor ruta para el transporte en el A-bis (Interface entre el BSC y las BTS).

Teniendo como entrada el tráfico proyectado a final del 2008 y además teniendo las tendencias por departamento de forma análoga se puede hacer el dimensionamiento de los BSC.

3.5.1 Dimensionamiento

El tráfico proyectado que maneja el BSC es diferente al tráfico HPS (hora pico sector) que manejan los sectores de las BTS, ya que como el BSC controla una zona de BTS, el tráfico hora pico del BSC no se dará necesariamente cuando cada sector tenga el máximo tráfico sino cuando este grupo de celdas tengan un máximo tráfico en un tiempo determinado, bajo esta premisa el tráfico hora pico del BSC siempre será menor que la suma del tráfico hora pico sector de las BTS que controla dicho BSC.

Según el dimensionamiento de las BTS se tiene el siguiente cuadro:

TABLA 3.12 Número de elementos de diseño (tomado en una fecha determinada)

ZONA	BTS ACTUALES	SECTORES ACTUALES	TRX ACTUALES	E1 ACTUALES
LIMA	330	990	11880	849
NORTE	239	717	8604	615
CENTRO	92	276	3312	237
SUR	145	435	5220	373
IQUITOS	12	36	432	31

Según este cuadro son los elementos de radios actuales, pero con el dimensionamiento hecho anteriormente se obtuvieron los siguientes resultados:

TABLA 3.13 Número de elementos dimensionados

ZONA	BTS NUEVOS	SECTORES NUEVOS	TRX NUEVOS	E1 NUEVOS
LIMA	288	864	10368	741
NORTE	167	501	6012	430
CENTRO	81	243	2916	209
SUR	85	255	3060	219
IQUITOS	7	21	252	18

Sumando ambos cuadros:

TABLA 3.14 Número de elementos totales

ZONA	BTS PROYECTADOS	SECTORES PROYECTADOS	TRX PROYECTADOS	E1 PROYECTADOS
LIMA	618	1854	22248	1590
NORTE	406	1218	14616	1045
CENTRO	173	519	6228	446
SUR	230	690	8280	592
IQUITOS	19	57	684	49

Este último cuadro sería el resultado final de los elementos de la red de acceso radio para fin del 2008.

Y el tráfico proyectado por cada zona sería como sigue:

TABLA 3.15 Tráfico proyectado (expresado en Erlang)

ZONA	TRAFICO DE DISEÑO (ERLANG)	TRAFICO PROYECTADO (ERLANG)	FACTOR	TRAFICO DEL SISTEMA PROYECTADO (ERLANG)
LIMA	34145.68	66399.25	85%	56439.37
NORTE	23848.57	40639.42	95%	38607.45
CENTRO	10152.64	19423.67	95%	18452.49
SUR	12454.24	21747.84	95%	20660.45
IQUITOS	981.26	1620.04	95%	1539.04

Con estos datos de entrada podemos dimensionar el número de BSC.

Del anterior cuadro el tráfico que usa el BSC es el tráfico proyectado del sistema, como se ve este valor es menor que el tráfico hora pico sector, el factor que aparece en la cuarta columna es un valor estimado en la práctica, para el caso de Lima es el 85% y para provincias por ser ciudades más pequeñas el tráfico hora pico del BSC se acerca más al tráfico hora pico sector (aproximadamente el 95%).

Este factor es debido a que el tráfico hora pico del BSC no es el mismo que se usa para el tráfico hora pico sector que se usa para las BTS ya que no necesariamente el tráfico hora pico del BSC es la suma de todos los picos de los sectores de las BTS.

El tráfico hora pico del BSC (hora pico del sistema) siempre va a ser menor que el tráfico hora pico sector. La única forma de que el tráfico hora pico del BSC sea igual que el tráfico hora pico sector será cuando 1 BSC tenga solamente 1 BTS con un sector.

Ahora tomando las limitantes en los controladores Siemens se tiene:

Para el departamento de Lima.

TABLA 3.16 Limitante de los controladores Siemens (Lima)

SIEMENS		
LIMITANTES	MAXIMA CAPACIDAD	% DE INGENIERIA
SECTORES	400	90%
BTS	200	90%
TRAFICO (ERLANG)	3200	80%
E1_ABIS	88	80%

Para Ericsson de igual manera:

Para los otros departamentos (Provincias)

TABLA 3.17 Limitante de los controladores Ericsson (Provincias)

ERICSSON		
LIMITANTES	MAXIMA CAPACIDAD	% DE INGENIERIA
SECTORES	500	90%
BTS	400	90%
TRAFICO (ERLANG)	4608	80%
E1_ABIS	126	80%

Este porcentaje de ingeniería es un factor que hace que el BSC trabaje de manera optima, si el BSC trabaja por encima de este factor por su capacidad máxima este BSC presentara fallas o alarmas en el OSS como por ejemplo bloqueo de voz ,fallas en el acceso, alto tráfico de señalización, etc.

Haciendo una simple división con respecto a estas limitantes se obtiene el número de BSC necesarios, tomar en consideración que el para dimensionamiento de estos BSC no se consideran los picos de tráfico en los días festivos o eventos ocasionales como los terremotos.

TABLA 3.18 Número de BSC necesarios (Escenario Perú)

ZONA	BTS TOTALES	SECTORES TOTALES	E1 TOTALES	TRAFICO SISTEMA PROYECTADO (ERLANG)	# DE BSC NECESARIOS TOMANDO COMO LIMITANTE LAS BTS	# DE BSC NECESARIOS TOMADO COMO LIMITANTE LOS SECTORES	# DE BSC NECESARIOS TOMANDO COMO LIMITANTE LOS E1	# DE BSC NECESARIOS TOMANDO COMO LIMITANTE EL TRAFICO
LIMA	618	1854	1590	56439.37	4	6	22	23
NORTE	406	1218	1044	38607.45	2	3	11	11
CENTRO	173	519	445	18452.49	1	2	5	6
SUR	230	690	592	20660.45	1	2	6	6
IQUITOS	19	57	49	1539.04	1	1	1	1

Se nota que la limitante más fuerte es el tráfico que maneja el BSC, esto quiere decir que la primera causa por la que un BSC pueda saturarse es por el tráfico que este cursa.

En conclusión se obtuvieron los siguientes resultados por capacidad:

TABLA 3.19 Tabla resumen capacidad

ZONA	BTS TOTALES	BSC TOTALES
LIMA	618	23
NORTE	406	11
CENTRO	173	6
SUR	230	6
IQUITOS	19	1

Sin embargo esta última tabla es el resultado solo para las BTS de capacidad, recordar que existen otras BTS que no figuran el cuadro como las BTS de cobertura y calidad.

TABLA 3.20 Tabla resumen cobertura

COMPROMISO	# DE CCPP DE INTERES	# DE BTS
MTC	30	30
CANON	45	45
NUEVAS COBERTURAS	26	26

TABLA 3.21 Tabla resumen capacidad

PROYECTO	# DE BTS
CALIDAD	13

En resumen se tiene el siguiente cuadro general.

TABLA 3.22 Tabla resumen tomando en consideración las BTS de capacidad, cobertura, calidad y los controladores BSC

ZONA	PLANTA ACTUAL		ELEMENTOS NUEVOS			
	# DE BTS ACTUALES	# DE BSC ACTUALES	# DE BTS POR CAPACIDAD	# DE BTS POR CALIDAD	# DE BTS POR COBERTURA	# DE BSC NUEVOS
LIMA	330	16	288	6	5	7
NORTE	239	8	167	4	38	3
CENTRO	92	4	81	1	25	2
SUR	145	5	85	2	32	1
IQUITOS	12	1	7	0	0	0

CAPITULO 4

COSTOS Y TIEMPOS DE EJECUCIÓN

Para elaborar un plan de ejecución para cualquier proyecto es necesario tener un presupuesto acorde con el diseño realizado para así proceder con la compra y luego organizar los trabajos.

Una vez aprobado el presupuesto se deberá tener en cuenta primero sacar la orden de compra y a partir de ahí tomar en cuenta el tiempo de fabricación y el tiempo que demoran estos para llegar al destino final.

4.1 Costos

Después de la estimación de estos elementos de red es necesario presentarlo al comité de inversiones para así aprobar dicho presupuesto.

Los preciaros de costos de los equipos dependen de varios factores.

Los precios de cada BTS difieren esto debido al proveedor (Siemens, Ericsson), para el caso de obras civiles y energía estos variarán debido al tipo de BTS (Rural o Urbano), esto debido a que la torre en zona rural es más alta (para ganar cobertura, generalmente se ubican en los cerros), el costo de energía se eleva debido a que existe la acometida eléctrica*.

*Costo por llevar energía eléctrica hacia el punto donde se ubicara la torre o estación base.

TABLA 4.1 Costos relacionados a las estaciones bases para el proveedor Siemens

LIMA (SIEMENS)	URBANA (\$)	RURAL (\$)	# EN BODEGA	# DE BTS URBANA PROYECTADA	# DE BTS URBANA	# DE BTS RURAL
BTS	92,000	92,000	105	288	183	5
OBRA ASOCIADA	30,000	70,000	0	288	288	5
TORRE	30,000	40,000	0	288	288	5
ENERGIA	8,000	50,000	0	288	288	5
SANEAMIENTO	18,000	18,000	0	288	288	5
SUBTOTAL (\$)	178,000	270,000			41,604,000	1,350,000
TOTAL (\$) SIN IGV						42,954,000
TOTAL (\$) CON IGV						50,685,720

TABLA 4.2 Costos relacionados a las estaciones bases para el proveedor Ericsson

PROVINCIAS (ERICSSON)	URBANA (\$)	RURAL (\$)	EN BODEGA	# DE BTS URBANA PROYECTADA	# DE BTS URBANA	# DE BTS RURAL
BTS	100,000	100,000	88	340	252	95
OBRA ASOCIADA	30,000	70,000	0	340	340	95
TORRE	30,000	40,000	0	340	340	95
ENERGIA	8,000	50,000	0	340	340	95
SANEAMIENTO	18,000	18,000	0	340	340	95
SUBTOTAL (\$)	186,000	278,000			54,440,000	26,410,000
TOTAL (\$) SIN IGV						80,850,000
TOTAL (\$) CON IGV						95,403,000

Para el caso de los BSC de igual manera que las BTS su costo varía dependiendo del proveedor (Siemens, Ericsson), de igual manera ocurre para la ejecución de los rehomings*.

*Se refiere a la migración de estaciones bases hacia un controlador.

TABLA 4.3 Costos relacionados a los controladores de estaciones bases Ericsson

ERICSSON	COSTO/UNIDAD (\$)	CANTIDAD	COSTO TOTAL (\$)
BSC + INSTALACION	1,600,000	6	9,600,000
REHOMING ASOCIADO	200,000	6	1,200,000
TOTAL (\$) SIN IGV			10,800,000
TOTAL (\$) CON IGV			12,744,000

TABLA 4.4 Costos relacionados a los controladores de estaciones bases Siemens

SIEMENS	COSTO/UNIDAD (\$)	CANTIDAD	COSTO TOTAL (\$)
BSC + INSTALACION	1,000,000	7	7,000,000
REHOMING ASOCIADO	180,000	7	1,260,000
TOTAL (\$) SIN IGV			8,260,000
TOTAL (\$) CON IGV			9,746,800

TABLA 4.5 Costos totales para la implementación de los elementos de la red de acceso

ZONA	LIMA	PROVINCIAS
BTS	50,685,720	95,403,000
BSC	9,746,800	12,744,000
TOTAL (\$) CON IGV		168,579,520

4.2 Tiempos de Ejecución

El proceso de poner en servicio una BTS planificada implica una serie de procesos como la búsqueda, saneamiento (asuntos legales), obras civiles, instalación del equipo RF y la puesta en servicio.

TABLA 4.6 Tiempos de ejecución para implementar las BTS

BTS	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5	MES 6	MES 7	MES 8	MES 9	MES 10	MES 11	MES 12
BUSQUEDA	x	x	x	x	x	x	x	x	x			
SANEAMIENTO	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		
OBRA_CIVIL		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
INSTALACION_DE_RF				x	x	x	x	x	x	x	x	x
PUESTA_EN_SERVICIO				x	x	x	x	x	x	x	x	x

Para el caso de los BSC el proceso inicia cuando se efectúa la orden de compra, en ese momento empieza la fabricación del equipo y el traslado a la central donde se requiere ubicar dicho BSC, los rehoming de todos los BSC no se dan en forma simultánea debido a que para esto está involucrada el personal de conmutación (los recursos son limitados).

TABLA 4.7 Tiempos de ejecución para implementar los BSC.

BSC	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5	MES 6	MES 7
FABRICACION	x						
ARRIBO_EN_ADUANAS		x					
COMISIONAMIENTO			x				
REHOMING_LIMA			x	x			
REHOMING_NORTE					x		
REHOMING_CENTRO						x	
REHOMING_SUR							x

4.3 Procesos de puesta en servicio de las Estaciones Bases

4.3.1 Búsqueda

Es la primera etapa del proceso, su duración dependerá de la zona de búsqueda, ya que ubicar puntos ceros en zonas urbanas son distintas a ubicar en zonas rurales, en las primeras el principal factor a tener presente es la negativa de los vecinos para construir una estación base, y en las segundas el principal factor es en tratar de no ubicarse en zonas arqueológicas, esto generalmente es muy complicado ya que en nuestro país es una zona netamente arqueológica.

4.3.2 Saneamiento

Se refiere a la negociación con el dueño del inmueble para el arrendamiento del mismo, la demora de este proceso generalmente se da cuando los dueños se niegan a recibir la suma ofrecida o la negativa del municipio para otorgar licencia de construcción, mayormente ocurre este problema en las zonas urbanas, en zonas rurales no son muy frecuentes.

4.3.3 Obras Civiles

Este proceso se refiere a la construcción ya sea de una torre, mástiles sobre el techo de un inmueble o mimetización de las antenas de una estación base, por lo general estos trabajos no generan demoras.



FIGURA 4.1 Estación Base Celular Mimetizado

4.3.4 Instalación de equipos RF (Radio Frecuencia)

Se refiere a la instalación de los equipos de radio frecuencia (antenas, bastidores, cableados), generalmente no ofrecen demora, el cuidado que se debe tener es al momento de ingresar los equipos al inmueble, ya que si este sitio es mimetizado (esto con el fin de no llamar la atención la ubicación de una BTS), se deberá de realizar sin llamar la atención de los vecinos.

4.3.5 Puesta en Servicio

Se refiere a la puesta en servicio de una estación base (comisionamiento de la BTS), su demora puede darse por la falta de recursos en la inscripción de esta BTS en los elementos de la red.

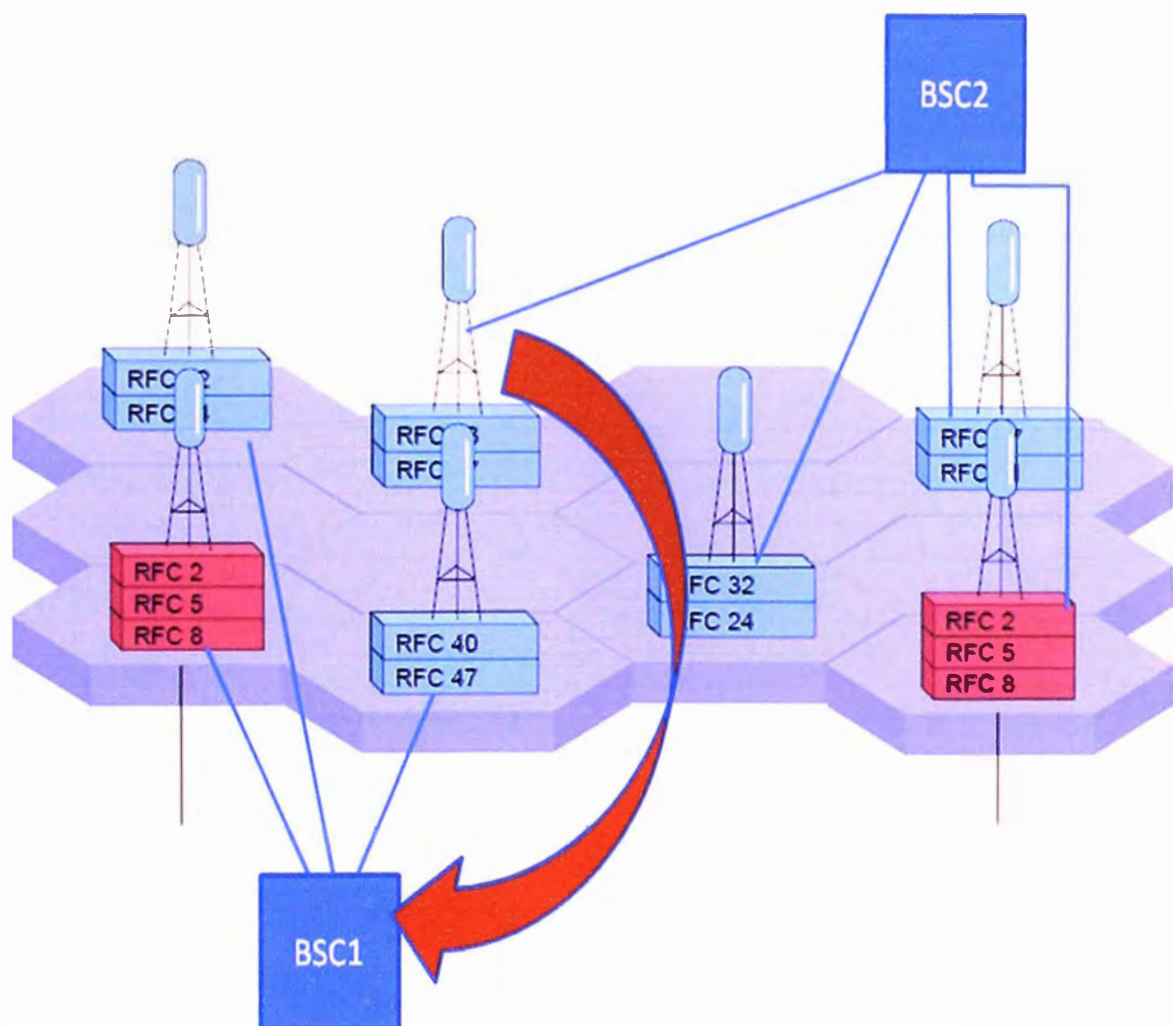


FIGURA 4.2 Rehoming de estaciones bases desde un BSC hacia otro BSC

4.4 Procesos de puesta en servicio de los Controladores de Estaciones Bases

4.4.1 Fabricación

Los controladores de estaciones bases son equipos que son fabricados únicamente cuando el operador lo requiere, a diferencia de las estaciones bases que presentan

equipos en almacén (esto debido al costo y la importancia de este elemento representa en la red).

4.4.2 Arribo en Aduanas

Al momento de arribar al país de destino existe un tiempo en que estos equipos son registrados en aduanas.

4.4.3 Comisionamiento

Se refiere al proceso para puesta en servicio de un BSC, generalmente en este proceso se hace una prueba con una estación base para poder ver el adecuado funcionamiento del equipo.

4.4.4 Rehomíng

Con este proceso se pone en servicio un BSC, este consiste en poner estaciones bases en estos nuevos controladores y así liberar de carga a los controladores existentes.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

1. Las estimaciones se deberían hacer hacia un futuro cercano (proyectados hacia no más de 6 meses) ya que las tendencias tienden a variar.
2. Para el inicio de la planificación de BTS se deberá tener mapeado las zonas críticas (problemas sociales, burocracias municipales, acometida eléctrica lejana, acceso al sitio, restos arqueológicos, etc.), ya que de esto dependerá el tiempo de puesta en servicio.
3. Para los BSC, estos tendrán que estar con las órdenes de compra con mucha anticipación debido a los tiempos de fabricación que estos requieren.
4. La implementación de los BSC deben tener un cronograma rígido ya que la demora de esta implementación podría impactar el performance de la red. Recordar que si algún BSC llega a sobrepasar su capacidad, entonces su cobertura quedara con problemas de servicio.
5. Asimismo para los BSC se debe tener presente la configuración actual de BTS en su respectivo BSC para hacer una planificación en base a ello.
6. La distribución de BTS en los BSC serán de tal manera que al cobertura del BSC sea una región simplemente conexa (zona sin huecos), para evitar incrementar los canales de señalización debido a los handovers.
7. Evitar vecindades interLAC dentro de un BSC ya que esto incrementaría los canales de paging (búsqueda).
8. Obviamente no definir BTS con el mismo LAC en MSS distintos.
9. Tratar en lo posible que un departamento este dentro de un MSS ya que incrementarías la carga de direccionamiento en el Core (núcleo de red).
10. Para la búsqueda de los sitios se deberá ubicar de ser posible un sitio de tal manera que tenga línea de vista con una BTS o en su defecto con una estación dorsal (transporte) para así evitar los enlaces satelitales (el arrendamiento satelital es muy costoso).
11. Si el sitio es satelital se deberá tener cuidado de no encontrar obstáculos de elevación en dirección este y oeste ya que el enlace por satélite se hará en alguna de esas direcciones.
12. Para la definición del punto se deberá tener especial cuidado con tener línea de vista con los objetivos (tener especial cuidado de definir el punto en horas del día y sin neblina o a oscuras).

13. Tener presente que la red GSM es robusta para voz mas no así para datos, con el ingreso de la red UMTS se lograra una mejora de calidad de servicio para los usuarios de datos, con esto la red GSM todavía será una red en crecimiento por algún tiempo más.

RECOMENDACIONES

1. Hacer un seguimiento periódico al incremento de tráfico para analizar la tendencia de crecimiento.
2. Se recomienda iniciar el proyecto con la búsqueda de los sitios más críticos y darles prioridad (mandatorios, capacidad, calidad y/o cobertura).
3. Es recomendable al momento de hacer la estimación de costos guardar un margen de exceso ya que conforme avance el tiempo estos costos suben, sobre todo las obras civiles (muchas veces se incrementa hasta un 50%).
4. Tener presente para las zonas urbanas, el crecimiento de edificaciones, ya que estos pueden obstaculizar la cobertura para ciertos clientes. Para este caso se tendrá que rediseñar la red.
5. Tener presente la variación de los parámetros físicos en de las BTS en servicio (azimut, altura de antenas, ancho de haz, tilt) para tenerlos presentes en la nueva planificación de red.
6. Se recomienda en la medida de lo posible que las BTS salgan en servicio también siguiendo un cronograma de implementación.
7. Los sitios donde existen BTS y que no ayudan mucho en la cobertura deberán analizarse para su elevación de altura o devolución del sitio a su dueño y buscar otro sitio mejor.
8. Es recomendable analizar las posibles ubicaciones de nuevos sitios comerciales como supermercados, clientes corporativos o zonas de recreación, para evaluar la posible ubicación de una nueva BTS.
9. Al hacer el diseño de ubicar las BTS en los BSC se deberá tratar en la medida de lo posible hacerlo en la menor cantidad de rehomings ya que la ejecución de estos implica uso de varios recursos y en algunos casos toma mucho tiempo.
10. Monitorear los canales de señalización tanto en lado radio como en el lado Core, estos pueden sobrecargarse logrando así problemas para establecer una comunicación o impactar con los mensajes cortos (SMS).
11. En general tanto para la estimación como para el diseño de una red de acceso celular se recomienda monitorearla con intervalos de tiempo muy refinados (semanal o quincenal), debido a los cambios de tendencias de crecimiento de tráfico.

ANEXO A

DISTRIBUCIÓN DE LOS ELEMENTOS DE LA RED CELULAR

La distribución de una red celular es determinada geográficamente y la ubicación física de estos elementos dependerá de la factibilidad de la red de transporte (es la interface entre las estaciones bases y los controladores Abis).

Por ejemplo para nuestro caso está claramente dividida en 4 zonas: Provincias Norte (Trujillo), Provincias Centro y Oriente (Lima), Provincias Sur (Arequipa) y el departamento de Lima (Lima).

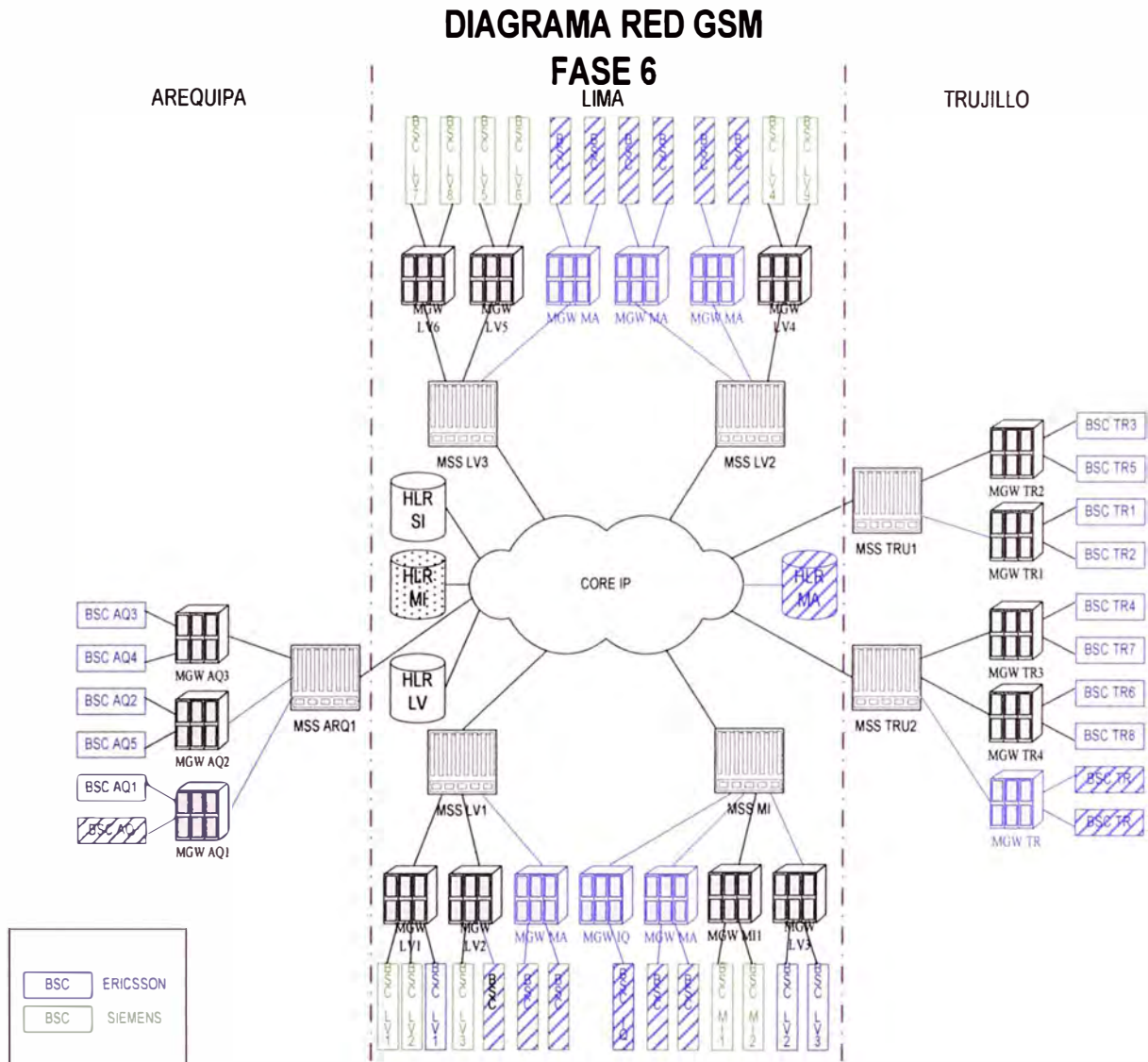


FIGURA A.1 Distribución de la red GSM a Marzo del 2008

En la figura se muestran otros elementos de red como los MGW, estos forman parte del MSS ya que cumplen la función de conmutar la comunicación, y siempre se ubicarán cerca del BSC (en el mismo local) para reducir recursos de transporte.

ANEXO B

REDES CELULARES DE PRIMERA Y TERCERA GENERACIÓN

RED CELULAR DE PRIMERA GENERACIÓN

Los sistemas celulares de primera generación se caracterizan por ser totalmente analógicos, tenían limitación del número de usuarios, limitación del número de celdas y no tenían seguridad ya que usaban la modulación FM.

Solamente se podía prestar el servicio de voz, y usaba la técnica de acceso FDMA. Los sistemas AMPS (Advanced Mobile Phone System) y TACS (Total Access Communications System) fueron los más representativos.

Las principales diferencias entre ambos sistemas son el ancho de banda utilizado 30 KHz para AMPS y 25 KHz para TACS, el número de canales 832 y 1000 respectivamente y la velocidad de señalización.

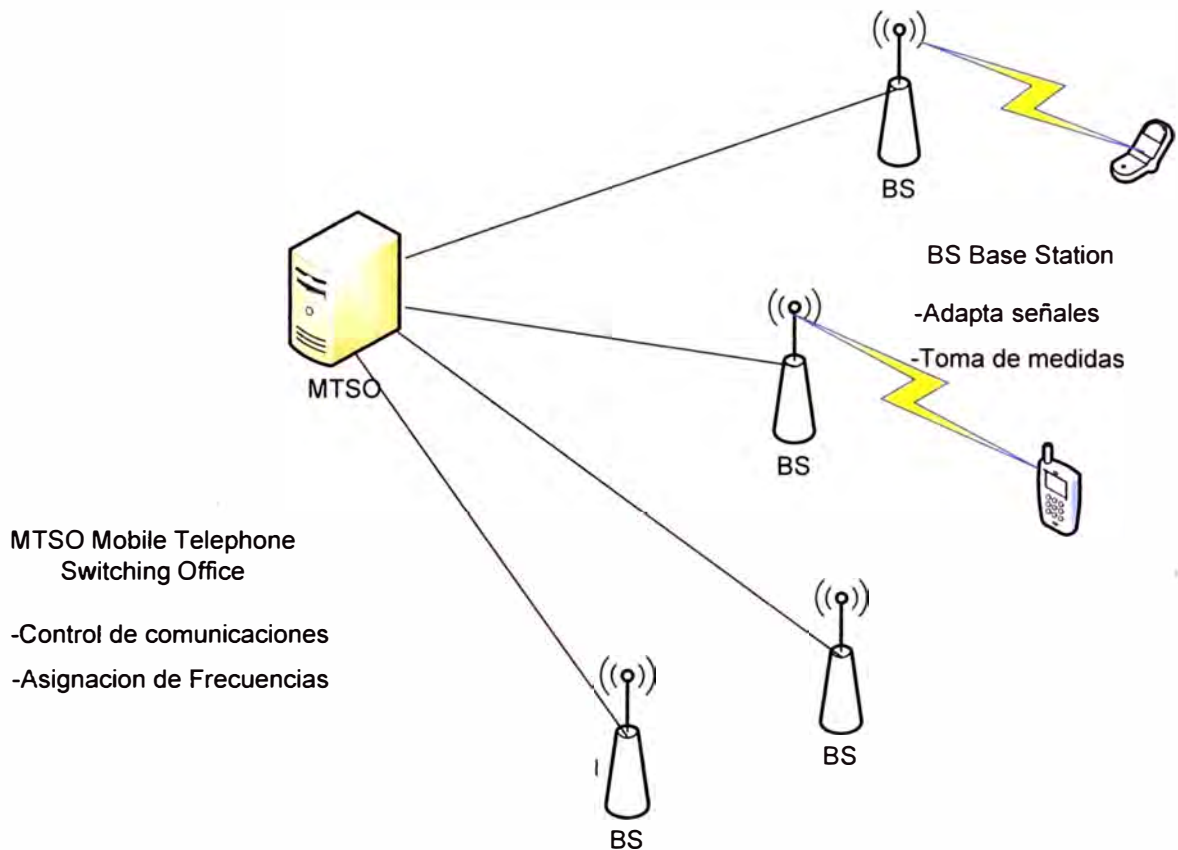


FIGURA B.1 Red Celular de Primera Generación

En la figura se muestran los elementos de la red de primera generación donde se aprecia la no existencia de un elemento intermedio para las gestiones de radio (controlador de estaciones bases), esto lo hacía directamente el MTSO que a su vez conmutaba la comunicación.

RED CELULAR DE TERCERA GENERACIÓN

Las redes celulares de tercera generación (UMTS) fueron creadas con la finalidad de mejorar los sistemas móviles de segunda generación, sin embargo estas redes tienen otras aplicaciones muy interesantes como la gran capacidad multimedia, gran velocidad

de acceso a Internet elevada, la cual además le permite transmitir audio y video en tiempo real, y una transmisión de voz con calidad equiparable a la de las redes fijas.

La técnica de acceso usada en estas redes es la W-CDMA, esto quiere decir que los canales se diferencian unos de otros por códigos.

En la figura se muestran los elementos de la red de tercera generación donde se aprecia la equivalencia con las redes de segunda generación, las estaciones bases son llamadas ahora Nodos B, los controladores son llamados RNC. Además existe una interface adicional entre los RNC (interfaz Iur), la razón es mejorar el traspaso entre Nodos B de distintos RNC (soft handover), siendo esta una de las principales características de la interfaz radio para estos sistemas.

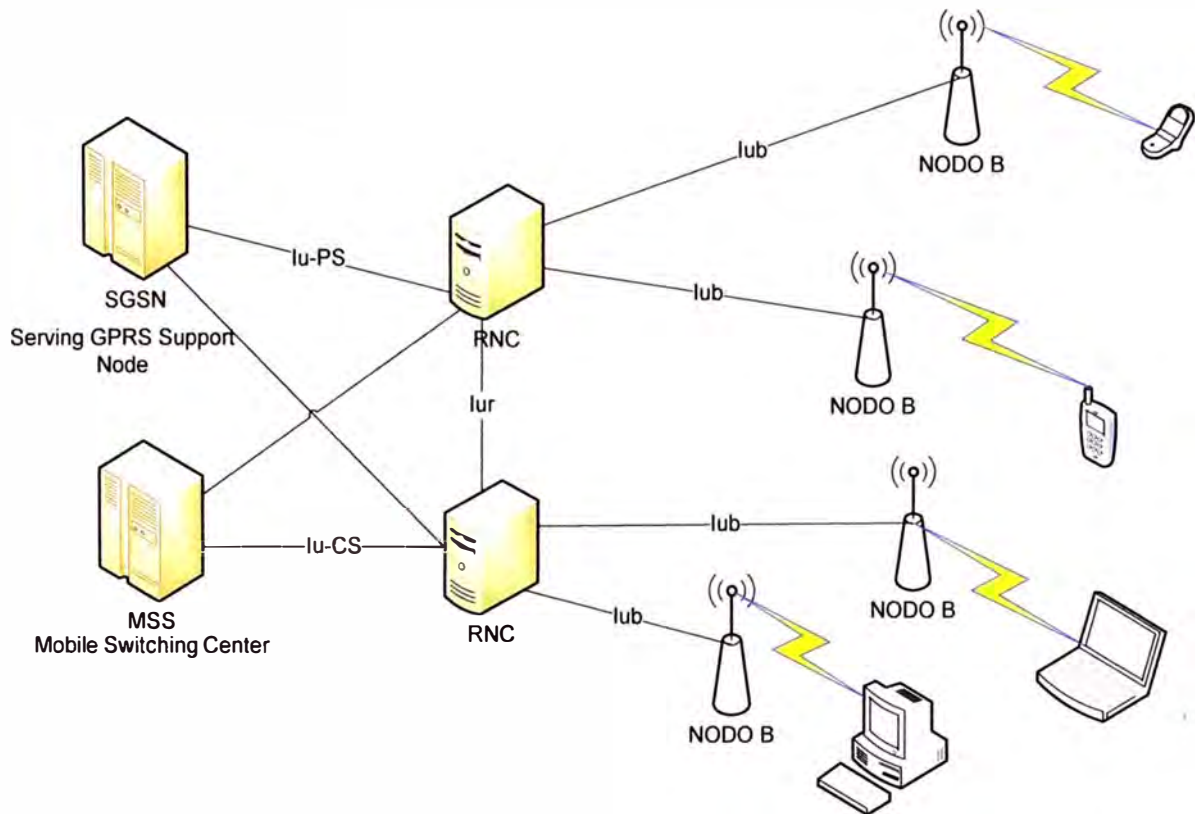


FIGURA B.2 Red Celular de Tercera Generación

La red de conmutación (Core Network), es la misma que el sistema de segunda generación (GSM).

ANEXO C
FACTOR DE DISTRIBUCIÓN

Para el dimensionamiento de las estaciones bases desde el punto de vista de capacidad, no solo basta conocer el exceso de capacidad en Erlang de un sector de una BTS. Como ya mencionamos en la página 32 también dependerá de la forma como estarán distribuidos las nuevas BTS a planificar ya que por ejemplo no necesariamente una nueva BTS planificada por capacidad solamente libere un sector de una BTS, puede darse el caso que esta nueva BTS planificada libere dos o tres sectores pero de distintas BTS.

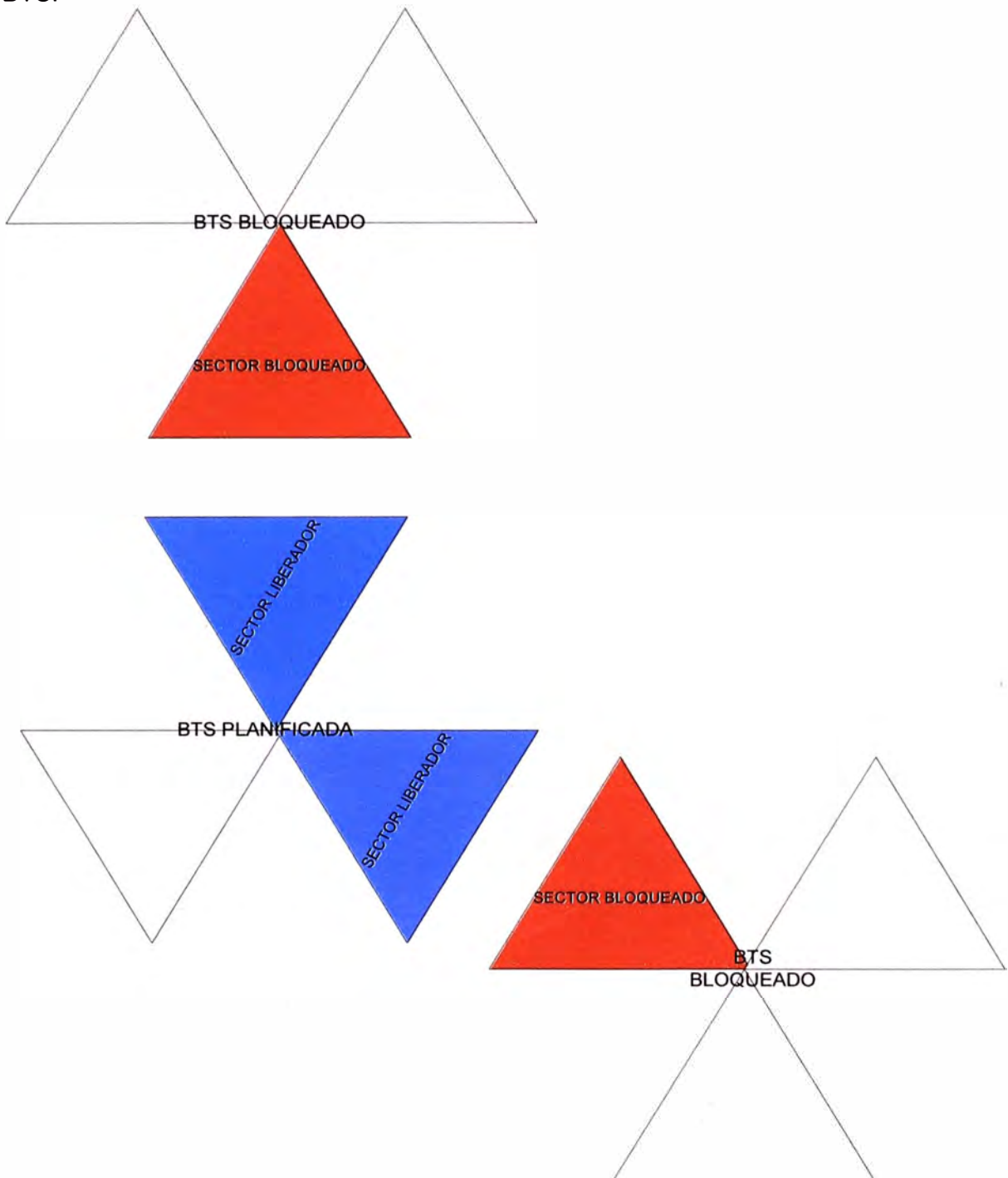


FIGURA C.1 Solo una BTS sería necesaria para liberar dos BTS congestionados

BIBLIOGRAFIA

1. - Unión Internacional de Telecomunicaciones, WWW.ITU.ORG.
2. - V Cátedra de Telecomunicaciones de la Pontificia Universidad Católica del Perú "REDES DE ACCESO CELULAR", dictado desde el 14 al 18 de Abril del 2008.
3. - International Mobile Telecommunications-2000, WWW.IMT-2000.ORG.
4. - UMTS FORUM La Tercera Generación de Telecomunicaciones Móviles, WWW.UMTSFORUM.NET.
5. - Biblioteca de la Escuela de Ingeniería Mecánica Ciudad Universitaria, [HTTP://NEUTRON.ING.UCV.VE](http://NEUTRON.ING.UCV.VE)
6. - CINTEL: Centro de Investigación de las Telecomunicaciones WWW.CINTEL.ORG.CO
7. - Sistemas celulares de tercera generación CONATEL, WWW.ITU.INT/IMT/1-INFO/ARTICLES
9. - WWW.TELEFONOS-MOVILES.COM
10. - WWW.ANGELFIRE.COM
- 11.- Sistemas celulares de tercera generación, WWW.LARED.COM.VE
- 12.- WWW.3GAMERICAS.ORG
- 13.- Comercialización de productos, WWW.PRODUCTO.COM.VE
- 14.- Versión online venezolana de la reconocida revista de computación norteamericana WWW.PCWORLD.COM.VE
- 15.- Evolución de los sistemas celulares, WWW.MIPUNTO.COM
- 16.- Movistar Venezuela, WWW.TELCEL.NET.VE
17. - Boletín de la Universidad Nacional Autónoma de México, WWW.REVISTA.UNAM.MX
18. - Recomendaciones para las redes de tercera generación, WWW.3PPP.COM
- 19.- Manual del curso de Ericsson "GSM Overview"
- 20.- Curso de Nokia Siemens Networks "RAN GSM Fundamentals"