

*Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas
Facultad de Ingeniería Eléctrica
Dpto. Telecomunicaciones y Electrónica*



El estándar GSM y su empleo en Cuba.

Tesis presentada en opción al Título Académico de
Máster en Telemática

Maestría de Telemática

Autor: Alfredo Castiñeiras Arencibia

***Tutores: Dr. Félix Álvarez Paliza
Ing. Randy Guerra Benítez***

2004

Dedicatoria.

A mi niña, esposa y padres, por todo el amor, confianza y apoyo que me han profesado, y ser los pilares más sólidos en mi formación.



Agradecimientos.

Sería imperdonable, luego de culminado el trabajo, no hacer un merecido reconocimiento a todas aquellas personas que nos ayudaron, nos guiaron y brindaron gran parte de su preciado tiempo, para llevar a feliz término estos meses de esfuerzo y dedicación.

Ante todo, un agradecimiento especial a los tutores Dr. Félix Álvarez Paliza y Randy Guerra Benítez, que me proporcionaron siempre su apoyo incondicional y su amistad sincera; a los compañeros de aula en la maestría, por la valiosa ayuda brindada. Al colectivo de trabajadores del Centro Nacional de Capacitación de ETECSA, y en especial a Evangelio Cotes Méndez y María de los Ángeles Ruiz González.

A todos los que de una forma u otra facilitaron la realización del trabajo de tesis, muchas gracias.

El autor.

Resumen.

Durante los años finales de la última década, y más aún a partir de su liberalización, la telefonía móvil celular experimenta un espectacular desarrollo. Así, el teléfono móvil se ha convertido en un elemento cotidiano cuando no hace mucho no era más que un objeto de uso profesional o incluso un lujo al alcance de unos pocos. Esta popularización dispara las estadísticas de usuarios de móviles, llegándose al punto de disponer de tantas, o más, líneas móviles que fijas. Por otra parte, la liberalización del mercado de la telefonía, tanto fija como móvil, trae consigo el nacimiento de gran número de operadores que, al no disponer de la infraestructura de red de acceso dominada por los operadores tradicionales, buscan una alternativa a la misma que no represente una inversión demasiado elevada y, a la vez, permita su despliegue en un período breve de tiempo de modo que se cumplan los plazos de entrada en servicio y que se consiga adelantar la amortización del capital invertido.

La política del MIC de elevar rápidamente la densidad telefónica de Cuba, incrementando las líneas de telefonía móvil, está acorde con la actualidad mundial que nos muestra el sector de las comunicaciones; donde encontramos a GSM como el estándar de mayores incrementos en la cantidad de abonados anuales mundiales.

La importancia metodológica del trabajo, radica en que una vez elaborada la metodología, la misma servirá de base para futuros trabajos relacionados con el tema, acelerando las posibilidades de introducción de la tecnología GSM; además, se contribuye a la elaboración de cursos y seminarios de capacitación, tanto para los propios trabajadores de ETECSA como para los clientes finales. Por otro lado, el trabajo posee una importancia práctica, que estriba en una mayor eficacia en las alternativas de línea de abonado (menor costo por línea de abonado), así como el hecho de lograr una propuesta para ampliar la red GSM actual de Cuba.

El trabajo pretende facilitar el despliegue de la tecnología GSM que ETECSA comercializará próximamente junto a su red de telefonía fija. Ello se logrará a través de los siguientes objetivos particulares: valorar los estándares existentes, y las tendencias que se han seguido en el mundo para la implementación de la tecnología GSM; caracterizar las opciones de dicha tecnología GSM; analizar las inversiones que deberá realizar ETECSA para poder ampliar la red GSM; determinar los beneficios que ofrecerá la ampliación de la red GSM, para ETECSA y los clientes finales; y elaborar la propuesta de ampliación de la red GSM de Cuba.

Tabla de contenidos.

Introducción.....	1
Capítulo 1. Tendencias actuales de la tecnología GSM.....	7
1.1. Comunicaciones móviles de primera, segunda y tercera generación.....	7
1.2. Estructura de una red GSM.	11
1.3. Estado actual del estándar GSM.	23
1.4. Ventajas de GSM sobre otros sistemas.....	27
1.5. Conclusiones parciales.	29
Capítulo 2. La red GSM de Cuba.	30
2.1. La red de telefonía fija actual de Cuba.	30
2.2. La red de telefonía móvil GSM de Cuba.	31
2.3. Conclusiones parciales.	40
Capítulo 3. Propuesta de ampliación de la red GSM de Cuba.	41
3.1. Consideraciones para la expansión de la red GSM de Cuba.	41
3.2. Tareas a desarrollar para la expansión de la red GSM de Cuba.	44
3.4. Conclusiones parciales.	58
Conclusiones y recomendaciones.....	60
Referencias bibliográficas.	62
Bibliografía.	66
Anexos.	69
Glosario de siglas y términos.	90

Introducción.

El teléfono móvil se ha convertido en un elemento cotidiano cuando no hace mucho no era más que un objeto de uso profesional o incluso un lujo al alcance de unos pocos. Esta popularización dispara las estadísticas de usuarios de móviles, llegando al punto de disponer de tantas, o más, líneas móviles que fijas.

Nuestro país no está ajeno a lo que sucede en el mundo, y teniendo en cuenta que el Ministerio de la Informática y las Comunicaciones (MIC), se ha propuesto elevar de forma rápida la cantidad de teléfonos por cada 100 habitantes de todo el territorio nacional; creemos que una solución de telefonía móvil celular, permitirá aumentar la densidad telefónica del país de la manera más rápida y económica posible.

Hoy en día, el mayor incremento en la cantidad de abonados anuales mundiales, lo posee la tecnología GSM. Además, la aparición de muchos sitios de GSM en Internet para acelerar la adopción de esta tecnología en las redes a nivel mundial, han hecho que ETECSA este estudiando la posibilidad de implementar a gran escala la tecnología GSM en la red de Cuba, para aumentar rápidamente la cantidad de teléfonos por cada 100 habitantes y su consecuente minimización de costos.

Cuba tiene instaladas dos de las tecnologías de telefonía móvil más implementadas en el mundo, AMPS/D-AMPS (Digital-American Mobile Phone System) y GSM (Global System for Mobile Communications). Como GSM ha sido la tecnología de redes móviles digitales más adoptada en el mundo y la opción más escogida por parte de inversores, operadores y consumidores a nivel mundial, unido al hecho de que importantes operadores TDMA estadounidenses y latinoamericanos, han tomado la decisión de superponer GSM en sus redes (bandas de 900 y 1900 MHz); pensamos que la mejor decisión sería realizar nuevas implementaciones de GSM en todo el territorio nacional.

Los temas relacionados con la telefonía móvil celular se han abordado en anteriores trabajos realizados en el país. El trabajo más reciente fue terminado a principios del 2003 en el Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría (ISPJAE), dicho trabajo fue titulado "El sistema GSM, su evolución y aplicación en Cuba". En el mismo, pese a su título, se aborda un enfoque dirigido esencialmente al estándar GPRS (General Packet Radio Service), referente al servicio general de transmisión de paquetes vía radio; donde es lograda una propuesta de implementación del sistema

GPRS en el panorama actual de la red de datos cubana. Sin embargo, en ningún caso se ha abordado el tema de elevar la densidad telefónica de Cuba, mediante el aumento de la cobertura y la cantidad de líneas en servicio de la red telefónica móvil digital GSM existente en nuestro país. A pesar de existir suficiente literatura en el tema de GSM, ninguna contiene el empleo práctico e inmediato de dicha tecnología en Cuba.

El problema de mi investigación es la existencia de una red nacional de telecomunicaciones fijas, que se encuentra casi totalmente digitalizada, y aún posee una baja densidad telefónica (6,37). Por lo que hay que utilizar la experiencia mundial de emplear la telefonía móvil, principalmente basada en GSM , para resolver el problema.

El presente trabajo permitirá dar respuesta a las siguientes interrogantes:

- ¿ Que características tiene la red GSM actual de Cuba ?
- ¿ Cuales son las opciones de ampliación de GSM en la red telefónica ?
- ¿ Como introducir ampliaciones de GSM en ETECSA ? ¿Está preparada para ello?
- ¿ Cuáles son las tendencias que se han seguido en el mundo para la implementación de dicha tecnología?
- ¿ Que proveedores de tecnología GSM son los más adecuados ?
- ¿ Que inversiones deberá realizar ETECSA para poder ampliar la red GSM, y ofrecer cobertura nacional ?
- ¿ Que beneficios brindará la ampliación de la red GSM, tanto para ETECSA como para los clientes finales ?

Objetivos:

Nuestro trabajo pretende facilitar el despliegue de la tecnología GSM que ETECSA comercializará próximamente junto a su red de telefonía fija. Ello se logrará a través de los siguientes objetivos particulares:

- Valorar los estándares existentes, y las tendencias que se han seguido en el mundo para la implementación de la tecnología GSM.

- Caracterizar las opciones de dicha tecnología GSM.
- Analizar las inversiones que deberá realizar ETECSA para poder ampliar la red GSM.
- Determinar los beneficios que ofrecerá la ampliación de la red GSM, para ETECSA y los clientes finales.
- Elaborar la propuesta de ampliación de la red GSM de Cuba.

El trabajo pretende obtener los **resultados esperados** siguientes:

- Una propuesta de ampliación de la red GSM de Cuba, que incremente con gran rapidez y bajos costos, la cantidad de teléfonos por cada 100 habitantes.
- Desde el punto de vista teórico, la sistematización del sistema de conocimiento vinculado a la teoría de las redes de telefonía celular.
- Obtener una documentación que permita la futura capacitación de los trabajadores de ETECSA.
- Procedimientos metodológicos para la ampliación de la red de telefonía celular basada en GSM.

Impacto económico y social.

Desde el punto de vista económico, la expansión de la red de telefonía móvil basada en GSM, representará para ETECSA una nueva fuente de ingresos, y el contar con un trabajo previo que permita la selección de la mejor variante de ampliación de la red GSM, acortará los plazos para recuperar la inversión, lo que se traduce en una mayor eficacia del proyecto.

También será beneficioso para los clientes, conocer las características del sistema de telefonía móvil celular digital GSM y los servicios que ofrece, lo que les permitirá encontrarse correctamente preparados cuando decidan realizar la contratación del mismo.

Socialmente, se eleva la efectividad por la cantidad y variedad de servicios a los clientes, así como su mayor nivel de conocimientos en materia de servicios de telecomunicaciones. Además, al posibilitar la rápida expansión de la red de telefonía móvil celular digital GSM, se logra dar solución a uno de los principales problemas de

nuestro país, en materia de comunicaciones, como lo es la baja densidad telefónica con que contamos.

Este trabajo tiene aplicación en la parte técnica, puesto que brindará propuestas de solución para la expansión de la red GSM de Cuba; y en la capacitación de los trabajadores de ETECSA, ya que permitirá instrumentar cursos de pos-grado sobre el tema.

Metodología del trabajo.

La metodología empleada en el trabajo se apoya en técnicas, métodos y procedimientos a seguir. Es por ello, que a continuación se ofrecen los métodos y técnicas seguidas para el desarrollo del trabajo:

- *Revisión bibliográfica y búsqueda de información automatizada:* Se consultaron diversas revistas y libros actualizados sobre el tema; y se emplearon las facilidades de Internet para localizar artículos recientes e información sobre los proveedores del equipamiento.
- *Análisis de contenido de todo lo encontrado mediante la revisión bibliográfica y la búsqueda de información automatizada:* Debido al gran número de documentos encontrados en Internet, fue necesario realizar una clasificación del material encontrado para lograr identificar las fuentes fiables de información.
- *Empleo de una investigación exploratoria sobre las tendencias que se han seguido en el mundo para la implementación de la tecnología GSM:* Se consultó con especialistas de algunas empresas proveedoras de equipamiento, y se investigó el proceder de operadores estadounidenses y latinoamericanos.
- *Entrevistas a especialistas de ETECSA que posean conocimientos del tema:* Se consultó con directivos de la Gerencia de Planeamiento de la Unidad de Negocios de la Red (UNR), y con especialistas de planeamiento de la red, pertenecientes a la recientemente creada Unidad de Negocios Móviles (UNM) de ETECSA.
- Cálculos y comparaciones económicas de GSM con las soluciones de red telefónica fija tradicional.

Debido a la importancia de los procedimientos, y teniendo en cuenta que en el proceder, está el cronograma a seguir para el desarrollo del trabajo, ya que el mismo tiene un tiempo de terminación, ahora, se brinda el cronograma seguido:

1ra etapa: Del 1 de septiembre al 9 de octubre del 2003.

- Revisión bibliográfica y búsqueda de información automatizada.
- Análisis de contenido de todo lo encontrado mediante la revisión bibliográfica y la búsqueda de información automatizada.

2da etapa: Del 13 de octubre al 14 de diciembre del 2003.

- Análisis de las tendencias que se han seguido en el mundo para la implementación de la tecnología GSM.
- Entrevistas a especialistas de ETECSA que posean conocimientos del tema.
- Determinar los beneficios que ofrece GSM para ETECSA y los clientes finales.

3ra etapa: Del 2 de febrero al 31 de marzo del 2004.

- Cálculos y comparaciones económicas de GSM con las soluciones de red telefónica fija tradicional.
- Elaboración de la propuesta de ampliación de la red GSM de Cuba.

4ta etapa: Del 1 de abril al 28 de mayo del 2004.

- Escritura del trabajo de Tesis. Preparación de la exposición. Realización de la Defensa de la Tesis.

Estructura del trabajo.

Este trabajo de tesis de maestría está compuesto por tres capítulos, desarrollados de la siguiente forma:

El capítulo 1 brinda una descripción general del estándar GSM, sus ventajas, servicios y estado actual en que se encuentra, de forma tal que se justifique el adecuado empleo de la telefonía móvil celular digital GSM, para elevar la densidad telefónica.

Ahora, en el capítulo 2, se ofrece una breve descripción de la red de telefonía fija actual de Cuba, con sus densidades telefónicas por provincia y país, y la descripción de la red de telefonía móvil celular digital GSM.

En el capítulo 3 se manifiestan algunas comparaciones económicas de GSM con las soluciones de la red telefónica fija, y las dos etapas propuestas para lograr la expansión de la red de telefonía móvil celular digital GSM.

Capítulo 1. Tendencias actuales de la tecnología GSM.

Desde que los servicios de telefonía móvil automática fueron introducidos allá por la década de los 70, han constituido uno de los segmentos que ha experimentado un mayor y más rápido crecimiento dentro del sector de las telecomunicaciones, hasta el punto de que el teléfono móvil se ha convertido hoy en día en uno de los elementos más habituales de la vida cotidiana. Este crecimiento ha sido posible en primer lugar gracias a los acuerdos en materia de estandarización llevados a cabo por organismos intergubernamentales como la ITU (Internacional Telecommunications Union) o la ETSI (European Telecommunications Standards Institute) que han posibilitado la existencia de economías de escala en el ámbito de un mercado común, resultando en una reducción del precio de los terminales y la consiguiente extensión del mercado a un mayor número de clientes potenciales. En segundo lugar, gracias a la propia evolución tecnológica, que ha permitido mejorar las prestaciones ofrecidas por los servicios ofertados no sólo desde el punto de vista del usuario final, reflejadas en una mayor velocidad de transmisión, una mejor calidad de recepción y una mayor confidencialidad de las comunicaciones, sino también desde la perspectiva de los operadores, en términos de una mayor capacidad y un uso más eficiente de los recursos radioeléctricos. [1] [2]

La demanda creciente en el espectro de frecuencias de telefonía móvil saturado impulsó a las compañías operadoras a desarrollar técnicas que proporcionaran un uso eficiente del espectro de frecuencias. [3] [4]

Pero dicha evolución tecnológica pasó por varias etapas, que han sido el resultado de una progresión continua y marcada por una serie de generaciones tecnológicas, aunque a todas se les puede llamar: redes móviles terrestres públicas (Public Land Mobile Network, PLMN)(ver Figura 13). Una de las PLMN más difundidas en el mundo, son las basadas en el estándar GSM; es por ello, que este capítulo versará sobre la estructura de una red GSM, las ventajas de la misma y el estado actual en que se encuentra.

1.1. Comunicaciones móviles de primera, segunda y tercera generación.

La principal característica de los primeros sistemas de comunicaciones móviles (1G) es la utilización de modulaciones analógicas para la transmisión de la

información. Si bien ya existía entonces un cierto abanico de servicios diferenciados, tales como la radiomensajería o incluso las aplicaciones de transmisión de datos, era el servicio básico de voz el principal objetivo de estos sistemas, aunque con diferentes modalidades según se tratara de telefonía pública, privada o simplemente del empleo de extensiones inalámbricas de la red fija. [4]

Dos ejemplos básicos de sistemas de primera generación son:

- Sistemas de telefonía pública: Destinados a permitir a un usuario generar o recibir llamadas de voz hacia cualquier otro usuario, ya sea de la red telefónica fija o móvil. El aspecto clave de estos sistemas para poder ofrecer un uso eficiente del espectro radioeléctrico sobre un elevado número de usuarios es la división de la región de cobertura en un conjunto de células, cada una servida por una estación base, de modo que es posible reutilizar las mismas frecuencias en células ubicadas a una cierta distancia. Dentro de estos sistemas destacan por ejemplo AMPS (American Mobile Phone System) en Estados Unidos, NMT (Nordic Mobile Telephone) desarrollado por Ericsson en Suecia, y empleado en varios países europeos, como por ejemplo España, TACS (Total Access Telecommunications System), surgido en Europa como versión de AMPS y NTT (Nipon Telephone and Telecommunications), desarrollado en Japón. [5]

Todos estos sistemas eran de marcado ámbito nacional y no albergaban la posibilidad de interconectividad entre redes de diferentes países.

- Sistemas de telefonía sin hilos (extensiones inalámbricas de la red fija): Estos sistemas, concebidos esencialmente para aplicaciones domésticas, se basan en la conexión de un transmisor/receptor radio a la línea telefónica fija, lo que permite sustituir el terminal fijo por otro inalámbrico en una cierta área de cobertura reducida con una baja capacidad de movilidad. Si bien los primeros sistemas de estas características fueron introducidos sin ningún tipo de legislación, rápidamente surgieron algunos estándares como CT0 o CT1. [4]

Con la irrupción de la tecnología digital en el ámbito de las comunicaciones móviles surgieron los sistemas denominados de segunda generación (2G) que permitían mejorar las prestaciones ofrecidas por los de primera generación aprovechando las características de dicha tecnología. [5] [6]

Como ventajas principales se distinguen:

- la capacidad para incrementar la calidad de recepción gracias a la posibilidad de incorporar técnicas de ecualización y códigos correctores de errores.
- la mayor privacidad en las comunicaciones fruto del empleo de técnicas de criptografía sobre las secuencias de bits transmitidas.
- la posibilidad de emplear nuevas técnicas de acceso múltiple como las basadas en división en tiempo TDMA o en código CDMA, que permiten mejorar la eficiencia en el uso del espectro radioeléctrico.

Entre los sistemas 2G destacan los mencionados a continuación.

Sistemas de telefonía pública.

En la línea de los sistemas NMT o TACS, en 1982 se planteó el desarrollo de un sistema que fuera un estándar a nivel europeo y que proporcionara la capacidad de interconexión entre redes de diferentes países. De este modo, surgió el denominado GSM (Global System for Mobile Communications) [7] [8] [9], trabajando en la banda de 900 MHz con una técnica de acceso híbrida TDMA/FDMA, y que gracias a su rápido desarrollo ha logrado imponerse no sólo en Europa sino también en otros países del mundo. Esto constituye uno de los grandes logros de GSM que le ha permitido imponerse a otros sistemas como los desarrollados en Japón (sistema JDC, - Japanese Digital Cellular) o en Estados Unidos (sistemas IS-54, , Interim Standard 54, o D-AMPS, Digital AMPS, como evolución de AMPS, e IS-95, que incorpora como aspecto diferencial la tecnología basada en el acceso múltiple por división en código CDMA).

Al margen del servicio básico de voz, este tipo de sistemas presentan capacidades para la transmisión de datos, aunque únicamente en modo circuito y con velocidades reducidas, lo que no los hace especialmente apropiados en un entorno de tráfico variable como el que típicamente se encuentra en aplicaciones de datos como la conexión a Internet. GSM es capaz de soportar una velocidad de transmisión únicamente de hasta 9.6 kb/s, tras la incorporación de códigos correctores de errores para adaptarse a los requerimientos más elevados en cuanto a probabilidad de error de los sistemas de transmisión de datos.

Sistemas sin hilos.

La segunda generación de las extensiones inalámbricas de la red fija se ha plasmado en la especificación, por parte de ETSI, del estándar DECT (Digital European Cordless Telecommunications renombrado luego, para poner de manifiesto que su ámbito no estaba restringido a Europa, como Digital Enhanced Cordless Telecommunications) [4]. DECT va más allá de las simples extensiones que suponían los sistemas de primera generación CT0 y CT1, convirtiéndose en un sistema celular con conexión a la red fija, aunque ofreciendo una reducida movilidad en comparación con un sistema como GSM.

DECT emplea como técnica de acceso, al igual que GSM, un híbrido FDMA/TDMA, y tiene como peculiaridad frente a otros sistemas el uso de una técnica de duplexado por división en tiempo TDD. Es capaz de ofrecer tanto servicios de voz como de datos, alcanzando velocidades de hasta 64 kb/s, superiores a las de GSM, aunque todavía en modo circuito.

En Japón, el sistema que se ha desarrollado en este ámbito ha sido PHS (Personal Handyphone System), implantado con gran éxito, mientras que en Estados Unidos se ha desarrollado el estándar PACS (Personal Access Communications Services). [4]

Redes locales inalámbricas (Wireless LAN).

Estos sistemas persiguen la interconexión de diferentes ordenadores en redes de área local sin hacer uso de cables de conexión, pero manteniendo la compatibilidad con las redes LAN convencionales. Son útiles en la implantación de redes en edificios con dificultades para el cableado. Los requerimientos de movilidad son mucho más reducidos que en los sistemas de telefonía, lo que permite una mayor velocidad de transmisión en entornos de interiores. Los dos principales estándares que han surgido para este tipo de aplicaciones son IEEE 802.11 e HIPERLAN (High Performance Radio LAN), persiguiendo este último velocidades mayores. Es de destacar que, a diferencia del resto de los sistemas, orientados a conexión, los sistemas para redes locales inalámbricas están orientados a transmisión por paquetes, lo que exige el empleo de protocolos específicos para gestionar el acceso al medio de transmisión. [10] [11]

El espectacular crecimiento del grado de penetración que han venido presentando los sistemas de comunicaciones celulares 2G, superando ya en ciertos países al de los sistemas fijos, tenderá a llevar a la saturación a dichos sistemas. En relación a este aspecto, téngase en cuenta que si bien un teléfono fijo tiene un ámbito de uso familiar,

el teléfono móvil presenta un uso unipersonal, lo que le permitirá un grado de penetración superior.

En consecuencia, se han diseñado nuevos sistemas denominados de tercera generación (3G) que son capaces de hacer frente a estas limitaciones con un uso más efectivo de los recursos, y capaces de adaptarse a las nuevas características del tráfico mediante técnicas de transmisión orientadas a paquetes.

En el marco de la ITU, las redes de comunicaciones móviles de tercera generación se engloban en el denominado IMT-2000 (Internacional Mobile Telecommunications), antiguamente FPLMTS (Future Public Land Mobile Telecommunications System), siendo UMTS (Universal Mobile Telecommunications System) el planteamiento europeo desarrollado por ETSI dentro de IMT-2000. [5] [12] [13]

1.2. Estructura de una red GSM.

Los elementos básicos que conforman una red GSM, se muestran en la Figura 1, en ella aparecen los bloques fundamentales que nos permitirán la comprensión del sistema.

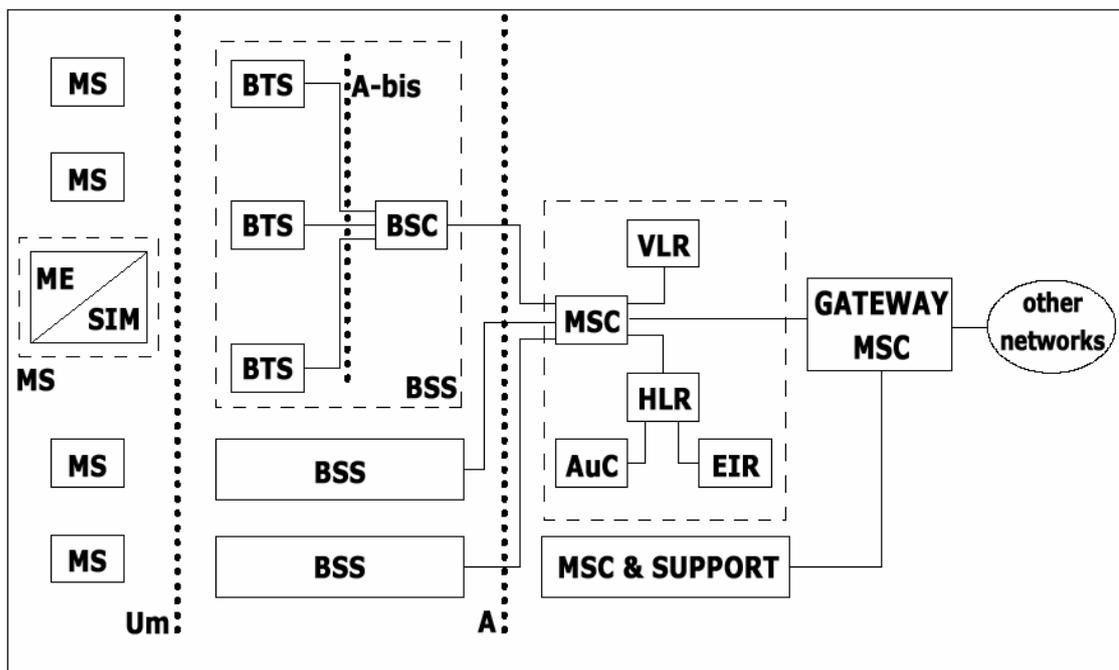


Figura 1: Estructura de la red GSM.

Mediante una breve descripción de la organización interna de GSM, podríamos identificar los siguientes subsistemas: la estación móvil (Mobile Station, MS), el

subsistema de la estación base (Base Station Subsystem, BSS), el subsistema de conmutación (Network Switching Subsystem, NSS), y por último el centro de operación y mantenimiento (Operation and Service Subsystem, OSS). Los subsistemas MS, BSS y NSS forman la parte operacional del sistema, mientras que el OSS proporciona los medios para que el operador controle al sistema. [5]

Estación móvil (MS).

La estación móvil representa normalmente la única parte del sistema completo que el usuario ve. Las MS vienen en 5 clases según la potencia, las cuales definen el nivel máximo de potencia de radiofrecuencia (RF) que cada unidad puede transmitir.

Un MS se puede dividir en dos partes. La primera parte, denominada terminal móvil, (Movil Equipment, ME) contiene el hardware y el software que soportan las interfaces radio-humano. La segunda parte, denominada módulo de identificación de abonado, contiene datos específicos del terminal y del usuario en forma de una pequeña tarjeta, la cual puede ser considerada una clase de terminal lógica (Subscriber Identity Module, SIM).

El ME es el hardware o equipo físico utilizado por el usuario para acceder a la red, al cual está asociado un único número de identidad internacional conocido como IMEI (International Mobile Equipment Identity). Las facilidades de los ME están descritas en la recomendación 02.07 de la ETSI [14]. El IMEI permite a los operadores controlar el acceso de un terminal concreto a sus redes.

El Módulo de Identificación del Abonado o SIM es básicamente una tarjeta, que contiene la información relacionada con el abonado. Sus funciones están relacionadas con el área de la confidencialidad, además de la capacidad de almacenar información.

Cada terminal móvil, debe disponer de una tarjeta SIM, para poder acceder a la red, excepto cuando se acceda al servicio de llamadas de emergencias. Esta tarjeta es inteligente y se puede colocar en cualquier terminal GSM. Contiene información que es utilizada en el proceso de autenticación del abonado.

Dicha tarjeta inteligente (SIM), almacena, entre otras informaciones, un identificador o número universal de usuario GSM (International Mobile Subscriber Identity, IMSI), el cual no se debe confundir con el número telefónico de la estación móvil (Mobile Subscriber ISDN Number, MSISDN), que es el número público para que otros abonados llamen a tu número telefónico. El acceso a la información contenida en la

tarjeta está protegido por una clave de acceso personal (Personal Identification Number, PIN) que se solicita al encender el móvil.

El PIN es un código de cuatro cifras que evita que el teléfono sea utilizado por personas desautorizadas. Se deberá introducir dicho código cuando se desee conectar por primera vez a la red, y cada vez que se encienda el terminal.

Existe otro código llamado PUK (PIN Unblocking Key), que se utiliza para desbloquear la SIM y es de ocho cifras. La tercera vez que se introduce el código PIN incorrectamente, el SIM se bloqueará automáticamente. Sólo se podrá desbloquear si se conoce el PUK o llamando al Centro de Atención Telefónica. [15]

Subsistema de la estación base (BSS).

En la Figura 2 se muestran los elementos básicos que conforman el subsistema BSS, el cual está en contacto directo con las estaciones móviles a través de la interfaz aérea; es por ello, que incluye los dispositivos encargados de la transmisión y recepción de radio, y de su gestión. Por otro lado, el BSS está en contacto con los conmutadores del NSS, mediante canales de 64 Kb/s. La misión del BSS se puede resumir en conectar la estación móvil y el NSS. Además, el BSS tiene que ser controlado, y por tanto debe estar en contacto con el OSS.

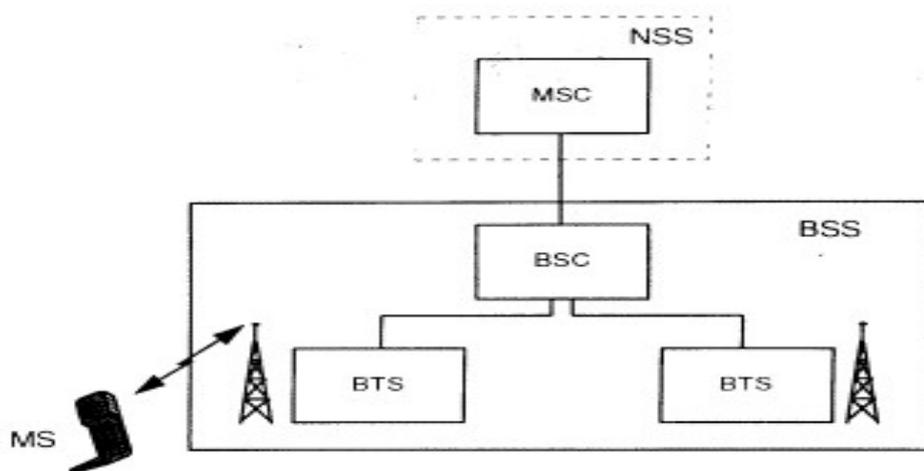


Figura 2: Base Station Subsystem (BSS).

El BSS incluye dos tipos de elementos básicos: el transceptor de la estación base (Base Transceiver Station, BTS), en contacto con las estaciones móviles a través de la interfaz aérea; y el controlador de la estación base (Base Station Controller, BSC), en contacto con los conmutadores del NSS.

La BTS es quien permite la conexión física con las MS a través de la interfaz aire (Um), y la conexión con la BSC mediante la interfaz Abis. Además, dentro de las funciones principales que realiza se encuentran: formar el multiplex GSM, realizar medidas de la señal de radio proveniente del móvil (potencia, TA, BER), gestión del tiempo de avance (Time Advance, TA), control de potencia, establecer el enlace radio con el usuario móvil (modulación-demodulación, codificación, etc.) y operación y mantenimiento.

Existen diferentes formas de distribuir las BTS para garantizar la cobertura de la red GSM con la menor potencia posible, estas formas dependen básicamente de los servicios, los abonados y la carga a soportar por la red. En la práctica se pueden establecer numerosas formas de distribuir las BTS; un principio muy importante a tener en cuenta es que en las zonas rurales, donde la población es escasa, se necesitan configuraciones de máxima cobertura sin importar mucho la máxima capacidad; y en las zonas urbanas, se necesita garantizar máxima capacidad y cobertura total. Por otra parte, las células o celdas se clasifican, según su radio de cobertura, en celdas pequeñas (pico células), medianas (micro células), y grandes (macro células o sombrillas). Ahora, la cobertura de la red es lograda, mediante una combinación del tipo de celda y las *formas de distribución posibles de las BTS (estándar, sombrilla o sectorizada)*: [9] [15] [16]

Las funciones de control básicas del transceptor de la estación base (BTS), que reducen la cantidad de tráfico entre BTS y BSC, son:

- Recepción de una llamada de la estación móvil: el BTS recibe una llamada y transmite al BSC un mensaje que contiene el tiempo de retardo, la ranura de tiempo de la llamada, etc.
- Codificación/decodificación: el BTS ejecuta la criptografía/decriptografía de la cadena de bits y el BSC le envía una clave que define el aspecto de la criptografía.
- Frequency hopping: la secuencia del salto de frecuencia relativa a cada celda es definida por el BSC que envía la información a cada BTS.
- Mediciones: el BTS mide el nivel y la calidad de la señal transmitida por la estación móvil en el canal de radio. Los valores de estas mediciones son enviados al BSC que los valora.

- Transmisión en canales lógicos BCCH y CCCH.

Ahora, en el caso del controlador de la estación base (BSC), sus funciones principales son:

- Gestión de la red dependiente del BSC: el BSC contiene la configuración para cada celda, o sea, canales de voz, etc.
- Gestión de los canales hacia el MS: el BSC es responsable de la conexión y administración de los canales de control y voz hacia la estación móvil.
- Traspaso (Handover): el BTS efectúa mediciones sobre la calidad de la llamada y envía todas las informaciones al BSC que las valora y decide cuando es necesario el traspaso. Si la celda de destino está incluida en el área controlada por el BSC, el procedimiento de traspaso es ejecutado por el BSC, de otra manera es enviada una solicitud al MSC.
- Distribución de los canales de paging: el MSC envía las órdenes de paging a los BTS presentes en el área mediante el BSC.
- Gestión de los canales hacia el BTS: el BSC controla la conexión de los canales a 64 Kbps hacia el BTS.
- Codificación de la voz (Speech coding): la conversión de un formato "normal" de la voz a 64 Kbps a otro a 13 Kbps es ejecutado por el BSC.

El Subsistema de conmutación (NSS).

Dentro del sistema GSM, se denomina subsistema de conmutación al conjunto constituido por las centrales de conmutación (Mobile Switching Center, MSC) y los registros de información o bases de datos (Home Location Register, HLR; Visitors Location Register, VLR; Authentication Center, AuC; Equipment Identity Register, EIR). Por tanto, el NSS incluye las principales funciones de conmutación en GSM, así como las bases de datos necesarias para los datos de los abonados y para la gestión de la movilidad. Su función principal será gestionar las comunicaciones entre sus usuarios GSM y los usuarios de otras redes de telecomunicaciones.

Las MSC son centrales similares a las utilizadas en las redes telefónicas fijas, con facilidades adicionales para el soporte de funciones específicas de las redes GSM (soporte de movilidad, traspaso, autenticación, etc.). Al igual que las redes telefónicas

conmutadas (RTC) o la red digital de servicios integrados (RDSI), las MSC se comunican entre sí vía enlaces de señalización N° 7 (SS7) y circuitos telefónicos convencionales a 64 Kb/s. También se comunican, a través del interfaz A, con las BSC que dependen de ellas. Ahora, cuando una MSC actúa de pasarela con la red fija, se dice que la MSC tiene funciones de GMSC (Gateway MSC).

Las funciones básicas del MSC son:

- Establecimiento, enrutamiento, control y terminación de las llamadas.
- Gestión de la movilidad de abonado (Traspaso): el intercambio de informaciones relativo a la movilidad del abonado debe desarrollarse entre MS y MSC. El MSC busca y memoriza informaciones en el VLR y en el HLR, por ejemplo, para la actualización de la posición de la estación móvil.
- Mantiene las bases de datos para tratar las peticiones de llamada de los abonados.
- Procedimientos necesarios para la conexión con otras redes (Internetworking): uno o más MSC, denominados GMSC están presentes para gestionar la interconexión entre la red GSM y otras redes (PSTN).
- Autenticación para prevenir acceso no autorizado
- Tarificación: es el MSC el que gestiona la tarificación de las llamadas. Es el MSC involucrado al inicio de la llamada el que contiene el conteo del costo.

El tratamiento de llamadas en GSM requiere que las MSC consulten diferentes bases de datos. Estas consultas se llevan a cabo mediante el protocolo MAP (Mobile Application Part) del SS7. [17]

Los principales registros o bases de datos, son:

- Registro de localización base (HLR): Contiene información de tipo administrativo sobre los abonados de la red (su identidad, servicios contratados, etc). También contiene un puntero que indica la localización de cada MS de la red, expresada como el VLR en el que se encuentra registrada la MS en un momento dado. Conceptualmente, existe un único HLR por red, si bien físicamente puede realizarse como una base de datos distribuida. Generalmente en una PLMN se implementa un solo HLR ya que el mismo puede almacenar datos de por lo

menos 100 000 usuarios, aunque debido a la sensibilidad de los datos y para no recargar un solo elemento con toda esta información, se implementa en una base de datos distribuida utilizando servidores con sistema operativo UNÍX.

- Registro de localización de visitantes (VLR): Almacena información temporal de las MS que se encuentran dentro del área cubierta por una o más MSC. Contiene información de localización más precisa que el HLR, indicando un área de localización (Location Area, LA), es decir, un conjunto de celdas entre las cuales se encuentra una MS dada. La utilización de LA en lugar de identificadores de celda, tienen por objetivo reducir el tráfico de señalización relativo a los cambios de posición de las MS.
- Registros de identidades de equipos (EIR): Base de datos en la que el operador puede almacenar información relativa a terminales, identificándolos a través de sus IMEI. El EIR puede contener, una relación de IMEI correspondientes a terminales robados, de manera que se prohíba su utilización en la red.
- El centro de autenticación (AuC): Es un elemento vinculado al HLR en el que se gestionan de manera centralizada los parámetros relacionados con la seguridad y privacidad de las comunicaciones en GSM. Contiene información sobre las claves y algoritmos a utilizar en los procedimientos de autenticación y cifrado. Es una base de datos, que almacena una copia de la clave secreta almacenada en cada tarjeta SIM del abonado móvil. El AuC está asociado al HLR al cual solicita informaciones relativas al abonado a autenticar. El proceso de autenticación se efectúa cada vez que un abonado intenta por primera vez acceder al sistema. El AuC se encarga de generar las tripletas RAND (Random Number), SRES (Signed Response) y Kc (Ciphering Key), las cuales podrían describirse como : el número aleatorio que se genera cada vez que un usuario se da de alta, la respuesta de firma y la clave de cifrado, para cifrar la información que se va a transmitir al aire. Estas tripletas son pasadas al HLR y luego este último se encarga de enviárselas al MSC/VLR que las solicita para poder validar a un cliente que está solicitando servicio.

La mayoría de los elementos funcionales ya han sido descritos, las dos excepciones que nos faltan son: el centro de mensajes cortos (Short Message Service Center, SMSC) y la pasarela SMS (SMS Gateway, SMSG). El SMSC es un nodo especializado en el tratamiento de mensajes cortos, y se comunica con el resto del sistema GSM a través de la pasarela SMSG.

El centro de operación y mantenimiento (OSS).

El OSS esta formado por el centro de operación y mantenimiento (Operation and Maintenance Center, OMC) y el centro de manejo de la red (Network Management Center, NMC). Tiene varias tareas, y todas requieren interacciones entre algunos o todos los dispositivos de la infraestructura que se encuentra en el BSS ó en el NSS y los equipos de servicio de las distintas compañías. Este sistema permite que el operador de la red mantenga la red GSM operando satisfactoriamente, ya que es quien realiza las funciones de control, supervisión y mantenimiento del sistema.

Interfaces y protocolos.

En la Figura 3 aparece representada la estructura en capas del modelo de interconexión de sistemas abiertos (Open System Interconection, OSI) para el sistema GSM. Nótese la existencia de numerosos interfaces normalizados (Um, Abis, A, B, C, etc) entre los distintos elementos del sistema, y los diferentes protocolos usados en la comunicación de cada interfaz. [15]

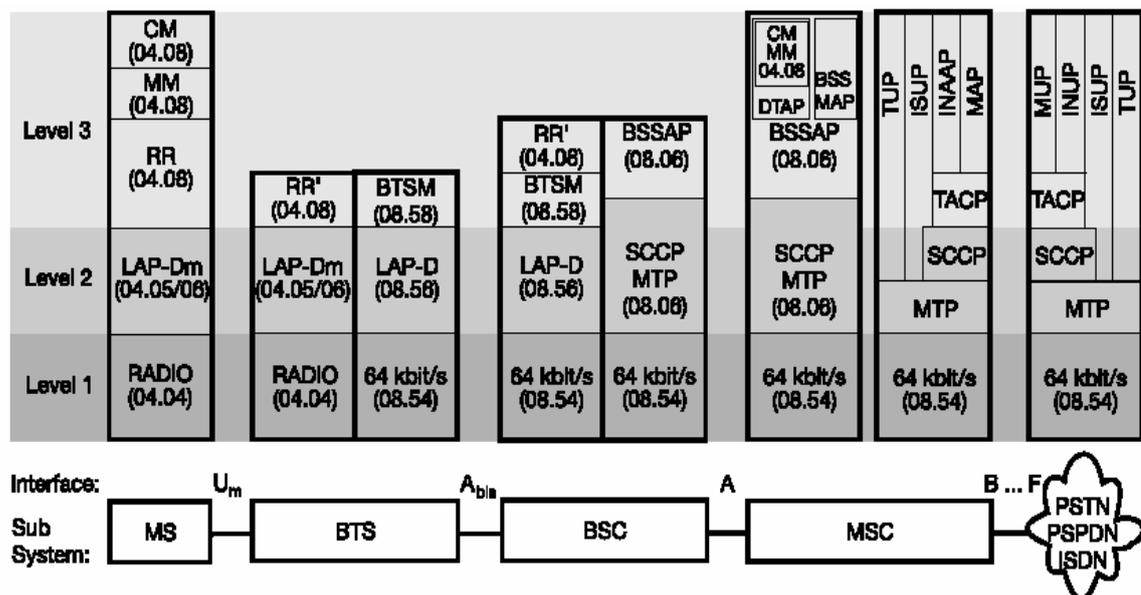


Figura 3: Estructura de capas OSI en GSM.

Los protocolos de GSM están básicamente divididos en tres niveles: nivel 1 o físico, nivel 2 o enlace y nivel 3 o red. Ahora, sobre los interfaces se desarrollan los intercambios de señalización necesarios para el control de llamadas, la localización y traspaso de llamadas, la autenticación de los usuarios, etc.

En la definición del sistema GSM se ha tratado de reutilizar, en la medida de lo posible, los protocolos y procedimientos de señalización empleados en el sistema telefónico fijo, y más concretamente, los de la RDSI. Los sistemas de señalización utilizados en esta red (Q.931 y SS7) proporcionan mecanismos adecuados para el control de llamadas y el soporte de servicios suplementarios. Sin embargo, no cubren otras necesidades presentes en las redes GSM, como las derivadas del empleo de recursos radio en el interfaz de abonado o la movilidad de los terminales.

La señalización en GSM brinda soporte a los siguientes grupos de funciones:

- Gestión de las comunicaciones: Aquí se incluyen las funciones tradicionales de control de llamadas (procedimientos de establecimiento y liberación) y de servicios suplementarios. También se consideran dentro de esta categoría las funciones de control asociadas al servicio de mensajes cortos.
- Gestión de la movilidad: Engloba los procedimientos necesarios para la localización y registro de los terminales móviles. Dentro de este tipo de funciones se consideran también las relacionadas con la seguridad (autenticación y cifrado).
- Gestión de recursos radio: Considera las funciones relacionadas con la asignación y liberación de los canales radio y fijos necesarios para las comunicaciones entre los terminales móviles y la MSC. Se incluyen también los procedimientos de re-configuración de dichos canales durante los trasposos.

Lógicamente, el soporte de dichas funciones requiere la existencia de los correspondientes mecanismos para el *transporte fiable de la señalización* entre los distintos elementos involucrados (MS, BTS, BSC, MSC, VLR, etc).

En las redes de telefonía fija, y con la salvedad de los posibles servicios suplementarios invocados durante la llamada, el intercambio de señalización se produce fundamentalmente en las fases de establecimiento y liberación de la llamada. En el caso de GSM, es importante tener en cuenta la existencia de flujos de señalización adicionales previos a la fase de establecimiento (ej. localización de móviles) y durante el transcurso de la llamada (ej. traspaso entre celdas).

Interfaz aire (Um).

GSM ha sido diseñado para satisfacer las necesidades que un medio de comunicación deba ofrecer, tanto en la actualidad como en el futuro. La interfaz aérea

es la que se necesita para comunicar al MS con el BTS, esta interfaz, en las redes celulares, se da sobre un enlace inalámbrico por radiofrecuencia (RF). Y es la que, precisamente, da el termino de móvil a los sistemas de telefonía celular.

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 aérea. Como el espectro de radio es un recurso limitado para todos los usuarios, se hizo necesario un método para dividir el ancho de banda disponible para soportar el mayor número de usuarios posible. El método escogido por GSM es una combinación de TDMA y FDMA. La parte correspondiente a FDMA comprende la división en frecuencias de los 25MHz de ancho de banda en 125 frecuencias portadoras espaciadas 200KHz cada una. Cada una de estas portadoras es dividida en el tiempo usando el esquema TDMA. La unidad fundamental de tiempo para TDMA se le llama ranura de tiempo (Time Slot, TS). Se agrupan 8 TS en cada trama TDMA, la cual es la unidad básica en la definición de los canales lógicos.

El canal de radio físico en GSM, es de 200KHz, modulado por el esquema GMSK (Gaussian Minimum Shift Keying). Cada canal esta representado por un TS, por una frecuencia, un número de canal, una potencia y otros parámetros. También es propenso a ser afectado por ruidos e interferencias y retrasos de la información.

Existen tres factores limitantes en un sistema de comunicaciones móviles: La potencia disponible, el ruido e interferencia, y la necesidad de limitar el ancho de banda disponible.

GSM estándar utiliza dos bandas de 25 MHz para transmitir y para recibir (FDD). La banda de 890-915 MHz se usa como enlace ascendente para las transmisiones desde la MS hasta el BTS (uplink, UL) y la banda de 935-960 MHz se usa como enlace descendente para las transmisiones entre el BTS y la MS (downlink, DL). GSM usa FDD y una combinación de TDMA y FDMA para proporcionar a las estaciones base y a los usuarios un acceso múltiple. Las bandas de frecuencias superiores e inferiores se dividen en canales de 200 KHz llamados ARFCN (Absolute Radio Frequency Channel Number ó Números de Canales de Radio Frecuencia Absolutos) o pares de frecuencias portadoras. El ARFCN denota un par de canales "uplink" y "downlink" separados por 45 MHz y cada canal es compartido en el tiempo por hasta 8 usuarios. La combinación de un número de TS y un ARFCN constituyen un canal físico tanto para el "uplink" como para el "downlink" (ver Figura 4).

Cada par de frecuencias está formado por una en la banda ascendente (de MS a BTS) y otra en la descendente (de BTS a MS) con el fin de hacer posible la comunicación bidireccional. En general, siempre que se mencione un número de frecuencias, se sobreentiende que se trata de pares de frecuencia. Así, la frase “esta celda usa tres frecuencias”, quiere decir que la celda tiene asignadas tres frecuencias en sentido ascendente y tres frecuencias en sentido descendente.

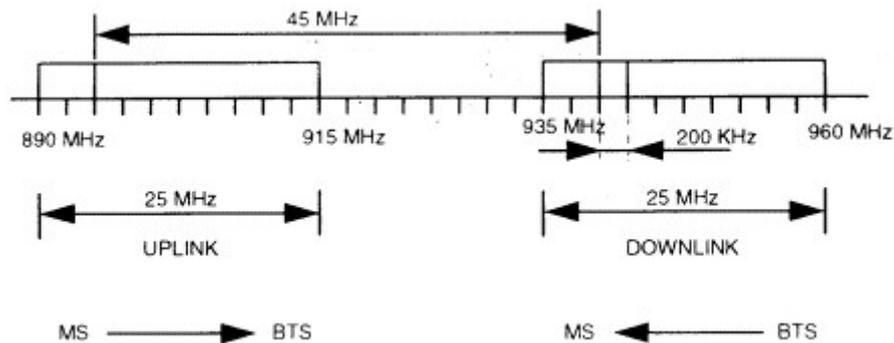


Figura 4: Banda estándar de GSM.

La necesidad de aumentar la banda de frecuencia, para permitir brindar mayores capacidades a los usuarios, conllevó a la aparición de la llamada “fase dos” de GSM o sistema DCS 1800 (Digital Cellular System), donde lo único nuevo que define es una banda de frecuencia en los 1800 Mhz, porque las restantes recomendaciones del estándar se mantienen sin variaciones. El sistema DCS 1800 mantiene la separación de 45Mhz entre las frecuencias, pero aumenta el número de frecuencias disponibles, ya que las subbandas ascendente (1710-1785 Mhz) y descendente (1805-1880 Mhz) se incrementan de 25 Mhz en GSM estándar a 75 Mhz alrededor de los 1800 Mhz.

En EE.UU también se adopta GSM pero en la banda de 1900 Mhz, y a ésta se le conoce como la variante norteamericana del GSM 1800, y se le denominó PCS 1900 (Personal Communication System 1900).

Servicios.

Los servicios en GSM se han ido introduciendo y ampliando por fases, y al igual que en la RDSI, se clasifican en:

- Servicios portadores: Proporcionan la capacidad necesaria para el intercambio de información entre interfaces de usuario-red normalizadas, o sea, hace referencia

solo al transporte de la información y no al contenido de ésta(capa 1-3 de OSI). GSM ofrece estos servicios para transmisión de datos hasta 9,6 Kb/s.

- Teleservicios: Proporcionan la capacidad completa de comunicación usuario-usuario, o sea, define las funciones de generación y tratamiento de las funciones en los terminales (capas 4-7 de OSI) además de las funciones y protocolos de acceso incluidas en los servicios portadores (capas 1-3 de OSI). Ejemplos:
 - *Telefonía*: Servicio modo circuito similar al de la RTC o la RDSI, que permite la conversación con abonados GSM o de otras redes telefónicas.
 - *Servicio de mensajes cortos (SMS)*: Servicio modo paquete que permite el intercambio de mensajes alfanuméricos de hasta 160 caracteres (codificados con 7 bits por caracter) entre terminales GSM o desde la red hacia los terminales.
- Servicios suplementarios: El propósito de estos servicios es aumentar la funcionalidad básica de los servicios portadores y teleservicios (servicios básicos) con el objetivo de ofrecer facilidades adicionales al usuario. Algunos ejemplos serían: *Desvíos de llamadas, Identificación de abonado llamante y de abonado conectado, Llamada en espera, Prohibición de llamadas, etc.*

Trasposos (Handover).

La movilidad del usuario puede inducir a la necesidad de cambiar de celda servidora, en particular cuando la calidad de la transmisión cae por debajo de un umbral o por necesidades de distribución de tráfico (muchos móviles dentro de una celda). Con un sistema basado en celdas grandes, la probabilidad de que ocurra esto es pequeña y la pérdida de una llamada podría ser aceptable. Sin embargo, si queremos lograr grandes capacidades tenemos que reducir el tamaño de la celda, con lo que el mantenimiento de las llamadas es una tarea esencial para evitar un alto grado de insatisfacción en los abonados.

Al proceso de la transferencia automática de una comunicación (de voz o datos) en progreso de una celda a otra para evitar los efectos adversos de los movimientos del usuario se le llama traspasso ("handoff" en EE.UU.). Existen tres tipos de traspasso, en función de si la nueva BTS pertenece a la misma BSC que la celda actual, a otra BSC bajo la misma MSC, o a una BSC de otra MSC. Los dos primeros tipos de traspassos,

denominados trasposos internos (Intra-BSC e Intra-MS), se resuelven mediante procedimientos del nivel RR. El tercer tipo de trasposo, externo (Inter.-MS), requiere además el empleo de procedimientos MAP/SS7.

Itinerancia (Roaming).

En los sistemas de telecomunicaciones accedidos a través de un enlace fijo, la elección de qué red proporciona el servicio está hecha desde el principio. Cuando se introduce la movilidad, todo cambia. Diferentes servidores pueden proporcionar servicio a un usuario dado dependiendo de dónde esté. Cuando cooperan diferentes operadores de red, pueden usar esta posibilidad para ofrecer a sus abonados un área de cobertura mucho mayor que la ofrecida por sí mismo. A esto es a lo que se llama itinerancia (roaming).

La itinerancia se puede proporcionar sólo si se dan una serie de acuerdos administrativos y técnicos. Desde el punto de vista administrativo, se deben resolver entre los diferentes operadores aspectos tales como: las tarifas, acuerdos de abonados, etc.. Desde el punto de vista técnico, algunos aspectos son una consecuencia de problemas administrativos, como las tarifas de la transferencia de llamadas o la información de los abonados entre las redes. Otras se necesitan para poder realizar la itinerancia, como son la transferencia de los datos de localización entre redes, o la existencia de una interfaz de acceso común.

Este último punto es probablemente el más importante. Éste hace que el abonado deba tener un accesorio simple del equipo que lo habilite para acceder a las diferentes redes. Para hacer esto posible, se ha especificado una interfaz de radio común de forma que el usuario pueda acceder a todas las redes con la misma estación móvil.

1.3. Estado actual del estándar GSM.

En el centro del nuevo entorno competitivo de telefonía celular se encuentra GSM, la tecnología de redes móviles digitales más adoptada en el mundo, y la opción más escogida por parte de inversores, operadores y consumidores. GSM tiene la mayor cobertura inalámbrica, y unido con TDMA, representan más del 80 % del total mundial de abonados a celulares, como se muestra en la Figura 5. [18]

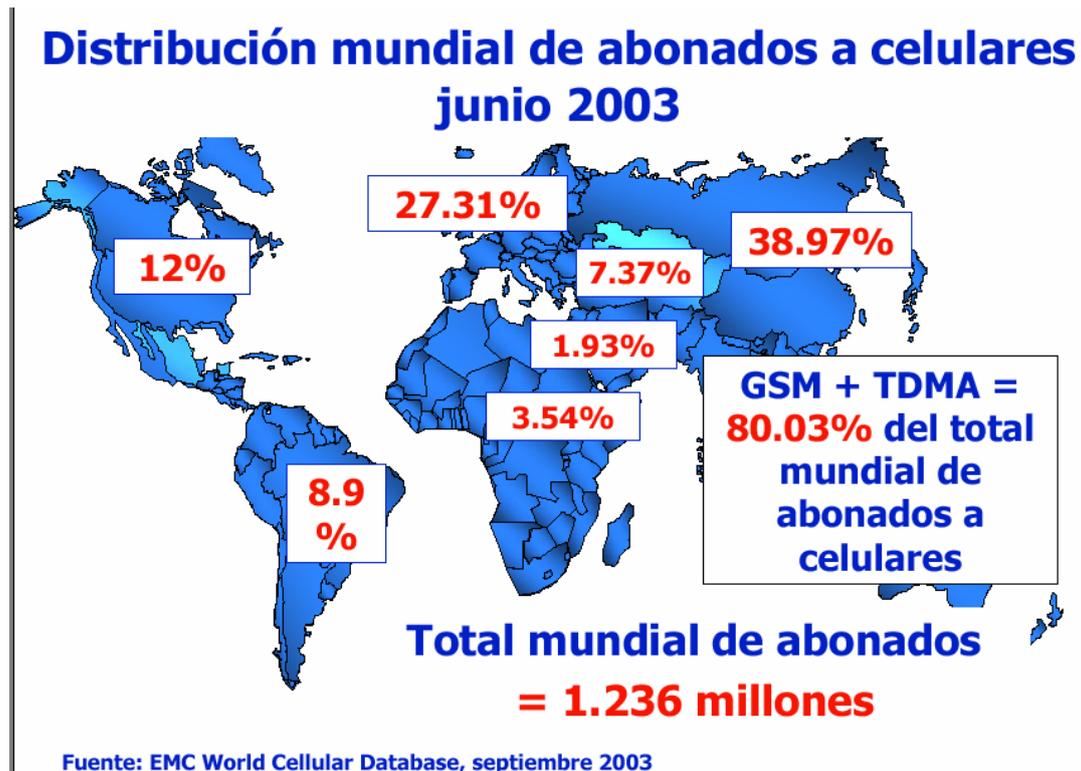


Figura 5: Distribución mundial de abonados a celulares.

Por otro lado, las cifras de usuarios analógicos en sí mismas se han incrementado, pero el número decreciente de nuevas redes analógicas y la digitalización de las primeras redes analógicas a través de TDMA, han marcado el comienzo de la caída de la tecnología analógica a la insignificancia.

Como las tecnologías digitales surgen para proveer mayor capacidad a fin de satisfacer las demandas de mayor utilización y servicios adicionales; entonces los permanentes avances tecnológicos de GSM, han logrado que dicho estándar represente a más del 72% del mercado inalámbrico digital mundial (ver Figura 6). En el primer semestre del año 2003 se habían superado los 875 millones de abonados, y más de 685 redes GSM estaban proporcionando servicios en más de 200 países del mundo. [19] [20]

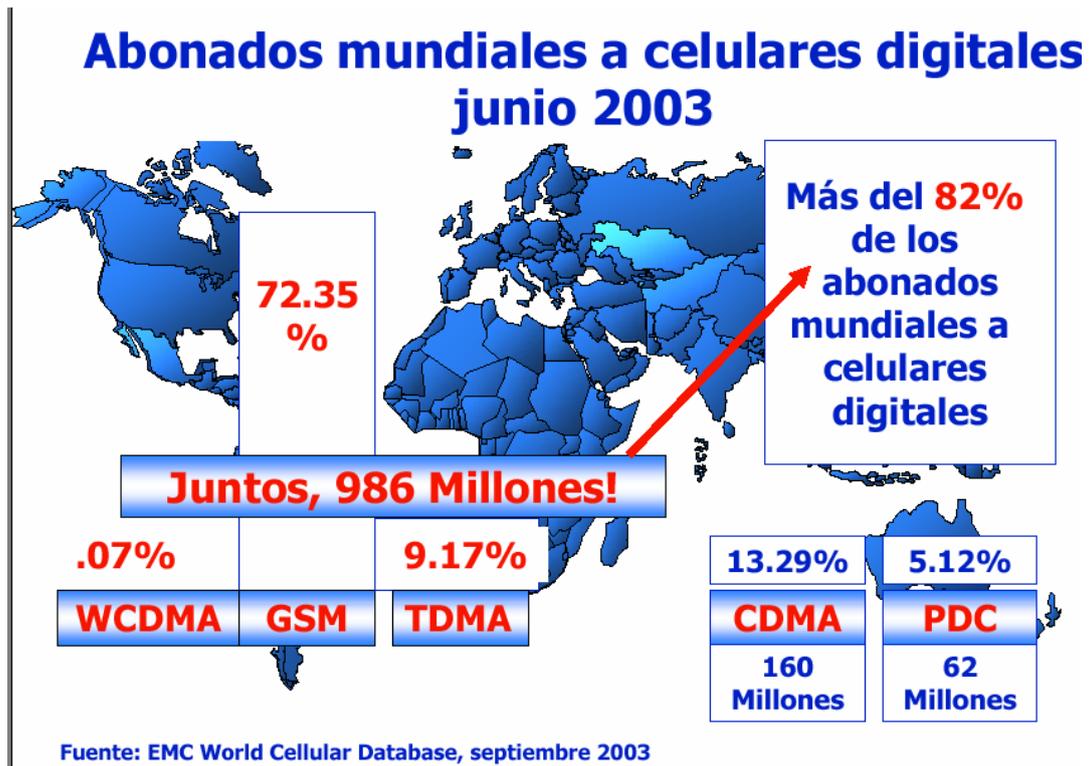
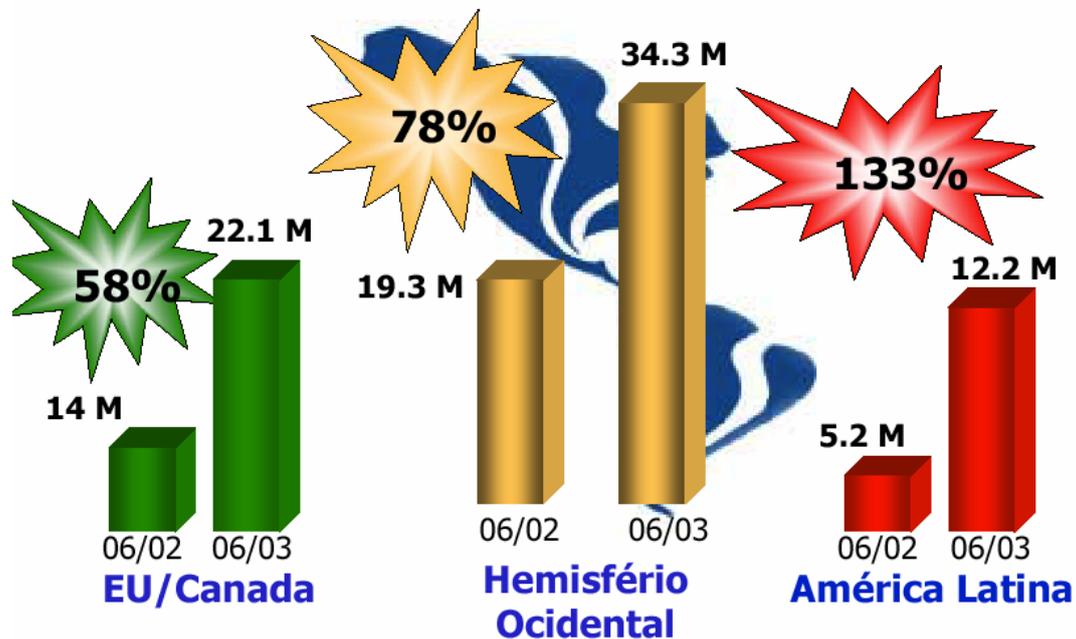


Figura 6: Abonados mundiales a celulares digitales.

GSM, como la tecnología de más rápido crecimiento, en el Continente Americano creció en un porcentaje estimado en el 78% desde junio del 2002 hasta junio del 2003; y solamente en América Latina, creció en un 133% en el mismo período (ver Figura 7). Durante el último año, una mayor cantidad de abonados nuevos escogieron GSM, si lo comparamos con la base total de abonados de todas las demás tecnologías celulares.

Crecimiento Anual

junio 2002 – junio 2003



Source: EMC World Cellular Databases, septiembre 2003

Figura 7: Crecimiento anual.

Debido a que GSM es una norma abierta, esto posibilita que cualquier fabricante produzca equipos compatibles, y cuente con facilidades como:

- Capacidad de itinerancia global.
- Economías de escala para los fabricantes.
- Sólidos retornos para los inversores.
- Oportunidades para los desarrolladores de aplicaciones.
- Capacidad de evolucionar a servicios móviles de 3G.
- Vasta cobertura y confiabilidad de servicio para los clientes.

¿Por qué GSM?

La decisión tomada en el año 2000 por importantes operadores TDMA estadounidenses y latinoamericanos de superponer GSM en sus redes (bandas de 900 y 1900 MHz), marcó el ingreso de las economías de escala de GSM. En dos años, para fines del 2002, el total de clientes GSM 1900 MHz se había duplicado y se

colocaba en más de 21 millones. AT&T informó reducciones del 50% en los costos de equipos para producir un minuto de uso incremental, en que GSM dio soporte a su objetivo de lograr un costo unitario de dos centavos por minuto por operar una llamada. Además, informó que desplegar terminales GSM en las bandas de 900 y 1900 MHz estaba resultando entre 15 y 20 por ciento menos costoso que desplegar TDMA en las mismas bandas. [21] [22]

Por otro lado, los operadores de América comenzaron a incursionar en el mercado de itinerancia internacional GSM, con más de 1,5 mil millones de llamadas en itinerancia para diciembre del 2001, e ingresos estimados en más de \$21 mil millones. Esto fue posible, entre otros factores, por el desarrollo de teléfonos GSM triple banda, que le permitieron al cliente GSM sacar el máximo provecho de las capacidades de itinerancia, y para fines del 2002, ya habían 60 modelos de dispositivos triple banda GSM (900/1800/1900 MHz) en el mercado. [23] [24]

Es por ello, que los estudios realizados han revelado que los ingresos adicionales y los menores costos, compensan con creces los costos de invertir el capital necesario para superponer GSM. Si bien no se encuentran disponibles las justificaciones de negocios de los operadores, funcionarios jerárquicos de importantes operadores TDMA que han adoptado GSM frecuentemente citan los menores costos de la infraestructura GSM como un factor fundamental en su decisión (ver Figura 14).

1.4. Ventajas de GSM sobre otros sistemas.

La liberalización del mercado móvil en Latinoamérica ha llevado a una creciente competencia entre operadores establecidos y nuevos operadores entrando en el mercado. Esta evolución del escenario móvil ha creado la necesidad de migrar las operaciones con tecnologías de primera generación hacia sistemas de 2G y 2.5G.

Aquellos operadores que primero completen el proceso de migración en sus respectivos mercados, contarán con una gran ventaja competitiva en la lucha por una posición predominante. La notable diferencia en calidad de voz, la flexibilidad para ofrecer servicios de valor agregado y el mayor atractivo de los terminales se han convertido en fuertes argumentos a favor de estos operadores. [25] [26]

Entre las opciones tecnológicas existentes, queda subrayada la predominancia de GSM a nivel mundial:

- Participación en más del 71% del mercado móvil digital.

- Más de 2/3 del total de abonados de todas las tecnologías (645.5 de 955 millones)
- Más de 430 redes GSM a nivel mundial; más de 15 redes en Latinoamérica.

Las ventajas de GSM sobre otras tecnologías se pueden ver desde dos puntos de vista: ventajas para los operadores y ventajas para los usuarios.

Ventajas para los operadores.

GSM es la tecnología celular mas exitosa del mundo. Hoy 7 de cada 10 usuarios de telefonía celular en el mundo utilizan GSM , y a finales de 2003 serán más de mil millones de usuarios en más de 179 países. En menos de diez años, GSM demostró ser la tecnología celular de mayor crecimiento y preferencia mundial.

Al ser una tecnología masificada a nivel mundial, existen varios proveedores de prestigio de dicha tecnología, con lo cual aseguran la evolución futura de sus redes y no dependen de un solo proveedor.

La tecnología GSM puede ser implementada en cualquier frecuencia, dependiendo de las regulaciones de cada país. Las frecuencias en uso alrededor del mundo incluyen 900, 1800 y 1900 MHz.

Al incorporar nuevos nodos de red, permite optimizar tanto la red de radio como la red de transmisión, facilitando el despliegue y disminuyendo los tiempos de instalación. Así mismo incorpora nuevos elementos de seguridad al sistema. [27] [28]

Ventajas para los usuarios.

La arquitectura abierta de GSM ofrece una compatibilidad superior con sistemas, equipos y aplicaciones desarrolladas alrededor del mundo. Las principales ventajas y beneficios que entrega GSM a los usuarios son:

- Seguridad, privacidad y flexibilidad : A través de la tarjeta SIM que lleva cada teléfono, el usuario obtiene una mayor flexibilidad en la manera de utilizar su teléfono sin perder la seguridad y privacidad de sus comunicaciones. Puede prestar su teléfono y limitar las llamadas que hará quien lo vaya a usar. Puede cambiar de teléfono con sólo transferir la tarjeta SIM manteniendo su misma cuenta y número.

- Innovación constante : Desde sus inicios, los avances más populares e importantes en la comunicación celular así como los servicios de valor agregado más exitosos se han dado en las redes GSM.
- Itinerancia universal : En el futuro, los fabricantes de teléfonos construirán unidades que puedan operar en todas las frecuencias, brindándole una verdadera experiencia de itinerancia universal.
- Terminales : Los modelos GSM ofrecen más beneficios, funciones y diseños atractivos. Estos celulares son más económicos comparados con los TDMA y CDMA, gracias a las economías de escala que otorga fabricar para el 70% de los suscriptores de telefonía celular del mundo. [29] [30]

1.5. Conclusiones parciales.

Finalmente, dado todo lo presentado en este capítulo podemos resumir que GSM es la tecnología con mayor despliegue en el mundo, a nivel de redes en operación y clientes vigentes; presenta hoy un menor costo de aprendizaje, pues ya ha sido asumido en el pasado; permite optimizar el uso de medios de interconexión de las BTS, disminuyendo considerablemente la necesidad de enlaces por uso de técnicas de compresión; cuenta con el mayor interés de parte de las empresas fabricantes de equipos de red, de terminales e investigadores que garantizan una eficiente evolución; y presenta terminales a menor costo, con una mayor variedad y disponibilidad de los mismos en el mercado, con soporte oportuno y adecuado, y con el interés de los mayores fabricantes en mejorar su tecnología asociada.

Por todo lo anteriormente expuesto, podemos afirmar que las características del estándar GSM lo convierten en el mejor candidato a ser empleado en las redes de telefonía, y más aún cuando se desee un rápido despliegue de dicha tecnología que permita lograr un rápido aumento de la densidad telefónica de cualquier territorio.

Capítulo 2. La red GSM de Cuba.

En el presente capítulo, se aborda la situación de la red de telefonía fija de Cuba, con sus densidades telefónicas por provincia y país; y la de la red de telefonía móvil de CCOM basada en el estándar GSM.

2.1. La red de telefonía fija actual de Cuba.

Desde 1995 se comenzó un proceso de expansión y modernización de toda la infraestructura de la red de telecomunicaciones de nuestro país, donde se definieron dos objetivos fundamentales:

1. Desarrollar una infraestructura de red digital nacional, que sirva de soporte para la implementación de las modernas redes de telefonía y de datos.
2. Expandir y modernizar la red telefónica nacional y la red de datos de Cuba.

Hoy en día, después de realizar inversiones fuertes, contamos con una red de transporte formada por dos redes básicas: la red nacional de microonda digital y la red nacional de fibra óptica. La primera, cuenta con radiocanales de 155Mb/s y derivaciones provinciales de hasta 34Mb/s (ver Figura 15); y la segunda, cuenta con varios anillos en la capital y un ramal de 1090Km (STM16 (2.5Gb/s)), que abarca las provincias desde la Habana hasta Santiago de Cuba (ver Figura 16).

La implementación de una estructura nacional de transmisión digital, ha permitido el soporte del transporte de la red telefónica digital, desarrollada a partir del proceso de digitalización (ver Figura 17), en el que se ha logrado modernizar las principales centrales de Ciudad de la Habana y casi todas las centrales cabeceras de todas las provincias del país.

Dicho proceso de digitalización de la red telefónica nacional, terminará cuando todas las centrales del país, puedan contar con suficiente capacidad de conmutación digital. Además, el proceso de digitalización comprende la modernización de la vieja planta exterior existente en las localidades, con mas de 50 años de explotación; ya que en la mayoría de las ocasiones se muestra ineficiente e insuficiente, como para absorber el incremento de líneas que traen las nuevas centrales digitales. Es por ello, que aunque la densidad telefónica en el país halla aumentado de 3.25 teléfonos por cada 100 habitantes en el año 1995 a 6.42 en diciembre del 2003 como se muestra en

la tabla 1; aún se considera insuficiente, como para satisfacer todas las necesidades del país. [31] [32]

Provincia	Líneas en servicio	Población	Densidad Telefónica
PR	28.674	739.473	3,88
HB	30.961	711.590	4,35
CH	329.944	2.181.535	15,12
MT	44.498	665.419	6,69
VC	46.761	836.350	5,59
CF	24.713	398.569	6,20
SS	19.890	463.258	4,29
CA	22.635	413.447	5,47
CG	44.459	791.815	5,61
LT	15.015	532.550	2,82
HO	33.042	1.035.825	3,19
GR	16.534	835.218	1,98
SC	44.398	1.041.373	4,26
GT	12.353	516.311	2,39
IJ	7.523	80.625	9,33
Total	721.400	11.243.358	6,42

Tabla 1: Densidad telefónica hasta diciembre del 2003.

2.2. La red de telefonía móvil GSM de Cuba.

Antes de comenzar a hablar de la red móvil GSM de Cuba, es importante destacar que hoy contamos con tres tipos de redes móviles en nuestro país: Cubacel, Movitel y CCOM, donde todas utilizan los servicios de la red troncal (backbone) nacional para lograr su conectividad, y presentan sus propias características tecnológicas y de mercado.

La primera operadora de telefonía celular de nuestro país, fue creada en el año 1993 con el nombre de Cubacel, otorgándosele la licencia para el despliegue de una red de primera generación, basada en tecnología AMPS para operar en la banda de 800MHz; y en el año 1997, a dicha red se le adiciona una estructura digital de segunda generación del tipo D-AMPS (Digital AMPS), también conocida como TDMA. Actualmente coexisten los dos tipos de redes en una estructura AMPS / D-AMPS con una infraestructura tecnológica conformada por 3 centrales móviles de conmutación, dispuestas en la parte occidental (Ciudad Habana), central (Cienfuegos) y oriental (Santiago) del país, con 34 radiobases y 12 repetidores que permiten brindar cobertura nacional.

Hoy en día, Cubacel tiene 6797 abonados permanentes y un promedio mensual de 785 clientes temporales, fundamentalmente turistas y hombres de negocio. Sus

crecimientos fundamentales, se han obtenido sobre la base de los visitantes que provienen de redes TDMA internacionales y residentes extranjeros abonados al servicio en Cuba; así como, las empresas y entidades que operan en monedas libremente convertibles, tales como: firmas comerciales extranjeras, corporaciones, prensa internacional, turismo, organismos internacionales, turoperadores, embajadas y el sector diplomático.

La segunda operadora de una red de comunicaciones móviles en nuestro país, aparece en el año 1997 con el nombre de Movitel.SA, y su sistema esta basado en tecnología trunking de tipo MPT 1327 operante en la banda de 800 MHz. Movitel oferta servicio de “trunking” y “paging”, enfocado hacia empresas que demanden una comunicación ágil y operativa entre sus integrantes, fundamentalmente, para flotas móviles de servicios, transporte, seguridad, distribución de mercancías, etc. Actualmente Movitel dispone de un grupo de clientes empresariales que oscila alrededor de 10 000 para el servicio de trunking y 7 500 abonados al “paging”.

En lo referente a telefonía celular, la Empresa de Telecomunicaciones Celulares del Caribe Sociedad Anónima, más conocida como CCOM, se convierte en la segunda empresa de telefonía celular cubana, otorgándosele la licencia el 12 de enero del año 2001, por parte del Ministerio de Informática y Comunicaciones (MIC) para que operase en la banda de 900 MHz con norma GSM.

El esquema general de la red de CCOM tiene una estructura como la mostrada en la Figura 8.

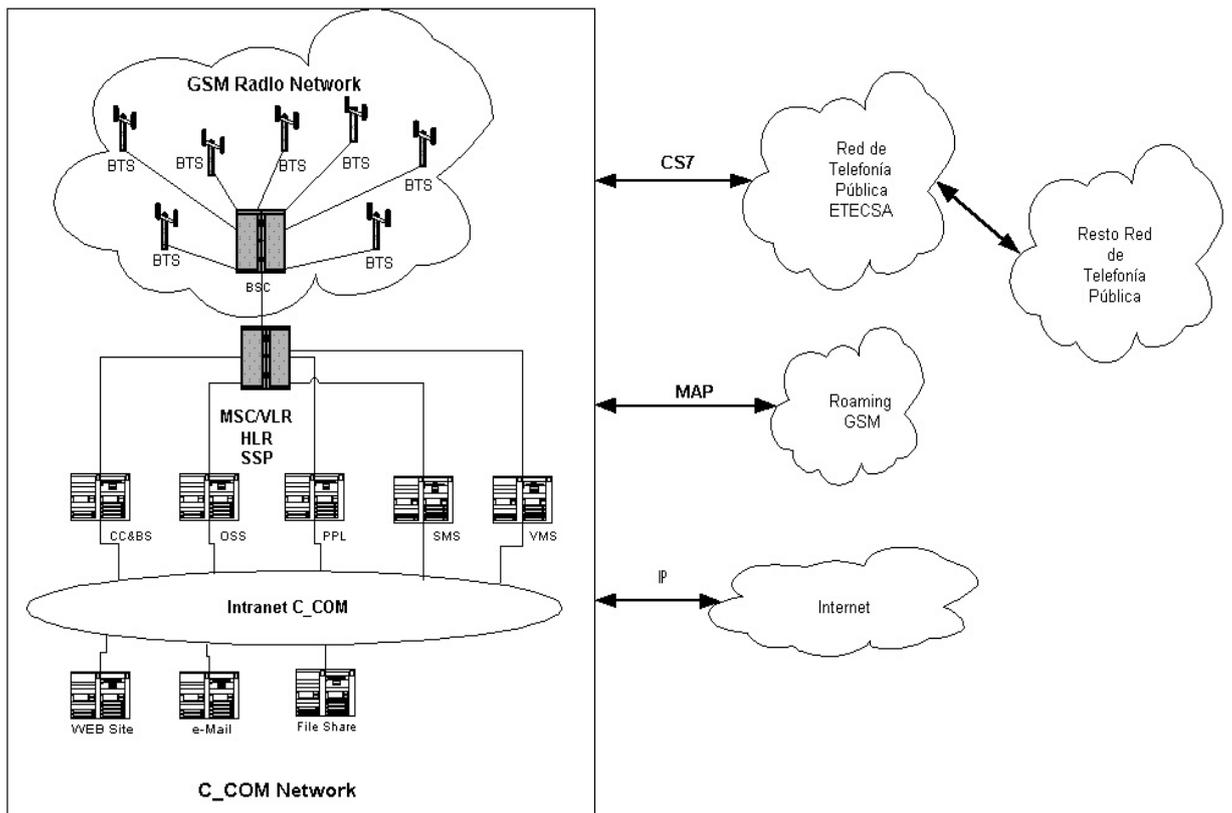


Figura 8: Esquema general de interconexión de CCOM.

En ella podemos observar, como en el centro de la misma se encuentra la central de conmutación celular (MSC) y los registros de información o bases de datos (HLR, VLR), con el objetivo principal de gestionar las comunicaciones entre sus propios usuarios GSM y entre estos y los usuarios de otras redes de telecomunicaciones. Además, se puede ver como a dicha MSC se encuentra conectada toda la red radio GSM, a través de una estación base controladora (BSC), a la cual se conectan todas las estaciones base (BTS) de la red GSM mencionada.

También se observa como la MSC tiene conexión con sistemas y plataformas, que permitirán mejorar el desempeño de la red GSM y ampliar los servicios ofrecidos por la misma. Dichos sistemas se describen a continuación:

- CC&BS (Customer Care & Billing System): Sistema para facturación y atención a clientes llamado EPIX, que garantiza la integración y coordinación de todos los datos de la empresa: facturación, clientes, contabilidad, inventario, ventas, estadísticas, etc.
- VMS/SMS (Voice Mail Services & Short Messages Services): Servicios de buzón de voz y de mensajería de textos, desde y hacia el móvil.

- OSS: Sistema de operación y mantenimiento suministrado por Ericsson para la administración rápida y fácil de la red celular. Incluye manejo de fallas, configuración de elementos de la red, bajada de archivos, cambios de sistemas de aplicación y manejo de estadísticas para optimización y calidad de la red celular.
- PPL (Pre-paid Light): Sistema de pre-pago basado en la plataforma de red inteligente (Intelligent Network, IN) de Ericsson. Permite la recarga de las tarjetas SIM de los subscriptores abonados a esta modalidad de pago para continuar utilizando el servicio una vez vencido el cargo anterior.
- Intranet CCOM: Permite interconectar todos los sistemas anteriores, el servidor de correos electrónicos (e-mail) y el sitio WEB, con los puntos de ventas, la administración, los técnicos, y los accesos exteriores.

Por otro lado, la Figura 8 nos muestra que la red de CCOM tiene conexión con otras redes como la red telefónica fija (PSTN), la red de datos de nuestro país, y la red de señalización N° 7 de ETECSA. En el primer caso, es con el objetivo básico de garantizar comunicación telefónica entre los abonados móviles de CCOM y los abonados de la red telefónica fija. En el segundo caso, para lograr accesos de transmisión de datos a internet. Y en el tercer caso, para poder brindar el servicio de itinerancia automática internacional, donde todos los mensajes de itinerancia dirigidos a la red de CCOM serán enrutados a través de los puntos de transferencia de señalización (Signalling Transfer Point, STP), mediante el protocolo MAP (Mobile Application Part) utilizado para el intercambio de mensajes de itinerancia.

Red CCOM.

La central de conmutación celular está ubicada en el centro telefónico de Buenavista en el municipio capitalino Playa, y constituye el elemento fundamental de la red GSM de Cuba. Esta MSC es una central telefónica Ericsson AXE-10 APZ 212 30 R8, y cuenta con 48 enlaces E1, AuC, VLR y HLR co-localizado, con licencia para 5000 abonados. Además, al MSC se conecta un controlador de estaciones base o controlador de radio bases (BSC) Ericsson R7 con capacidad máxima de 336 estaciones de radio (TRX); y a su vez, al mencionado BSC se conectan 19 transceptores de estaciones base o estaciones de radio bases (BTS) RBS 2000, donde se distribuyen los 65 canales de radio (TRX) con que cuenta todo el sistema (ver Figura 18).

Ahora, de las 19 BTS con que cuenta el sistema, 12 de ellas son Outdoor BTS 2102 (ver Figura 19), 5 son Indoor BTS 2202 y 2 son Micro BTS 2301. El sistema también cuenta con 4 repetidores, 9 enlaces de micro ondas del tipo MINILINK-E, la plataforma de prepago de red inteligente (PPL) con licencia para 10 000 suscriptores, un sistema de buzón de voz (VMS) con licencia para 10 000 suscriptores, un centro de mensajes cortos (SMSC) con licencia para 1 mensaje por segundo, y el sistema de soporte a la operación y mantenimiento (OSS) para el control de la red. [33]

Actualmente, la red de CCOM tiene cobertura en las regiones de Ciudad de la Habana, Matanzas, Varadero y el tramo de carretera que los une por la autopista nacional (ver Figura 9), para un área aproximada del 0,75% (858 Km² de cobertura de 114 525 Km² de territorio nacional); que a pesar de ser pequeña aún el área cubierta, en ella se concentra más del 90% del tráfico nacional.



Figura 9: Cobertura actual.

Las zonas cubiertas en Ciudad de la Habana van desde Guanabo por el este hasta Santa Fé por el oeste, y desde la costa norte hasta El Cacahual por el sur, cubriendo cerca del 90% de la ciudad. Aproximadamente 654 Km² de cobertura con 15 sitios como se muestran en la Figura 10.

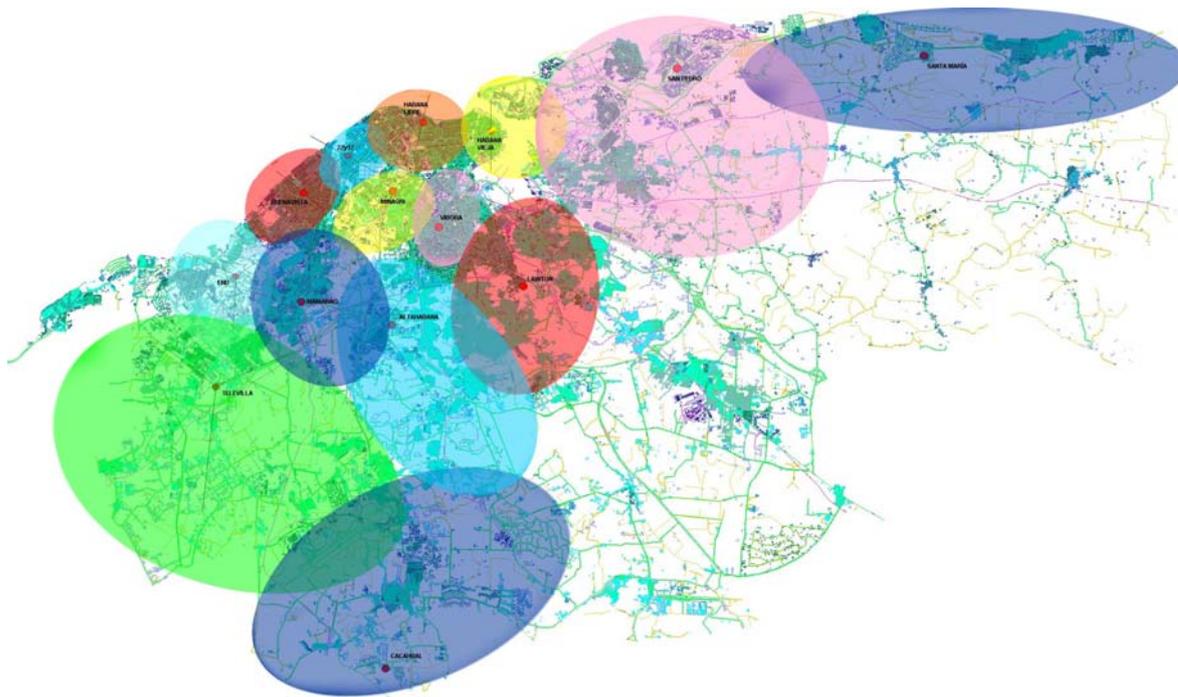


Figura 10: Cobertura en la Ciudad de la Habana.

En la ciudad de Matanzas la zona cubierta va desde el hotel “El Valle” hasta la salida de Matanzas hacia Varadero, alrededor de la bahía (19Km). También tiene cobertura la carretera desde Matanzas hasta Varadero, incluyendo el aeropuerto internacional (24Km); y Varadero completo (15Km).

La cobertura total nacional de 858 Km² lograda por CCOM, es alcanzada mediante un total de 23 sitios, entre estaciones de radio bases (macro y micro) y repetidores. Las ubicaciones de cada uno de los sitios son las siguientes:

1. BTS Macro Hotel Habana Libre, con 2 sectores o celdas de 180°, para cubrir las zonas del Vedado y Centro Habana, fundamentalmente.
2. BTS Macro Centro Telefónico de Buenavista, con 2 sectores o celdas de 180°, para cubrir la zona de Miramar.
3. BTS Macro Habana Vieja (Edificio Bacardí), con 2 sectores o celdas de 180°, para cubrir la zona de la Habana Vieja y alrededores del puerto de La Habana.
4. BTS Macro de Vedado (26 y 17), con 2 sectores de 120°, para cubrir zona baja del Vedado, Miramar y Nuevo Vedado.

5. BTS Macro de Cubanacán (Escuela Nacional de Danza), con 3 sectores de 120°, para cubrir zonas de Siboney, Atabey, Cubanacán, Barlovento y Palacio de las Convenciones.
6. BTS Macro de MINAGRI, con 2 sectores de 180°, para cubrir zonas del Cerro, Nuevo Vedado, Ave. Boyeros, Plaza de la Revolución.
7. BTS Macro de Lawton, omnidireccional, para cubrir zonas de Lawton, San Miguel del Padrón, etc.
8. BTS Macro del Cacahual, omnidireccional, para cubrir zonas de Lawton y Luyanó.
9. BTS Macro de la Víbora, omnidireccional, para cubrir zonas de 10 de Octubre y Arroyo Naranjo.
10. BTS Macro de Santa María del Mar, con 2 sectores de 180°, para cubrir zona de Playas del Este.
11. BTS Macro de Televilla, con 3 sectores de 120°, para cubrir zonas de Playa, La Lisa, Marianao y el oeste de la ciudad.
12. BTS Macro de Marianao, con 2 sectores de 180°, para cubrir zonas de Marianao, La Lisa, Ave. Boyeros, Calle 100.
13. BTS Macro de Alamar (Loma de San Pedro), omnidireccional, para cubrir zonas de Regla, Villa Panamericana, Alamar, Cotorro, San Francisco, etc.
14. BTS Macro de Altahabana, omnidireccional, para cubrir zonas de Boyeros, arroyo Naranjo, etc.
15. BTS Macro de Cumbre, omnidireccional, para cubrir la ciudad de Matanzas.
16. BTS Macro de Varadero, con 2 sectores de 60° y 90°, para cubrir la playa de Varadero.
17. BTS Macro de Chapelín, con 2 sectores de 60°, para cubrir extremo oriental de Varadero.
18. BTS Micro 1.

19. BTS Micro 2. Son móviles para cubrir principalmente eventos (EXPOCUBA, PABEXPO, etc.) y zonas emergentes.
20. Repetidor de Santa Cruz del Norte.
21. Repetidor de Machado.
22. Repetidor de Bacunayagua. Para dar cobertura en carretera Habana – Matanzas.
23. Repetidor de San José, para cubrir salida de La Habana por Autopista Nacional.

La población de Cuba cubierta por celdas GSM asciende al 20% (2 237 916 habitantes de 11 243 358 en el territorio nacional).

Servicios.

CCOM al igual que cualquier otra red GSM, ofrece servicios portadores, teleservicios y servicios suplementarios. Como ya hemos demostrado en el capítulo 1 de la tesis, GSM es el sistema de telefonía móvil digital más eficaz que existe en el mundo, y el más implementado.

Con un teléfono GSM y una tarjeta SIM, se pueden hacer y recibir todo tipo de llamadas nacionales e internacionales, siempre y cuando se encuentre en un área con cobertura GSM. La tarjeta SIM, es el elemento clave del sistema, ya que en el microprocesador o chip de la misma se encuentran grabados todos los datos relativos al usuario, que le permiten registrarse a la red de CCOM. De esta forma, el usuario podrá introducir su tarjeta SIM en cualquier móvil, puesto que su identidad como usuario de CCOM va asociada a su tarjeta SIM. Dichas tarjetas tienen capacidad para almacenar 150 números de su agenda telefónica, 25 mensajes de texto de hasta 160 caracteres alfanuméricos cada uno, y una lista de 50 números de marcación fija.

Dentro de los servicios ofrecidos por CCOM se encuentran dos posibilidades diferentes para el pago de sus demás servicios:

- Contrato prepago (MoviExpress fácil): En este caso, el cliente decide cuándo y cuanto quiere recargar su crédito celular comprando tarjetas de recarga en las oficinas de CCOM y en varios puntos de venta de Ciudad de la Habana, Matanzas y Varadero.

- Contrato postpago (MoviExpress plus): En este otro caso, el cliente, sin necesidad de pasar por las oficinas comerciales, recibirá su factura mensual, incluso en el caso de haber disfrutado de los Servicios de Roaming Internacional.

Para ambos contratos CCOM le ofrece una serie de servicios de valor añadido que le permitirán sacar el máximo partido de sus comunicaciones.

Cuando se contrata el prepago, el cliente recibe la siguiente gama de servicios básicos y de valor agregado: menú MoviExpress fácil, envío y recepción de mensajes de texto, llamada en espera y retención de llamadas, bloqueos de llamadas entrantes y salientes, identificación del número llamante, envío de identidad a voluntad, buzón de voz, multiconferencia con hasta 6 participantes, llamadas de larga distancia nacional, y llamadas de larga distancia internacional. Además, cada vez que se desee obtener información sobre el crédito puede consultarse gratuitamente el menú MoviExpress fácil, tecleando * 666.

Al contratar el postpago, el cliente recibirá una gama de servicios un poco más amplia que contempla: roaming automático internacional, roaming manual en más de 120 países, envío y recepción de mensajes de texto, desvío de llamadas, llamada en espera y retención de llamadas, bloqueos de llamadas entrantes y salientes, identificación del número llamante, envío de identidad a voluntad, buzón de voz, multiconferencia con hasta 6 participantes, transferencia de datos, llamadas de larga distancia nacional, llamadas de larga distancia internacional, y facturación detallada.

Además, es bueno señalar que gracias al servicio de roaming automático internacional, un cliente de CCOM con su teléfono GSM y su tarjeta SIM, podrá desplazarse por toda Europa y gran parte de países, utilizando su teléfono como si estuviese en Cuba (siempre que haya previo acuerdo de roaming con los operadores de GSM que operan en dichas zonas geográficas). Igualmente, los clientes de todos los operadores con los que CCOM tiene acuerdos de roaming internacional, pueden utilizar su terminal y número de teléfono en la red GSM de nuestro país. Los contratos de CCOM con operadores PLMN GSM internacionales, para garantizar el servicio roaming, ascienden a 80, en un total de 42 países.

Otro servicio ofrecido por CCOM es la transmisión de datos a una velocidad de 9,6 Kb/s, permitiendo disponer de todos los servicios que se manejan en una oficina, en cualquier momento y lugar, como por ejemplo: acceder a Internet, sin necesidad de

instalar aplicaciones adicionales en la computadora, es decir, solo se configura el acceso telefónico a redes del dispositivo a utilizar.

El sector de mercado de CCOM está compuesto por 5 100 abonados permanentes y un total de 35 000 clientes temporales por mes, del servicio itinerancia internacional, conformados en su mayoría por turistas y técnicos extranjeros, provenientes de redes GSM internacionales; las cuales, tienen una mayor penetración a nivel mundial que las redes TDMA. Es por ello, que la mayor fuente de ingreso de esta empresa esta precisamente en este tipo de mercado.

2.3. Conclusiones parciales.

La baja densidad telefónica de nuestro país es un gran problema a considerar, que unido al gran deterioro de la infraestructura de cobre existente, conlleva a que se haga extremadamente difícil elevar la cantidad de teléfonos por cada 100 habitantes.

ETECSA, en casi 10 años, solo ha elevado la densidad telefónica de 3,25 a 6,42 teléfonos por cada 100 habitantes; y tiene digitalizadas las principales centrales de Ciudad de la Habana y casi todas las centrales cabeceras de todas las provincias del país.

El estudio realizado a la red GSM de CCOM, arrojó que el primer lugar en la lista comercial de quejas lo tiene la demanda de ampliación de cobertura nacional, y las quejas demandando cobertura total en Ciudad de la Habana (el 3,2 % de las llamadas son liberadas por falta de cobertura).

Capítulo 3. Propuesta de ampliación de la red GSM de Cuba.

En el presente capítulo ofreceremos una variante para comenzar a solucionar el problema de la baja densidad telefónica de Cuba, mediante la implementación a gran escala de la telefonía móvil basada en el estándar GSM, que es el de mayor penetración en el mercado mundial.

3.1. Consideraciones para la expansión de la red GSM de Cuba.

Factores económicos de las soluciones de red telefónica fija tradicional comparados con GSM.

Es importante señalar lo costoso que sería elevar la densidad telefónica de Cuba mediante ampliaciones en la red de telefonía fija, y lo demorado de este proceso, debido a las condiciones en que se encuentra la planta exterior. ETECSA, desde su creación, destinó importantes recursos a la reparación de la planta externa existente y en estos 9 años ha conseguido frenar un poco este deterioro. No obstante, continúa la falta de normalización de la planta externa, no hay comprobaciones de coincidencia de los pares que salen de la Central y llegan a su destino, existen insuficiencias en la reparación de pares vacíos interrumpidos, etc. Estos factores hacen que nuestra planta exterior sea ineficiente; además de ser insuficiente para los crecimientos debido al proceso de digitalización del país. [34]

Según datos obtenidos de la Unidad de Negocios de la Red (UNR) de nuestra empresa ETECSA, el costo por línea de las distintas centrales públicas de conmutación existentes en nuestro país, teniendo en cuenta el costo de los rectificadores, las baterías, el clima, el bastidor principal de distribución (Main Distribution Frame, MDF) y la transmisión, es el mostrado en la tabla 2:

Central de conmutación	Costo por línea (MLC)
Alcatel, 1000E10	220
Ericsson, AXE 10	200
Telecom Italia, UT-100	200
GDT China, HJD04DM	180

Tabla 2: Costo por línea de las centrales públicas instaladas en Cuba.

En los costos por línea de la tabla anterior, no se tiene en cuenta las necesarias reparaciones y ampliaciones de la planta exterior.

En la Tabla 3 se observa una comparación entre las tecnologías más utilizadas para el acceso a los clientes; donde se ofrece una idea del costo de estas tecnologías, ya que la tendencia actual en sus precios ha sido disminuir proporcionalmente en todas ellas. Aunque el acceso mediante modems de alta velocidad (x Digital Subscriber Line, xDSL) demuestra ser económicamente factible en relación a las soluciones de fibra óptica, cable coaxial y cable de cobre acondicionado con repetidores, la mejor solución sería mediante una red de acceso inalámbrica como la utilizada por las redes de telefonía celular basadas en el estándar GSM. [35]

Alternativas.	Costo.	Tiempo de Inst.
Fibra Óptica	> \$ 20 000 / milla	Meses
Cable Coaxial	> \$ 10 000 / milla	Meses
Cable de cobre acondicionado con repetidores	> \$ 5 000 / milla	Semanas
xDSL	> \$ 500 / milla	Horas
GSM	-	-

Tabla 3: Referencias de costo por milla de diferentes tecnologías en el acceso.

En Cuba, los costos por kilómetro de la fibra óptica, incluyen: cable, empalmes, bastidores de distribución ópticos (Optical Distribution Frame, ODF) y de instalación. Además de poder añadirse los costos por concepto de transmisión. Por ejemplo: Un cable óptico de 12 fibras tiene un precio 2,2 dólares por metro, los empalmes se realizan cada 4 km aproximadamente, la fibra hay que terminarla en ODF en cada extremo del enlace, y la instalación depende si la misma se realizará con el tendido de la fibra aérea o soterrada.

La Tabla 4 ilustra los precios de instalación de la fibra óptica, con un promedio de \$4400 / km en un enlace sin empalmes. A esto se le podría sumar \$250 / empalme cada 4 km, y posteriormente considerar el equipamiento de transmisión que servirá de transporte a la información.

Detalles	Costo (USD)	Observaciones
Cable	2200 USD/Km	Cable de 12 fibras ópticas
Empalme	250 USD/empalme	Un empalme cada 4 Km

ODF	1200 USD/enlace	600 USD cada extremo
Instalación aérea	930 USD/Km	
Instalación soterrada	1480 USD/Km	
Totales	4330 USD/Km	Aérea sin empalmes
	4480 USD/Km	Soterrada sin empalmes

Tabla 4: Costos para Cuba de instalación de la fibra óptica.

Por otra parte, si utilizamos una red de comunicaciones móviles basada en el estándar GSM, evitamos los costos de planta externa, y se eleva rápidamente la densidad telefónica de Cuba.

Ahora, si bien no se encuentran disponibles las justificaciones de negocios de los operadores, funcionarios jerárquicos de importantes operadores móviles que han adoptado GSM, frecuentemente citan los menores costos de la infraestructura GSM como un factor fundamental en su decisión.

La ampliación de la red GSM de CCOM, será la opción más idónea para aumentar la densidad telefónica de nuestro país, ya que sus costos por líneas son similares a los de la red fija, y posee una altísima velocidad de implementación. Y mucho más ahora, que dicha red de CCOM en unión de Cubacel, han pasado a formar parte de nuestra empresa, denominándosele como la Unidad de Negocio Móvil (UNM) de ETECSA.

La estrategia cubana de fusionar los operadores celulares con el operador de telefonía fija, estuvo encaminada a lograr una fuerte expansión telefónica en el país, a partir de una tecnología matizada por una gran aceptación a nivel mundial, por su versatilidad, fácil implementación y las ventajas desde el punto de vista de costo de inversión por abonados; sin dejar de lado los objetivos que inicialmente promovieron la creación de la empresa ETECSA, para el desarrollo tecnológico del país, a través de la digitalización de la red de conmutación, el desarrollo de una red de transporte confiable, el desarrollo de una red de datos y la modernización de los enlaces internacionales.

Alternativas de equipamientos.

Las alternativas de equipamiento obedecen a diferentes factores, tanto técnicos como económicos, además de responder a necesidades concretas de su utilización. Dicha selección está relacionada con el fabricante, las relaciones comerciales con los

países que ofertan el equipamiento, garantía de contratos postventa para reparaciones, capacitación del personal, actualizaciones de versiones de software, tecnologías con mejores prestaciones, capacidades del mismo, aplicación específica, política de precios, facilidades de pago e integración del nuevo equipamiento con el existente en la red de telecomunicaciones.

Para una misma tecnología, diferentes fabricantes dan soluciones similares y luego de una evaluación técnica del mismo, los factores económicos tienden finalmente a decidir.

3.2. Tareas a desarrollar para la expansión de la red GSM de Cuba.

La expansión y modernización de la red GSM en Cuba debe ser un proceso continuado por muchos años, para el cual se deben disponer una serie de metas que nos permitan lograr un avance significativo en el nivel de penetración telefónica en el país, además de dar soporte a clientes con perfiles variados, tales como: clientes MLC (Moneda Libremente Convertible) y clientes roamer (El concepto de roamer en este caso, se refiere específicamente a los clientes celulares cuyas numeraciones pertenecen a otras redes o países, los cuales están de tránsito en nuestro país y utilizan como soporte la red GSM de Cuba).

El primer paso para elevar la cantidad de teléfonos por cada 100 habitantes en nuestro país, constará de dos etapas. La primera etapa, para ser ejecutada durante el primer semestre del año 2004; y la segunda, para implementarla en el segundo semestre del mismo año.

Primera etapa.

El objetivo de esta primera etapa, además de aumentar la densidad telefónica del país, será lograr la cobertura GSM en las principales ciudades y polos turísticos de Cuba, alcanzando con ello una presencia nacional en el servicio de telefonía móvil GSM, puesto que en estudios realizados se obtuvo que el primer lugar en quejas lo tiene la demanda de ampliación de cobertura nacional.

Para cumplir el objetivo trazado, proponemos que primero se seleccionen los sitios para la ubicación de las BTS. Esta selección debe realizarse bajo las premisas de cobertura, bajo costo de inversión y rápida implementación.

Para la ejecución de las obras civiles y de planta exterior de cada una de las estaciones de radio, se deben contratar proyectos “llave en mano” que incluirán desde la gestión de azoteas hasta el montaje de torres o mástiles.

Se debe llevar la transmisión hasta los puntos donde se instalen BTS, utilizando de forma combinada la red de transmisión de ETECSA y enlaces nuevos.

A la hora de seleccionar el equipamiento a utilizar en la ampliación de la red GSM de Cuba, se deben analizar las soluciones de varios fabricantes; y luego de realizadas las evaluaciones técnicas de cada uno de ellos, tomar los suministradores que obtengan resultados positivos de dicha evaluación técnica, y decidir cual o cuales de ellos serán adquiridos, en función de las relaciones comerciales con los países que ofertan el equipamiento, las facilidades de pago que brinden y la integración del nuevo equipamiento con el existente en la red de telecomunicaciones.

Después de haber planteado el proceder a seguir en esta primera etapa de expansión de nuestra red GSM, y estudiar profundamente los posibles suministradores de la tecnología GSM a utilizar en la ampliación de la red; creemos importante realizar una propuesta técnica, que sea de gran ayuda para la ejecución del proyecto de brindar cobertura nacional, al mismo tiempo que se aumenta la densidad telefónica de nuestro país.

En dicha propuesta, dividiremos al país en tres zonas para cobertura de radio: occidente, oriente 1 y oriente 2. La cobertura de radio del occidente se logrará con 23 BTS Ericsson, la del oriente 1 se logrará con equipos de radio HUAWEI (6 BTS y 1 BSC), y la del oriente 2, con equipos de radio ZTE (8 BTS y 1 BSC).

En la Figura 11 se pueden ver las áreas de cobertura a lograr en esta primera fase de ejecución del proyecto en el primer semestre del 2004, donde quedarían cubiertas todas las capitales provinciales y los polos turísticos más importantes de nuestro país.

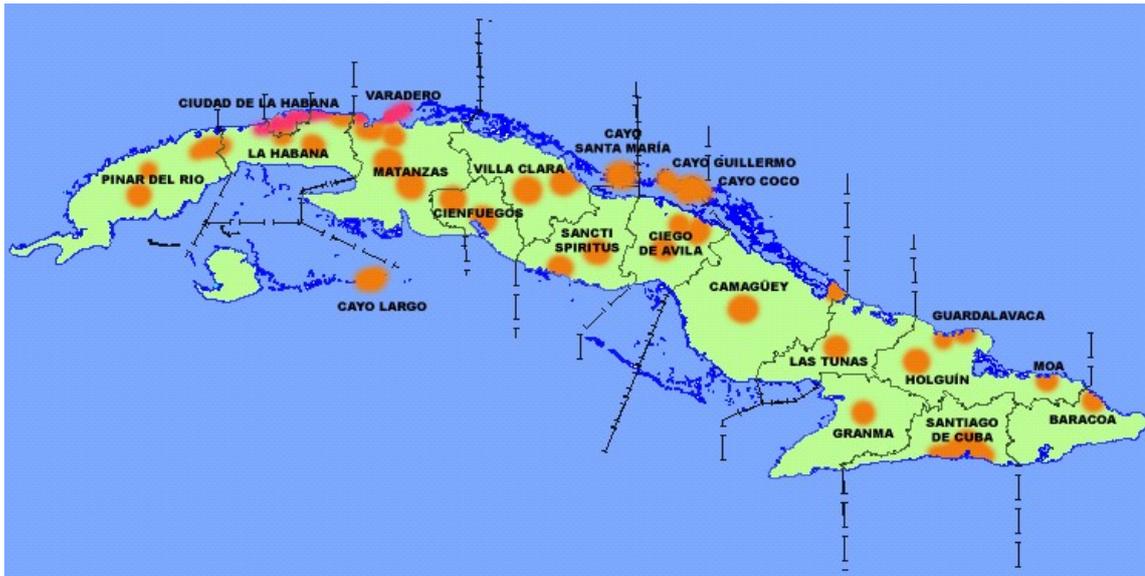


Figura 11: Cobertura a lograr en el primer semestre del año 2004.

Los sitios donde deben ponerse las nuevas 37 BTS aparecen en la tabla 5 que aparece en los anexos.

En las tablas 6, 7 y 8 de los anexos, se muestran los precios desglosados de toda la inversión a realizar en la primera etapa, según nos ofertó la sociedad anónima GKT y COPEXTEL. En dichas tablas aparece una descripción del dispositivo adquirido, su precio, el suministrador que lo provee y algunas observaciones de interés. Ahora, si sumamos la inversión a realizar con GKT y la de COPEXTEL, veremos que el total del monto a invertir asciende a 6 116 894,85 dólares.

De acuerdo con la inversión, las capacidades adicionales disponibles por provincias por aumento de cobertura, se ofrecen en la tabla 9, y ascienden en total a 33 140 abonados (exceptuando a Ciudad de la Habana).

Provincia	Abon. MN	Abon. MLC	Roamer	Total
Pinar del Río	1623	487	516	2626
La Habana	1415	413	617	2445
Matanzas	3887	807	782	5476
Cienfuegos	899	241	322	1462
Villa Clara	1097	312	983	2392
Sancti Spíritus	1146	294	367	1807
Ciego de Ávila	1794	505	1556	3855

Camaguey	1119	285	351	1755
Las Tunas	1395	279	186	1860
Holguín	1623	424	877	2924
Granma	658	131	87	876
Santiago de Cuba	3192	830	1055	5077
Guantánamo	307	102	176	585
Total	20 155	5 110	7 875	33 140

Tabla 9: Capacidades adicionales disponibles por provincias en la primera etapa.

En el caso específico de Ciudad de la Habana, debido a que la red a finales del 2003 estaba siendo utilizada prácticamente a máxima capacidad (23000 clientes activos diariamente, de 27033 posibles), no se aumentó en abonados de moneda nacional (MN), y las inversiones se orientaron a roamers (8000 abonados) y abonados MLC (15 000).

Si la inversión se ejecuta como se propone, la población de Cuba cubierta por celdas GSM ascenderá al 44,7 % (5 024 144 habitantes de 11 243 358 en el territorio nacional), y se cubrirá un área equivalente al 15,4 % del territorio nacional (17 669 Km² de 114 525 Km² de territorio nacional). Además, al concluir esta primera etapa de inversiones, la densidad telefónica del país se elevará hasta 6,91 teléfonos por cada 100 habitantes; y el costo por línea será de 109 dólares aproximadamente.

Segunda etapa.

A comienzos de este año 2004 se inició el despliegue de la red correspondiente al plan de inversiones del primer semestre, que debe concluir con la instalación de las 37 BTS a instalar en todo el país, de forma tal que se cumpla el gran reto de llevar la cobertura GSM a nivel nacional.

Al mismo tiempo, se debe trabajar intensamente en el planeamiento y concepción de los nuevos sitios a instalar, correspondientes al plan de inversiones del segundo semestre del 2004, donde se debe lograr una interacción muy estrecha entre distintas áreas de la empresa, tales como: el departamento de mercadotecnia de la Unidad de Negocio de Cliente (UNC), y la gerencia de planeamiento de la red de la UNR.

La inversión de esta segunda etapa debe aprovechar la cobertura obtenida en la primera etapa propuesta, y expandirla, con el objetivo fundamental de incrementar las capacidades de líneas en servicio a nivel nacional.

Para poder lograr una expansión de la red que sea efectiva para nuestro propósito de elevar la densidad telefónica de nuestro país, debemos seguir determinados procedimientos metodológicos. Por esta razón, proponemos que el trabajo de planeamiento de la red móvil GSM, en la identificación y comprobación de los sitios, se conciba de la siguiente manera:

1. Identificación de los nuevos sitios a partir de estudios de clientes, donde se tengan en cuenta necesidades móviles y necesidades sociales.
2. Obtención de datos generales como: coordenadas, existencia de torre, etc., para el cálculo de cobertura esperado por los nuevos sitios celulares.
3. Interacción con las filiales de clientes en los territorios.
4. Recepción de los informes de las filiales de clientes de los territorios.
5. Ajuste y definición de la lista de los nuevos sitios técnicos propuestos en el plan de la segunda etapa, y contratación de los equipos y servicios para la ejecución de la inversión.

El profundo e intenso trabajo a realizar debe lograr involucrar a muchas partes, de manera que los resultados finales sean los más adecuados a los objetivos propuestos. A continuación se explicarán cada uno de los pasos anteriormente mencionados.

Identificación de los nuevos sitios a partir de estudios de clientes, donde se tengan en cuenta necesidades móviles y necesidades sociales.

El primer paso en el trabajo de planeamiento debe consistir en la definición de los objetivos o los criterios bajo los cuales se decidirá la ubicación de los sitios técnicos donde deben colocarse las estaciones de radio. Estos criterios deberán estar enfocados al objetivo de la estrategia de fusión entre operadores móviles y operador fijo, que está encaminada a una unión que beneficie a todas las partes, con la cual se obtendrá una adecuada razón de dividendo y al mismo tiempo los nuevos servicios contribuirán a disminuir los problemas de penetración y ausencia de servicios telefónicos en muchos lugares del país.

Bajo estas premisas hemos definido dos tipos de intereses: los intereses móviles y los intereses sociales. El interés móvil o interés de la Unidad de Negocio Móvil responderá igualmente a ambos intereses, que serán finalmente los intereses de la empresa y por ende del país.

- Intereses sociales: Son aquellos que tienen relación con la solución a las demandas insatisfechas de servicios telefónicos.
 - Ciudades con nivel de penetración menor que el 1 %.
 - Poblados con más de 300 habitantes, sin servicios telefónicos.
 - Ciudades y poblados donde se desarrollan planes y programas de la Revolución, y hay problemas con el servicio telefónico.
 - Ciudades y poblados con alto índice de terminación de llamadas internacionales.
 - Poblados que quedarían bajo la cobertura celular y en los que existan servicios soportados por tecnologías obsoletas, que encarecen el costo de mantenimiento.
- Intereses móviles: Son aquellos que tienen relación con brindar cobertura a lugares con mayor probabilidad de generar tráfico en MLC y de itinerancia.
 - Zonas Turísticas.
 - Ciudades de soporte a zonas turísticas.
 - Carreteras importantes (autopista, carretera central, vía de acceso a ciudades turísticas).
 - Aeropuertos.

La combinación de ambos intereses será quien determine, a la hora de elección de los nuevos sitios.

Otro elemento a tener en cuenta, que ayudará significativamente a disminuir el costo de inversión y el de mantenimiento de estos sitios, una vez que estén en operación, es la ubicación de los mismos en lugares donde existan instalaciones

técnicas, y por tanto no sea necesaria una inversión adicional por concepto de construcción civil, acometida eléctrica, torres, facilidad de transmisión y otros.

Los municipios con penetración telefónica menor del 1%, deben ser la punta de lanza del trabajo inicial para la identificación de las localidades con problemas en el servicio telefónico. Por otro lado, los lugares cuyas coberturas beneficie a zonas donde presuntamente se genere tráfico proveniente de clientes con servicios en MLC, deben también ser priorizados en el análisis.

Teniendo en cuenta todos los factores antes mencionados para la identificación de los sitios donde se deben montar las BTS, proponemos una lista inicial de 40 radio bases, originada básicamente a partir de datos de demandas insatisfechas de servicios telefónicos, donde están bien identificados una serie de municipios a lo largo de todo el país que tienen una densidad telefónica menor que el 1% (ver informe anual del departamento de información y estadísticas de ETECSA). También se tuvo en cuenta, los estudios realizados por el área de marketing, en cuanto al índice de satisfacción de los clientes de esta tecnología.

Esta aproximación inicial, con un nivel de exactitud aceptable, será el punto de partida para el trabajo a realizar. A continuación se ofrece la lista de las 40 radio bases propuestas:

Provincia	Ubicación	Provincia	Ubicación
Pinar del Río	La Bajada	Sancti Spíritus	Tope de Collantes.
	Sandino.		Cabaiguán.
	La Capitana.		Jatibonico.
	Consolación.	Ciego de Ávila	Gaspar.
	Bahía Honda.	Camaguey	Centro Televisión
La Habana	Artemisa		Florida.
	Loma El Esperón		Sibanicú
	San Antonio de los Baños		Guaímaro

	Güines.	Las Tunas	Puerto Padre
	Mariel.		Jobabo.
Ciudad Habana	Loma de Guanabacoa.	Holguín	Banes.
	Alamar.		Sagua de Tánamo.
	Cotorro.		Gibara.
Matanzas	Ciudad (TVYumurí)	Granma	Manzanillo
	Playa Girón.		Marea del Portillo
Cienfuegos	Centro Telefónico.	Santiago Cuba	Palma Soriano
	Rodas.		Songo-La Maya
	Cruces.	Guantánamo	Centro Telefónico
Villa Clara	Santa Clara Centro Telefónico.	Isla de Juventud	Sierra Caballos
	Sagua La Grande.		
	Encrucijada.		

Obtención de datos generales como: coordenadas, existencia de torre, etc., para el cálculo de cobertura esperado por los nuevos sitios celulares.

En este paso, se debe contar con el apoyo de los especialistas del área de planeamiento de la UNR y los de la empresa Radio Cuba, para que nos brinden los datos necesarios para la ubicación exacta de las radio bases, así como la altura del sistema de radiación, que se utilizará en el software de predicción de cobertura.

El software de predicción de cobertura a utilizar, debe ser el Plan2000 versión V3.1., ya que el mismo es propiedad de la antigua Cubacel.SA, que ahora forma parte de la Unidad de Negocio Móvil de ETECSA. Dicho software, realiza los cálculos de la cobertura esperada, a partir de los datos de las radio bases, aplicando modelos de propagación muy conocidos como el OKUMURA-HATA. Adicionalmente, utiliza una base de datos en formato GIS (Geographical Interface System) que es obtenida a

partir de los mapas digitales en formato MapInfo; y los mapas utilizados para la conversión MapInfo – GIS, son los que tiene disponibles la empresa GeoCuba.

Basándonos en lo anteriormente planteado, realizamos una prueba con los especialistas de planeamiento de la UNM, donde se obtuvieron los mapas de coberturas para todas las provincias, incluyendo el municipio especial Isla de la Juventud. Después, realizamos un trabajo donde se identificaron las coberturas obtenidas con los datos iniciales acerca de los municipios con penetración telefónica menor al 1%. Los resultados obtenidos fueron:

Provincia	Municipio	Penetración	Cobertura
Santiago de Cuba	Songo la Maya	0.51	Con cobertura
	Il Frente	0.64	Sigue sin cobertura en esta nueva distribución.
	Guamá	0.65	Con cobertura
Holguín	Calixto García	0.56	Con cobertura
	Sagua de Tánamo	0.76	Con cobertura
	Gibara	0.78	Con cobertura
	Báguanos	0.97	Con cobertura
Granma	Guisa	0.69	Con cobertura
	Campechuela	0.79	Con cobertura
	Yara	0.67	Con cobertura
	Bartolomé Masó	0.79	Con cobertura
	Manzanillo	0.79	Con cobertura
Guantánamo	Maisí	0.78	Sigue sin cobertura en esta nueva distribución
	Imías	0.76	Sigue sin cobertura en esta nueva distribución
	San Antonio del Sur	0.80	Sigue sin cobertura en esta nueva distribución
Las Tunas	Jobabo	0.82	Con cobertura
Camaguey	Vertientes	0.90	Con cobertura
	Najasa	0.86	Con cobertura
Pinar del Río	Los Palacios	0.93	Con cobertura
	La Palma	0.91	Con cobertura
	San Juan y Martínez	0.84	Con cobertura

Interacción con las filiales de clientes en los territorios.

Una vez que se tienen listos los mapas de cobertura, los mismos deben ser entregados a las filiales de cliente de cada territorio. El objetivo de esta interacción consiste en enriquecer y realizar un ajuste más profundo en la ubicación de las radio bases, de forma tal que se tengan en cuenta los últimos estudios de mercado y de demandas insatisfechas disponibles, y así posibilitar una realimentación que permita una solución más eficiente a las necesidades insatisfechas y al mismo tiempo a la estructura de la red.

Las orientaciones para que las filiales realicen este trabajo, se deben hacer mediante una videoconferencia a nivel nacional, donde se explique detalladamente el objetivo de esta actividad, así como el significado técnico de los mapas de coberturas.

Habiendo comprendido el significado técnico de los mapas de cobertura, cada filial territorial debe identificar en ellos, las áreas de cobertura que coincidían con los intereses móviles y sociales que anteriormente se definieron. Y para ello, cada localidad bajo la cobertura propuesta, se debe clasificar teniendo en cuenta los siguientes requisitos o prioridades:

1. Demanda MLC.
2. Polos turísticos.
3. Empresas MLC.
4. Carreteras principales.
5. Aeropuertos internacionales.
6. Municipios soportes de polos turísticos.
7. Cabeceras provinciales.
8. Comunidades mayores de 300 habitantes sin comunicación.
9. Municipio de baja densidad telefónica (menores de 1 %).
10. Plan turquino manatí.
11. Programas priorizados.
12. Lugares donde no exista proyección de planta exterior para los años 2004 y 2005.
13. Tráfico internacional de entrada (minutos por línea).

Ahora, el trabajo debe concluir con las sugerencias de cada una de las filiales, acerca de posibles re configuraciones de la red, que conlleven a una mayor eficacia del diseño final de la misma.

Recepción de los informes de las filiales de clientes de los territorios.

Los datos que deben aportar las distintas filiales de cliente estarán cargados de un potencial muy elevado de información, que sin duda alguna nos sugerirán cambios de

manera muy exacta en la ubicación de las BTS, que no se tuvieron en cuenta en el trabajo inicial.

Ajuste y definición de la lista de los nuevos sitios técnicos propuestos en el plan de la segunda etapa, y contratación de los equipos y servicios para la ejecución de la inversión.

Después de procesados los datos enviados por los territorios, se debe realizar un ajuste al lugar de ubicación de las radio bases, y definir finalmente cual será la ubicación de cada una de las BTS, para la ejecución de las inversiones móviles de esta segunda etapa. Es casi seguro, que deberán realizarse algunas re ubicaciones de sitios inicialmente propuestos, e incluir otros sitios que no fueron considerados en la variante original.

Por otro lado, es bueno señalar que los repetidores distribuidos a lo largo y ancho del país, no han sido tenidos en cuenta, ya que los mismos son elementos de baja potencia y son utilizados fundamentalmente en lugares donde hay una cobertura deficiente. Además, los repetidores son elementos que utilizan los mismos recursos de las radio bases, por lo que son equipos que no incorporan capacidad adicional a la red.

Propuesta de inversión para la segunda etapa.

Si partimos de que los informes de las distintas filiales territoriales, no ofrecieron cambios en la ubicación de las 40 nuevas radio bases a instalar, mencionadas en nuestra propuesta inicial; entonces podemos elaborar una propuesta de plan que sea consistente con la política del MIC de desarrollar aceleradamente la penetración telefónica utilizando la tecnología móvil GSM en volúmenes significativos y crecientes.

Para ello, lo primero es mostrar las áreas de cobertura (ver Figura 12) a lograr en esta segunda fase de ejecución del proyecto, durante el segundo semestre del 2004, donde se debe ampliar la cobertura nacional obtenida en el primer semestre e incrementar las capacidades de líneas.

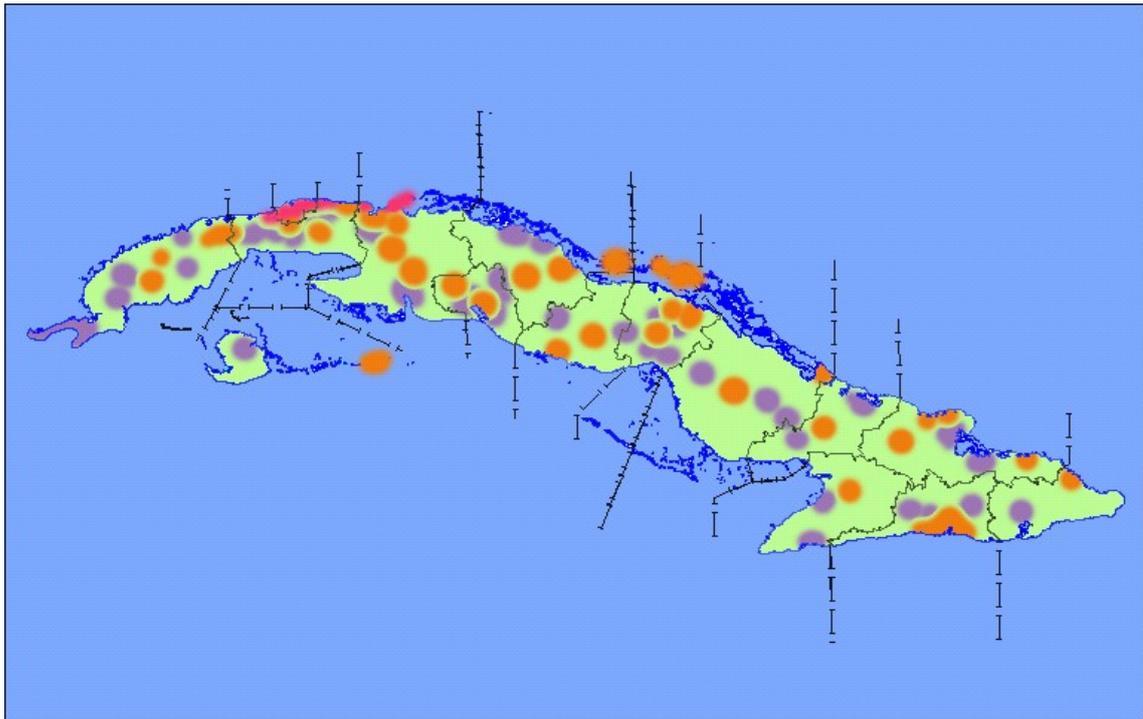


Figura 12: Cobertura a lograr en el segundo semestre del año 2004.

En la tabla 10 mostrada a continuación, se ofrece un estimado del costo de la inversión a realizar en la segunda etapa, obtenido mediante un análisis promedio de diferentes suministradores. Es importante decir que esta primera versión detallada del presupuesto está sujeta a negociación con los suministradores, por lo que se tiene el criterio de que los costos deben ser inferiores a los estimados.

Artículo	Descripción	Costo estimado
HLR Stand Alone		\$3.162.000,00
Ampliación MSC actual		\$121.542,00
Ampliación BSC actual		\$262.330,00
OSS		\$27.468,00
Transmisión		\$481.348,00
BTS		\$5.990.872,00
BSC 2	BSC/TRC 336 (16K)	\$1.122.000,00
MSC 2	MSC/VLR (32K) 3000 Erlang	\$2.268.000,00
GSM Release 9	Upgrade a Release 9	
GPRS	PCU, SGSN, GGSN	\$1.000.000,00
Respuestas		\$437.002,00
Terminales		\$5.565.300,00
Instrumentos y herramientas		\$115.000,00
Transporte		\$288.500,00
Sub-Total Red		\$20.841.362,00
Sistema de Pre-pago	Plataforma de Pre-pago	\$5.000.000,00
SMSCenter (Ampliación)		\$682.000,00

Plataforma de Servicios a roamers		\$262.598,00
Licencias Sistemas Billing & Collection		\$424.000,00
Voice Mail Service		
Infraestructura		\$1.143.500,00
Customer Relationship Management (CRM)		\$500.000,00
Desarrollos externos		\$650.000,00
Herramientas de Desarrollo		\$137.098,00
Centro de Servidores		\$400.000,00
Sub-Total II		\$9.199.196,00
Total		\$30.040.558,00

Tabla 10: Costos estimados de la inversión propuesta en la segunda etapa.

Es necesario instalar una segunda MSC en el centro-oriental del país, para no hacer depender de una sola central a cerca de 100 mil usuarios, ya que una interrupción en la única central, si sucediera, interrumpiría al país completo. Además, se ahorrarían cuantiosos recursos y costos de transmisión con la segunda MSC, puesto que al conmutarse el tráfico centro-oriental en una zona geográficamente cercana a los usuarios, no se traería “back-traffic” a Ciudad de la Habana.

El GPRS contemplado no es necesario para conectividad, sino para prestar servicios de itinerancia GPRS, ampliamente empleados en el mundo, lo que ingresaría, según cálculos del departamento de mercadotecnia, un millón de dólares en 18 meses, pagándose dicha inversión de inmediato.

Según esta nueva inversión de la segunda etapa, las capacidades adicionales disponibles por provincias, por expansión de tráfico (65 ch HR) de la red a realizar en la primera etapa, se ofrecen en la tabla 11, y ascienden en total a 38 232 abonados (exceptuando a Ciudad de la Habana). Además, la instalación de las 40 nuevas BTS de esta segunda etapa, logrará una capacidad adicional por expansión de cobertura de 64 194 abonados (ver tabla 12).

Provincia	Abon. MN	Abon. MLC	Roamer	Total
Pinar del Río	4111	660	1015	5786
La Habana	1015	508	135	1658
Matanzas	2538	575	947	4060
Cienfuegos	2081	558	744	3383
Villa Clara	2538	508	338	3384
Sancti Spíritus	1523	305	203	2031
Ciego de Ávila	2538	643	1557	4738

Camaguey	1523	305	203	2031
Las Tunas	756	151	101	1008
Holguín	2233	677	1827	4737
Granma	1523	305	203	2031
Santiago de Cuba	1523	305	203	2031
Guantánamo	711	237	406	1354
Total	24613	5737	7882	38232

Tabla 11: Capacidades adicionales por expansión de tráfico.

Provincia	Abon. MN	Abon. MLC	Roamer	Total
Pinar del Río	3671	1854	1150	6675
La Habana	7013	3825	1913	12751
Matanzas	1273	397	645	2315
Cienfuegos	2161	1079	688	3928
Villa Clara	3087	1684	842	5613
Sancti Spíritus	2483	1354	677	4515
Ciego de Ávila	1108	604	302	2015
Camaguey	3784	2064	1032	6880
Las Tunas	1243	678	339	2260
Holguín	1634	891	446	2972
Granma	1695	940	1049	3684
Santiago de Cuba	2387	1302	651	4340
Guantánamo	2557	1395	697	4649
Isla de la Juventud	879	479	240	1598
Total	34,976	18,547	10,670	64,193

Tabla 12: Capacidades adicionales por expansión de cobertura en la segunda etapa

En el caso de Ciudad de la Habana, las capacidades adicionales disponibles fueron por aumento de tráfico HR y 3 BTS que se instalaron, lo cual ofrece 13 000 abonados de moneda nacional, 10 600 abonados MLC, y 1400 abonados roamers, para un total de 25 000 abonados adicionales en la capital.

En la tabla 13, se brinda un resumen de las capacidades de abonados logradas en las dos etapas propuestas, y el monto de la inversión en cada una de ellas dado en millones (MM) de dólares. Con estos dos datos se ha podido calcular el costo por línea de cada etapa de forma independiente, y el costo por línea de ambas etapas en su conjunto.

	1ra etapa			2da etapa			TOTAL	
	Prov	CH	Sub-Tot	Increment.	Prov	CH		Sub-Tot
MN	20.155		20.155	24.613	34.976	13.000	72.589	92.744
MLC	5.110	15.000	20.110	5.737	18.547	10.600	34.884	54.994
Roamers	7.875	8.000	15.875	7.882	10.670	1.400	19.952	35.827
Total	33.140	23.000	56.140	38.232	64.193	25.000	127.425	183.565
Inversión MM			\$6,10				\$30,00	\$36,10
Costo / línea			\$108,65				\$235,43	\$196,66

Tabla 13: Abonados totales y costo por línea.

Ahora, si la inversión es ejecutada como se ha propuesto, la población de Cuba cubierta por celdas GSM ascenderá hasta 58,8 % (6 612 799 habitantes de 11 243 358 en el territorio nacional), y se cubrirá un área equivalente al 32 % del territorio nacional (36 725 Km² de 114 525 Km² de territorio nacional). Además, al concluir esta segunda etapa de inversiones, la densidad telefónica del país se elevará hasta 8,04 teléfonos por cada 100 habitantes; y el costo por línea de las dos etapas en su conjunto será de 197 dólares aproximadamente.

3.4. Conclusiones parciales.

En este capítulo se ha propuesto una metodología, que se considera necesaria para lograr la correcta expansión de la red GSM de Cuba. En la misma, se indican un grupo de tareas a seguir, que deben contribuir a la correcta selección de los sitios de las BTS, de forma tal que se logre el mejor despliegue, que garantizará una cobertura nacional y elevar la densidad telefónica de forma rápida.

ETECSA cuenta con las condiciones técnica necesarias para realizar una inversión inmediata que expanda la red GSM. El costo estimado de dicha inversión es similar al necesario para expandir la red de telefonía fija, con la diferencia de que el tiempo

necesario para expandir la red GSM, es mucho menor; además de no necesitar de la planta externa en el acceso.

Se ha demostrado que la política seguida por ETECSA de adquirir a los operadores celulares del país, puede lograr una fuerte expansión telefónica (elevaría la densidad telefónica hasta 8,04 en solo un año) a nivel nacional, utilizando la tecnología GSM que cuenta con gran aceptación a nivel mundial.

Conclusiones y recomendaciones.

Conclusiones.

El plan presentado es consistente con la política del MIC de desarrollar aceleradamente la penetración telefónica, utilizando la tecnología móvil en volúmenes significativos y crecientes.

El trabajo realizado nos permitió conocer mejor el estándar de comunicaciones móviles GSM. Además, hemos conocido la organización interna de GSM a nivel de subsistemas, tal y como se explica en las especificaciones. También, se han visto las características del canal de radio y en ellas se han podido conocer sus parámetros fundamentales.

Hemos cumplido con los objetivos a que se aspiraban en un inicio, y por ende, se ha logrado elaborar una propuesta de ampliación de la red GSM de Cuba, para ser implementada en el año 2004, que permita elevar de forma rápida, la densidad telefónica de nuestro país.

Del estudio realizado se obtuvo una metodología, que se considera pueda acelerar el proceso de expansión de la red GSM de Cuba. Y se estima, que de seguirse un grupo de tareas indicadas en dicha metodología, pueda elevarse de forma rápida la densidad telefónica de Cuba.

El costo de una red GSM no es barato a simple vista, pero si consideramos lo que aumenta la rentabilidad por unidad de dólar invertido, llegaremos a la conclusión de que es altamente rentable. Además, es la vía más rápida de elevar la densidad telefónica del país, y al mismo tiempo, tener un rápido retorno de la inversión realizada.

Una vez realizada toda la inversión de las dos etapas en el año 2004, quedará aumentada la capacidad de nodos y de plataformas, lo cual reducirá la inversión necesaria de 2005 en adelante, prácticamente a la parte radio, permitiéndose grandes incrementos de líneas e inversiones por línea bien inferiores a 200 dólares (crecimiento futuro garantizado).

Se ha demostrado que la política seguida por ETECSA de adquirir a los operadores celulares del país, puede lograr una fuerte expansión telefónica (elevaría la densidad

telefónica hasta 8,04 en solo un año) a nivel nacional, utilizando la tecnología GSM que cuenta con gran aceptación a nivel mundial.

Desde el punto de vista profesional, el trabajo permitió el desarrollo de habilidades en el planeamiento de redes celulares basadas en GSM, el uso de programas de simulación de cobertura, la consulta de literatura en idioma inglés y la reafirmación de conocimientos adquiridos en asignaturas cursadas a lo largo de la maestría.

Recomendaciones.

Para lograr la continuidad de los objetivos propuestos, es importante señalar algunas recomendaciones:

- Aplicar la metodología propuesta en el capítulo 3 para lograr una eficaz expansión de la red GSM de Cuba.
- Desarrollar un futuro trabajo de continuación, donde se trate nuevamente el tema de seguir elevando la densidad telefónica de Cuba.
- Mantener el monitoreo sobre el estándar GSM y sus nuevas tendencias que aparezcan en el mercado mundial.
- Crear alrededor de 90 puestos de venta en las oficinas comerciales de ETECSA, para poder vender las aproximadamente 92 mil líneas MN que se ofrecerán durante el año 2004. Además, se debe capacitar al personal correspondiente, habilitar el puesto de venta y entrenar al personal en el sistema de aprovisionamiento.
- Analizar y tomar decisiones sobre la posibilidad de emplear capacidades de telefonía móvil para la instalación de teléfonos públicos, y dar cumplimiento al plan de los 50 000 teléfonos en un periodo sustancialmente inferior al inicialmente planificado.
- Instrumentar un curso de pos-grado sobre el estándar GSM, su empleo en Cuba y servicios que ofrece.

Referencias bibliográficas.

[1] UIT. Informe sobre el desarrollo mundial de la telecomunicaciones 2003: Indicadores de acceso para la sociedad de la información: Resumen de conclusiones.- [Ginebra], 2003.—28 pag.

[2] GSM association: membership & market statistics. Citado: URL:http://gsmworld.com/news/statistics/stats_03.pdf [Consultado: mayo,2003]

[3] Teng, Pey-Ling; Chiu Ching-Yuang,Wong,Kin-Lu. Internal planar monopole antenna for GSM/DCS/PCS folder-type mobile phones. Microwave and Optical Technology Letters. 39 (2): 106-108; Oct 20 , 2003.

[4] Ares Salguero, Roberto. Sistemas radioeléctricos. Servicios móvil GSM, wireles y CDMA/ Roberto Ares Salguero: En: Enlaces, redes y servicios.—1998 ed.—Buenos Aires: Italtel, 1998.—pag. 393- 402

[5] Yacoub, Michel Daoud. Wireless technology: protocols, standars, and techniques/ Michel Daoud Yaccoub. – USA : CRC Press, 2002.-- 544p.

[6] Se termina la era analógica en la telefonía móvil en España Citado: URL:<http://www.gsmonline.com/modules.php?name=news&file=article&sid=1> [Consultado: febrero28,2004]

[7] Kimuli, P. Introduction to GSM and GSM mobile RF transceiver derivation. R.F. Design. 26 (6): 12-21; Jun., 2003.

[8] Long, Yu. Radio network optimum scheme in GSM mobile system. Tianjin Communications Technology. (1): 20-52; Mar, 2003.

[9] Mesa Rodriguez, Elbert. El sistema GSM, su evolución y aplicación en Cuba / Elbert. Mesa.—La Habana : Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverria: Departamento de Telemática, 2003.--11 h.—Trabajo en Opción al Título de Diplomado en Telemática.

[10] Navío, Julio. Roaming de WLAN por GSM : Todos ganan. Comunicaciones (169) : 56 ; Jul. , 2002

[11] Olives, S. , P. Poiraud. WLAN pública para operadores móviles. Revista de Telecomunicaciones de Alcatel (4to trimestre 2003- 1er trimestre 2004): 114-120, 2003-2004.

[12] Ujaldon, Fernando. La batalla por la 3G aún no ha comenzado. 3GSM World Congress de Cannes. Comunicaciones (116) : 26 ; Abr.1,2002

[13] Pastor, Carmen ; Toñi Herrero. Los servicios móviles de tercera generación centran 3GSM world . Continua la tendencia hacia la empresa inalámbrica. Computer (919) : 6;Mar.!, 2002

[14] ETSI. GSM 02.07, Movil station feature (Phase 1); ETSI PT12, V3.4.1, 1992.

[15] Kahabka, Marc. Pocket Guide for fundamentals an GSM testing / Marc. Kahabka.—Alemania: Acterna Eningen GmbH,[s.a.].—55pag. Citado: URL: <http://www.acterna.com> .[Consulta: mayo,2004]

[16] Pérez, Marcos. GSM: Sistema Global para Comunicaciones Móviles/ Marcos Pérez. – [La Habana]: Dirección de Desarrollo y Asuntos Regulatorios, DDAR. -- ;Material de Curso.

[17] Yong-Feng, Zhao, He Fang-Bai. Monitoring for mobile application part in GSM mobile signaling network. Journal of Chongqing University of Posts and Telecommunication (Natural Science Edition). 15 (2): 41-44; Jun., 2003.

[18] Pearson, Chris. La proliferación de GSM 850 MHz y EDGE / Chris Pearson, Erasmo Rojas, 2003.—35pag.Citado: URL:<http://www.Gamericas.com>. [Consulta: mayo,2004]

[19] Gascon Zapata,Pilar. El GSM podría sumar 1000 millones de usuarios mundiales Citado: URL:<http://www.ahciet.net/moviles/noticias.asp?ednotic=7711> [Consultado febrero2,2004]

[20] Smith,Mark. Iraq connects to world with GSM mobile network. Citado URL:http://www.gsmworld.com/news/press_2003/press_14shtml . [Consultado: mayo16, 2003]

[21] Herrero, Toñi . Nortel estima el mercado de infraestructura de telefonía móvil en 60 000 millones de dólares para 2005. 3er.Congreso mundial GSM. Comunicaciones.

[22] Europa Press. Nokia amplia la red GSM de la operadora China Henan Mobile por 97 millones de euros Citada URL:<http://es.news.yahoo.com/040112/4/365as.html> [Consultada febrero 28, 2004]

[23] Yu Tzyy, Jessica. 3GSM momentum expands global opportunities for China's mobile industry leadership. Citado URL:http://www.gsmworld.com/news/press_2003/press_24shtml [Consultado: julio 30, 2003]

[24] Smith, Mark. GSM association applauds Anatel reaffirmation of its decision to safeguard 1.9 GHz for 3G. Citado: URL:http://www.gsmworld.com/news/press_2003/press_13.shtml [Consultado: abril 10, 2003]

[25] Herrero, Toñi. Nortel desvela su estrategia para el mercado de tecnología móvil GSM, UMTS y CDMA. Según anuncio en el 3er. Congreso Mundial GSM. Computer (919): 3; Mar.3, 2002

[26] Rodríguez, M^a Luisa. Internet en el centro del futuro de la tecnología GSM. Dealer. (77): 68; Feb., 15, 2000.

[27] Ryyanen, J., K. Kivekas, J. Jussila. A single-chip multimode receiver for GSM900, DCS1800, PCS1900, and WCDMA.. IEEE Journal of Solid-State Circuits. 38 (4): 594-602; Apr., 2003.

[28] Conexión a redes con GPRS. El siguiente paso en la evolución de GSM. Computer (925) : 32 ; Abr. 12 , 2002

[29] Downes, Richard. Terminales GSM para las Américas : Nuevas variedades y capacidades / Richard Downes.—48pag. Citado : URL: <http://www.3Gamericas.com> .[Consulta: mayo,2004]

[30] Alcatel introduce la familia de terminales móviles GSM, One Touch 3000. Computer (845) : 12 ; Sep.8, 2000

[31] Bechmarking Económico. – [La Habana]: Dirección de Estrategia y Calidad; enero, 2003. – PPP. Presentación Power Point.

[32] UIT. Indicadores básicos. En. Informe mundial de las telecomunicaciones.-- [Ginebra], 2003. pag. A1- A9.

[33] Ericsson. RBS2101,RBS2102 and RBS2202 description, 2001.—37pag. Citado:
URL: <http://www.ericson.com> [Consulta: mayo, 2004]

[34] ETECSA. Gerencia de Desarrollo Organizacional. Mapa de Responsabilidad.
Citado:URL: <http://www.tel.etecsa.cu>. [Consulta: mayo, 2004]

[35] García, Alberto. Proyección de soluciones xDSL en Cuba. [Tesis en opción al
Título Académico de Master en Telemática]. Departamento de Telemática. UCLV. Villa
Clara, 2003. 111 p.

Bibliografía.

- [1] ETECSA, Dirección de Desarrollo y Asuntos Regulatorios. Catálogo Estructura de la Red. Ciudad de La Habana. 2002, 41 p.
- [2] González, Baudilio. Proyecciones para la implementación del servicio IP con soporte MPLS en la Red Pública de Datos de ETECSA (CUBADATA). [Tesis en opción al Título Académico de Master en Telemática]. Departamento de Telemática. UCLV. Villa Clara, 2003. 85 p.
- [3] Bates, Regis J. Broadband telecommunications handbook/ Regis J. Bates. - 2nd ed.-- USA: McGraw-Hill, 2002. --p. 391-434.
- [4] Señalización G.S.M. : folleto de curso. --/ s.l./ : Universidad Politécnica de Madrid. -- /s.a. /. – 107p.
- [5] Alcatel. Introducción a la red Alcatel GSM 900/ 1800/ 1900./ Alcatel: Alcatel University. – 154p.
- [6] C-COM. Comunicaciones celulares. Productos y servicios de C-COM. Citado:URL: <http://www.ccom.cu> [Consulta: mayo, 2004]
- [7] Pearson, Chris. GSM para operadores móviles rurales y regionales / Chris Pearson, 2003.—29pag. Citado: URL:<http://www.3Gamericas.com>. [Consulta: mayo,2004]
- [8] Ares Salguero, Roberto. Proyecto de Radio enlaces. Cálculo de radio enlaces digital/ Roberto Ares Salguero: En: Enlaces, redes y servicios.—1998 ed.— Buenos Aires: Italtel, 1998.—pag. 421- 431
- [9] Richard, P., K.N. bin Mohamed Taka. Cómo los servicios pueden hacer de su red móvil la primera red del país. Revista de Telecomunicaciones de Alcatel (4to trimestre 2003- 1er trimestre 2004): 109-113, 2003-2004.
- [10] ETSI. GSM 04.04, Digital cellular telecommunications system (Phase 2+); Layer 1; General requirements / ETSI Technical Specification 100 936, V8.1.1, 2001.
- [11] Junwicz, Gaby. Coexistencia pacífica entre Redes GSM y UMTS. Comunicaciones (170) : 29 ; Sep. 1, 2002

- [12] Telefónica Móviles y Alcatel desarrollarán conjuntamente aplicaciones GSM-GPRS y UMTS. *Comunicaciones*. (163): 22; Ene.1, 2002.
- [13] García, Mari Cruz. Tarifas de roaming GSM: caras y arbitrarias. Estudio de INTUG Europa. *Comunicaciones*. (141): 54; Ene.1, 2000.
- [14] Mietzner, J., P.A. Hoeher, M. Sandell. Compatible improvement of the GSM/EDGE system by means of space-time coding techniques. *IEEE Transactions on Wireless Communications*. 2 (4): 690-702; Jul., 2003.
- [15] Yun-Fang, Cao. Technology of Enhanced Data Rates for GSM Evolution (EDGE). *Tianjin Communications Technology*. (1): 45-49; Mar, 2003.
- [16] Lee, Gwo-Yun, Hong-Twu Chen, Kin-Lu Wong. A low-cost surface-mount monopole antenna for GSM/DCS operation. *Microwave and Optical Technology Letters*. 37 (1): 2-4; 5 Apr. , 2003.
- [17] Lee, C.-C., M.-S. Hwang, W.-P. Yang. Extension of authentication protocol for GSM. *IEEE Proceedings-Communications*. 150 (2): 91-95; Apr., 2003.
- [18] Al-Begain, K., I. Awan, D.D. Kouvatsos. Analysis of GSM/GPRS cell with multiple data service classes. *Wireless Personal Communications*. 25 (1): 41-57; Apr., 2003.
- [19] Yumiba, H., K. Yamamoto, M. Yabusaki. The design policy for a GSM-based IMT-2000 network. *IEEE Wireless Communications*. 10 (1): 7-14; Feb., 2003.
- [20] Sebire, B., K. Pedersen, T. Bysted. Flexible layer one for the GSM/EDGE radio access network (GERAN). *10th International Conference on Telecommunications*. (1) : 310-316, 2003.
- [21] Lipovac, V., B. Modlic, A. Sertic. Practical testing of GSM co-channel interference. *10th International Conference on Telecommunications*. (1): 685-689, 2003
- [22] Promjiraprawat, K. , B. Piyatamrong. Secured communication for GSM networks. *10th. International Conference on Telecommunications*.(2) : 1566-1570, 2003.

- [23] Pedraza, S., V. Wille, M. Toril. Dimensioning of signaling capacity on a cell basis in GSM/GPRS. 57th. IEEE Semiannual Vehicular Technology Conference.(1): 155-159, 2003.
- [24] Tolli, A., I. Barbancho, J. Gomez, P. Hakalin. Intra-system load balancing between adjacent GSM cells. 57th. IEEE Semiannual Vehicular Technology Conference. (1): 393-397; 2003.
- [25] Peruyero. M., J-P. Balech, Ph. Sehier; Navegador usando DSL inalámbrico. Revista de Telecomunicaciones de Alcatel. (4to. Trimestre 2003- 1er trimestre 2004): 121-126, 2003 – 2004.
- [26] Drevon, N. (et. al.) Estrategia de interfuncionamiento y continuidad del servicio entre tecnologías de radio GSM – UMTS –WLAN. Revista de Telecomunicaciones de ALCATEL (4to trimestre 2003 – 1er trimestre 2004): 66 – 72, 2003- 2004.
- [27] DAUCHI, P. (et. al.) Control de las políticas locales basadas en servicios y QoS para multimedia UMTS. Revista de Telecomunicaciones de Alcatel (4to trimestre 2003 – 1er trimestre 2004): 95-100, 2003-2004.
- [28] Gross, P.H; N. Mercouroff. Gestión integrada de redes y servicios para redes móviles. Revista de Telecomunicaciones de Alcatel (4to trimestre 2003- 1er trimestre 2004): 101-108, 2003-2004.

Anexos.

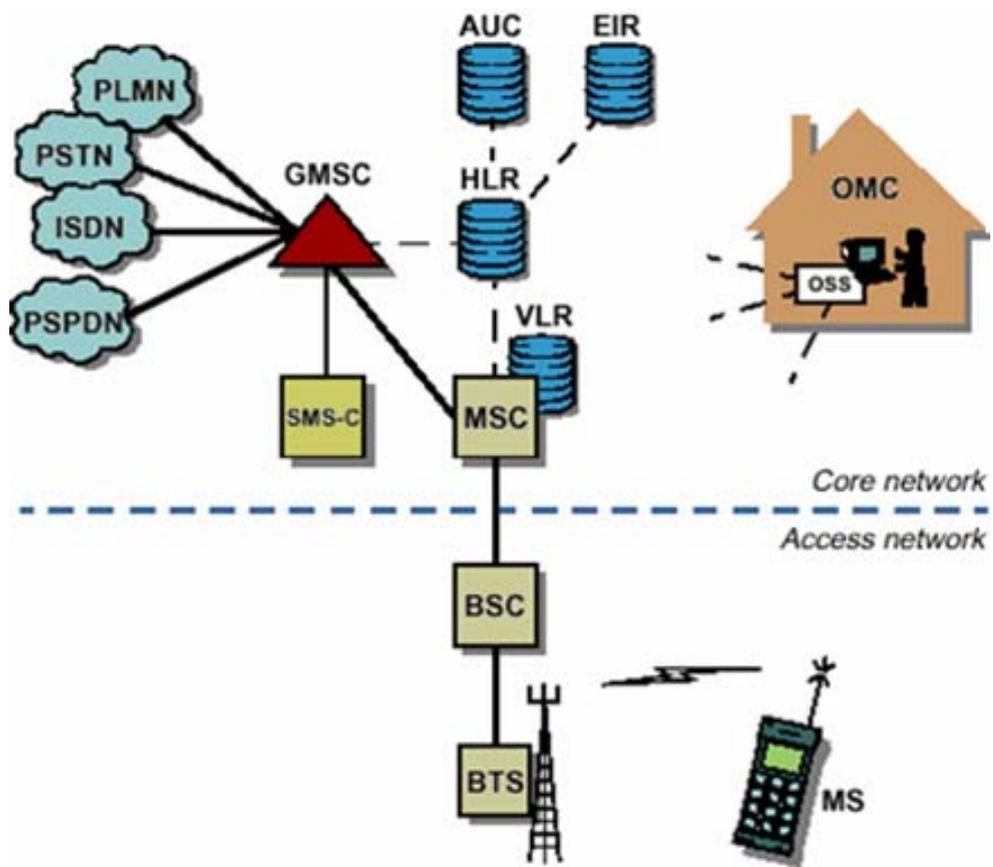


Figura 13: Red móvil terrestre pública (PLMN).

Superposiciones TDMA a GSM (octubre 2003)



- EUA/Canadá**
- AT&T Wireless
 - American Cellular
 - Centennial Communications
 - Cingular Wireless
 - Cincinnati Bell Wireless
 - Corr Wireless
 - Dobson Cellular
 - Eastern New Mexico Rural Telephone
 - EDGE Wireless
 - Highland Cellular
 - Triton PCS (miembro de AWS network)
 - Union Telephone
 - Western Wireless (GSM - CDMA)
 - Rogers AT&T Wireless (Canadá)

14 operadores norteamericanos escogieron migrar de TDMA a GSM

Fuente: 3G Americas

Superposiciones TDMA a GSM (octubre 2003)



- Latinoamérica**
- Argentina -- Telecom Personal
 - Argentina -- Telefónica UniFon
 - Bahamas -- Bahamas Telecommunications
 - Bermuda -- BTC Mobility
 - Bolivia -- ENTEL Movil
 - Brasil -- ATL, Americe!, Claro Digital, Maxitel
 - Brasil -- TIM Sul, TIM Nordeste, TESS
 - Colombia -- America Movil/Comcel
 - Colombia -- Occident y Caribe Celular/Occel
 - Ecuador -- Conecel
 - El Salvador -- CTE
 - Panamá -- Cable & Wireless (Panamá)
 - Indias Occid--Cable & Wireless (Indias Occid) (12)
 - Trinidad & Tobago -- TSTT
 - US Virgin Islands -- CCPR/Cingular

De propiedad de Cable & Wireless
 Indias Occid.
 Anguila
 Antigua & Barbuda
 Barbados
 Islas Caimán
 Dominica
 Granada
 Guayana Francesa
 Jamaica
 Montserrat
 St. Kitts & Nevis
 St. Lucia
 St. Vincent y las Granadinas
 Turks & Caicos

32 operadores latinoamericanos escogieron migrar de TDMA a GSM

Fuente: 3G Americas

Figura 14: Superposiciones TDMA a GSM.



Figura 15: Red de Microonda Nacional Digital y derivaciones provinciales.



Figura 16: Red Nacional de Fibra Óptica.



Figura 17: Centrales digitales de la red telefónica nacional.

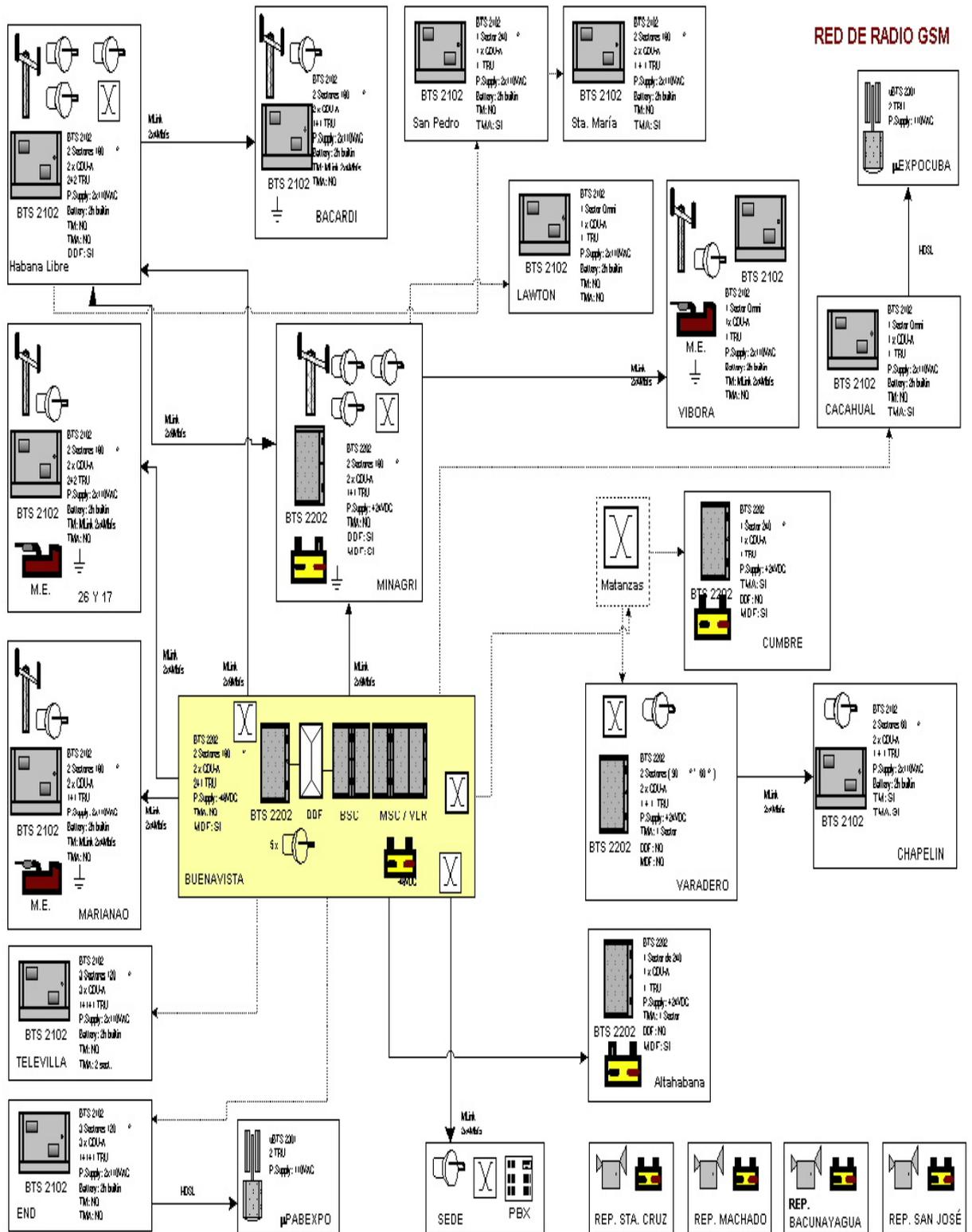


Figura 18: Esquema de la red de radio GSM.

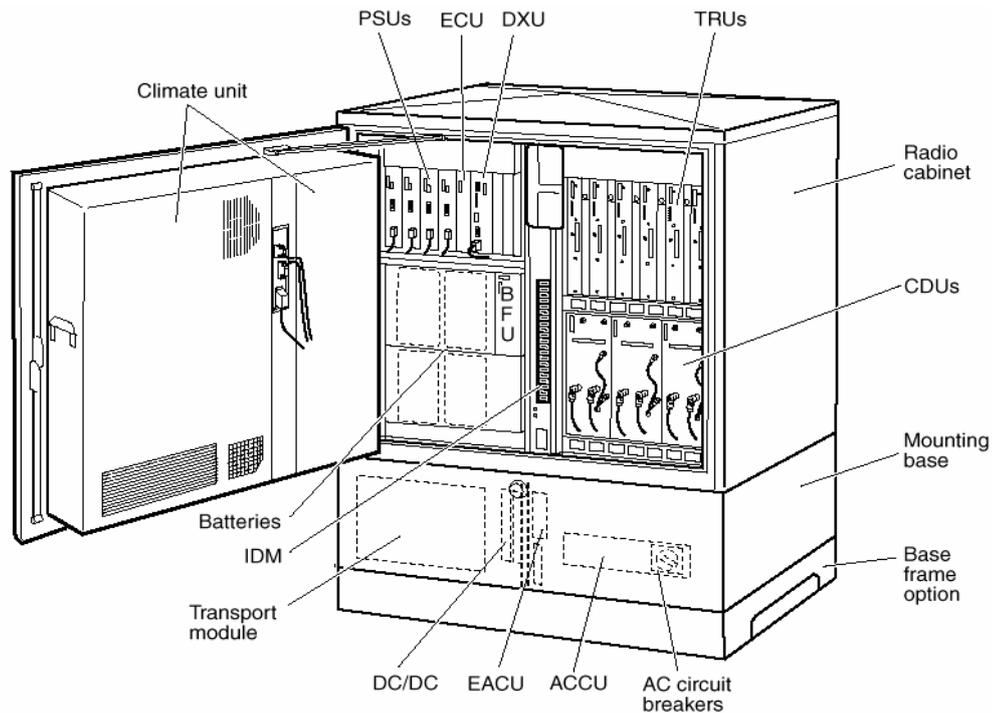


Figura 19: Radio base 2102 de Ericsson.

Nº	BTS	Suministrador
1	Mariel	ERICSSON
2	Hosp. Julio Trigo	ERICSSON
3	MTC	ERICSSON
4	Edif. Sierra Maestra	ERICSSON
5	Escuela MINBAS	ERICSSON
6	Santa Cruz	ERICSSON
7	Bacunayagua	ERICSSON
8	San José	ERICSSON
9	Güines	ERICSSON
10	Cardenas	ERICSSON
11	Jagüey	ERICSSON
12	Jacán *	ERICSSON
13	Cayo Santa María	ERICSSON
14	Santa Clara	ERICSSON
15	Aguada de Pasajeros	ERICSSON
16	Cienfuegos Ciudad	ERICSSON
17	Trinidad & Playa Ancón	ERICSSON
18	Sancti Spiritus	ERICSSON
19	Morón	ERICSSON

20	Ciego de Avila Ciudad	ERICSSON
21	Cayo Guillermo	ERICSSON
22	Cayo Coco	ERICSSON
23	Aerop. Cayo Coco	ERICSSON
24	Camagüey Ciudad	HUAWEI
25	Playa Santa Lucía	HUAWEI
26	Las Tunas Ciudad	HUAWEI
27	Holguín Ciudad	HUAWEI
28	Guardalavaca 1	HUAWEI
29	Guardalavaca 2	HUAWEI
30	Manzanillo	ZTE
31	Bayamo	ZTE
32	Palma Soriano	ZTE
33	Stgo. de Cuba Ciudad	ZTE
34	Aerop. Stgo. de Cuba	ZTE
35	Baconao *	ZTE
36	Guantánamo	ZTE
37	Baracoa	ZTE

Tabla 5: Suministrador y sitio donde se debe instalar cada BTS de la primera etapa.

DESCRIPCIÓN	PRECIO TOTAL USD	SUMINISTRADOR	Observaciones
Funciones opcionales MSC/HLR/BSC	\$ 182,347.84	ERICSSON	Closed User Group, DTX, Power Control, Extended Range Cell, DSU-D
Upgrade de Licencia de HLR/AUC hasta 10,000 subscribers	\$ 26,538.45	ERICSSON	5000 actuales + 5000 nuevos
Integración de nuevos BSC al MSC	\$ 59,538.48	ERICSSON	3 nuevos BSC (Huawei, ZTE, Alcatel)
Funciones opcionales OSS	\$ 144,092.00	ERICSSON	Módulo de Estadísticas
16 BTS para interperie 2102 (TRU incluidos)	\$ 760,830.00	ERICSSON	Material de Montaje incluido
4 BTS para interior 2202 (TRU incluidos)	\$ 334,764.69	ERICSSON	Material de Montaje incluido
2 BTS Micro Maxite	\$ 69,914.00	ERICSSON	Material de Montaje incluido
1 BTS Micro estándar	\$ 21,822.00	ERICSSON	Material de Montaje incluido
3 Sectores nuevos CDU-A , un TRU	\$ 44,483.00	ERICSSON	
Extension del SMSC	\$ 205,885.00	ERICSSON	Interface para VMS, upgrade a 3sms/seg, LA Regulación, Bulk Server
Roaming Pre-pago	\$ 549,978.00	ERICSSON	Pre-paid roaming, TAP3
Repuestos	\$ 150,060.00	ERICSSON	Para BTS Macro, Micro y Minilink
Servicios I	\$ 117,591.73	ERICSSON	Training, Integración 23 BTS, Integración DSU-D
Servicios II	\$ 156,708.00	ERICSSON	Integración 3 BSC, DT, Supervisión
Coversión FOB-DDU	\$ 118,002.14	GKT	Anexo 1-B del Contrato
3% de Gravamen	\$ 84,736.60	GKT	
SUB-TOTAL ERICSSON	\$ 3,027,291.93	ERICSSON	Suministro de Equipo solamente

Tabla 6: Precios según oferta de GKT (I).

DESCRIPCIÓN	PRECIO TOTAL USD	SUMINISTRADOR	Observaciones
Subsistema BSS (6 BTS)	\$ 203,793.00	HUAWEI	3 Interperie, 3 interiores, 17TRU, TCSCM, CBC, Antena&Coaxiales, Fuerza.
Centro de Operación y Mantenimiento (OMC)	\$ 53,391.00	HUAWEI	HW&SW (Sun Server y Workstatio)
Repuestos	\$ 127,176.00	HUAWEI	BTS y BSC
Miscelaneas	\$ 30,201.00	HUAWEI	DDF, cables, conectores
Entrenamiento	\$ 33,120.00	HUAWEI	4 personas x 15 días. Todo incluido
Servicios de Ingeniería	\$ 51,815.00	HUAWEI	Solo para puesta en marcha
Flete	\$ 36,781.00	HUAWEI	Marítimo
Seguro	\$ 3,989.00	HUAWEI	Havana
Servicios&Suministros para Llave en Mano	\$ 90,200.00	GKT	Tierras, instalación, obra civil, mano
Transportes	\$ 249,078.00	GKT	10 carros
Conversión FOB DDU	\$ 16,317.94	GKT	En sitio
SUB-TOTAL HUAWEI	\$ 895,861.94	HUAWEI	Llave en Mano
Subsistema BSS (8 BTS)	\$ 484,222.00	ZTE	23 TRU, 3 shelters, Antenas&Coaxiales, fuerza, TRAU, BSC, OMC-R (Hw&SW)
Entrenamiento	\$ 22,000.00	ZTE	4 personas x 15 días. Todo incluido
Servicios de Ingeniería	\$ 81,428.00	ZTE	Survey, instalación y commissioning
Flete	\$ 7,838.00	ZTE	Marítimo
Seguro	\$ 259.00	ZTE	Havana
Servicios&Suministros para Llave en Mano	\$ 120,600.00	GKT	Tierras, instalación, obra civil, mano
Conversión FOB DDU	\$ 16,389.00	GKT	En sitio
SUB-TOTAL ZTE	\$ 732,734.00	ZTE	Llave en Mano
SUB-TOTAL HUAWEI + ZTE	\$ 1,628,597.94	HUAWEI+ZTE	
TOTAL GKT	\$ 4,655,889.87	GKT	

Tabla 7: Precios según oferta de GKT (II).

DESCRIPCIÓN	PRECIO TOTAL	SUMINISTRADOR	Observaciones
Suministros de Infraestructura	\$ 213,424.62	KATHREIN	Cables, Conectores y Antenas.
Torres y Estructuras	\$ 41,252.76	COPEXTEL	AT-60, AT-45, herrajes para soporte
Repetidores	\$ 99,323.28	MIKOM	8 repetidores
Radioenlaces MiniLink Ericsson	\$ 482,960.01	ERICSSON	20 enlaces
Equipos de Transmisión	\$ 90,000.00	RAD	Cross conectores
Suministros para Puntos de Venta	\$ 43,804.64	COPEXTEL	4 puntos de venta
Grupos Electrógenos	\$ 67,265.30	COPEXTEL	5 de 9KVA
Sistemas de Tierra	\$ 28,490.00	COPEXTEL	
Climatización para BTS y Puntos de Venta	\$ 17,640.00	COPEXTEL	
Suministros para Obra Civil	\$ 23,000.00	COPEXTEL	Eléctricos y constructivos
Obra Civil para Puntos de Venta	\$ 40,000.00	COPEXTEL	
Seauridad v Protección para RBS v	\$ 7,217.12	COPEXTEL	
Instrumentos de Medición	\$ 82,354.25	COPEXTEL	Analizador MAP v 2 Site Master
Equipos de Cómbuto	\$ 46,413.00	COPEXTEL	20 PC + 4 laptops
Protección vs Trasientes	\$ 25,030.00	COPEXTEL	
Servicios de Instalación e Inaeniería	\$ 96,390.00	COPEXTEL	
Montaje y Puesta en marcha de MiniLinks	\$ 21,600.00	COPEXTEL	20 enlaces
Logística del Proyecto	\$ 34,840.00	COPEXTEL	
SUB-TOTAL 23 BTS ERICSSON	\$ 1,461,004.98	COPEXTEL	Suministro para instalación 23 BTS Ericsson

Tabla 8: Precios según oferta de COPEXTEL.

Glosario de siglas y términos.

A	Abis	Interfaz que permite la conexión entre BSC y BTS
	Alcatel	Suministrador de infraestructuras de telecomunicación. Ofrece soluciones llave en mano, tanto para el servicio telefónico normal como para las complejas redes multimedia. Sus clientes son operadores de telecomunicaciones y proveedores de servicios.
	AMPS	American Mobile Phone System Sistema telefónico Móvil Americano.
	AT&T	Operador de telecomunicaciones norteamericano.
	AuC	Authentication Center. Centro de Autenticación
B	BCCH	Broadcast Control Channel. Canal de Control de Difusión
	BER	Bit Error Rate Razón de bits erróneas
	BSC	Base Station Controller. Controlador de la Estación Base
	BSS	Base Station Subsystem. Subsistema de Estación Base
	BTS	Base Transceiver Station. Transceptor de la estación Base

C	CCCH	Common Control Channel. Canal de Control Común
	CCOM	Empresa de Telecomunicaciones Celulares del Caribe Sociedad Anónima.
	CC&BS	Customer Care & Billing System Sistema para facturación y atención a clientes, que garantiza la integración y coordinación de todos los datos de la empresa: facturación, clientes, contabilidad, inventario, ventas, estadísticas, etc
	CDMA	Code Division Multiple Access. Acceso Múltiple por División de la Codificación
	CT0	Cordless Telephone Normas de Europa y USA que operan inicialmente en la banda de 46 a 59 MHz. Se trata de teléfonos inalámbricos comunes del mercado actual doméstico (aplicación residencial). No posee traspaso.
	CT1	Cordless Telephone Norma europea CEPT que opera en la banda de 900 MHz con 40 portadoras separadas por 50 kHz. La modulación utilizada es FM con canales analógicos. La cobertura es menor a 300 mts con potencia de 5 a 10 mw.
D	D-AMPS	Digital-American Mobile Phone System Sistema Telefónico Móvil Americano Digital.
	DECT	Digital Enhanced Cordles Telecommunications Estándar de la ETSI para la segunda generación de las extensiones inalámbricas de la red fija.

	DL	Down Link Enlace descendente
E	EIR	Equipment Identity Register Registros de identidades de equipos.
	ERICSSON	Mayor suministrador de sistemas móviles en el mundo. Proveedor mundial de servicios para operadores de comunicaciones.
	ETECSA	Empresa de Telecomunicaciones de Cuba, Sociedad Anónima. Empresa que se encarga de la provisión de los servicios telefónicos y de datos en el país.
	ETSI	European Telecommunications Standard Institute. Instituto Europeo de Estándares de Telecomunicaciones
	E1	Esquema de transmisión digital utilizado especialmente en Europa, que lleva datos a una velocidad de 2,048 Mbps. Las líneas E1 pueden ser dedicadas para el uso privado de carriers comunes.
F	FDD	Frequency Division Duplex. Duplexado por División de Frecuencia.
	FDMA	Frequency Division Multiple Access. Acceso Múltiple por División de Frecuencia
	FPLMTS	Future Public Land Mobile Telecommunications System Primer estándar de la ITU para las redes de comunicaciones móviles de tercera generación.
G	GIS	Geographical Interface System

		Formato de la base de datos utilizada por el software de predicción de cobertura que se posee.
	GMSC	Gateway MSC. Pasarela del MSC
	GMSK	Gaussian Minimum Shift Keying. Modulación de Desplazamiento Mínimo Gaussiana.
	GPRS	General Packet Radio Service Servicio general para la transmisión de paquetes por radio.
	GSM	Groupe Special Mobile or Global System for Mobile Telecommunications. Grupo Especial Móvil ó Sistema Global para Telecomunicaciones Móviles
H	HIPERLAN	High Performance Radio LAN. Estándar para la interconexión inalámbrica de redes de área local.
	HLR	Home Location Register. Registro de Localización de Abonados Propios
	HUAWEI	Operador y suministrador de equipos de telecomunicaciones.
I	IEEE	De ingenieros eléctricos y electrónicos.
	IMEI	International Mobile Equipment Identity Identidad Internacional del Equipo Móvil.

	IMSI	International Mobile Subscriber Identity Identificador o número universal de usuario GSM.
	IMT-2000	Internacional Mobile Telecommunications Estándar de la ITU donde se engloban las redes de comunicaciones móviles de tercera generación.
	IN	Intelligent Network Red Inteligente
	Internet	Red de redes.
	ISDN	Integrated Services Digital Network. Red Digital de Servicios Integrados
	IS-54	Interim Standard 54 Sistema o estándar para las comunicaciones móviles desarrollado en los Estados Unidos.
	ISPJAE	Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría Es un centro para cursar estudios de nivel superior (universitarios)
	ITU	Internacional Telecommunications Union Organismo intergubernamental para la estandarización en telecomunicaciones.
J	JDC	Japanese Digital Cellular Sistema o estándar para las comunicaciones móviles desarrollado en Japón.
L	LA	Location Area

		Área de localización
	LAN	Local Area Network. Red de Área Local. Grupo de computadoras y dispositivos interconectados que comparten recursos e información y abarca una pequeña área geográfica.
M	MAP	Mobile Application Part Protocolo de aplicación para SS7
	MDF	Main Distribution Frame Bastidor Principal de Distribución.
	ME	Mobile Equipment. Equipo Móvil.
	MIC	Ministerio de la Informática y las Comunicaciones. Entidad nacional que se encarga de regular y normar la forma en que se desarrollan y ofertan los servicios de telecomunicaciones en el país.
	MLC	Moneda Librementemente Convertible
	MS	Mobile Station. Estación Móvil
	MSC	Mobile Switching Center. Centro de Conmutación de Móviles
	MSISDN	Mobile Subscriber ISDN Number Número telefónico de la estación móvil

N	NMC	Network Management Center Centro de manejo de la red.
	NMT	Nordic Mobile Telephone Sistema de comunicaciones móviles de primera generación desarrollado por Ericsson en Suecia, y empleado en varios países europeos.
	NSS	Network Switching Subsystem. Subsistema de Red
	NTT	Nipon Telephone and Telecommunications Sistema de comunicaciones móviles de primera generación desarrollado en Japón.
O	ODF	Optical Distribution Frame Bastidor Óptico de Distribución.
	OMC	Operation and Maintenance Center Centro de operación y mantenimiento
	OSI	Open System Interconnection. Interconexión de Sistemas Abiertos
	OSS	Operation and Service Subsystem. Subsistema de Operaciones y Mantenimiento
P	PACS	Personal Access Communications Services Estándar de comunicaciones móviles de segunda generación desarrollado en los Estados Unidos.

	PHS	Personal Handyphone System Estándar de comunicaciones móviles de segunda generación desarrollado en Japón.
	PIN	Personal Identification Number. Número de Identificación Personal
	PLMN	Public Land Mobile Network. Red Pública Móvil Terrestre
	PPL	Pre-paid Light Sistema de pre-pago basado en la plataforma de red inteligente de Ericsson
	PSTN	Public Switched Telephon Network. Red Pública Conmutada de Telefonía
	PUK	PIN Unblocking Key Código utilizado para desbloquear la SIM y es de ocho cifras.
R	RF	Radio Frequency Radio Frecuencia
	RFC	Request for Comment. Solicitud de comentarios. Serie de documentos, comenzada en 1969, que describe la colección de protocolos y experimentos relacionados.
	RTC	Red Telefónica Conmutada.
S	SIM	Subscriber Identity Module.

		Módulo de Identidad de Abonado
	SMS	Short Message Service Servicio de Mensajes Cortos
	SMSC	Short Message Service Center Centro de mensajes cortos
	SMSG	SMS Gateway Pasarela SMS
	SS7	Sistema de señalización número 7
	STM16	Estructura de trama de 2,5 Gb/s de velocidad en la Jerarquía Digital Síncrona.
T	TA	Time Advance Tiempo de avance
	TACS	Total Access Communications System. Sistema de comunicaciones móviles de primera generación, surgido en Europa como versión de AMPS.
	TDD	Time Division Duplex. Duplexado por División en el Tiempo
	TDMA	Time Division Multiple Access. Aceso Múltiple por División en el Tiempo
	TS	Time Slot. Ranura de Tiempo

U	UL	Uplink Enlace ascendente
	Um	Interfaz aire que permite la conexión entre MS y BTS
	UMTS	Universal Mobile Telecommunications System Sistema de comunicaciones móviles de tercera generación, desarrollado en Europa por ETSI dentro de IMT-2000.
	UNC	Unidad de Negocio de Clientes. Es una unidad organizativa dentro de la empresa ETECSA.
	UNM	Unidad de Negocio Móvil. Es una unidad organizativa dentro de la empresa ETECSA.
	UNR	Unidad de Negocio de Red. Es una unidad organizativa dentro de la empresa ETECSA.
V	VLR	Visitor Location Register. Registro de Localización de Visitantes
	VMS/SMS	Voice Mail Services & Short Messages Services Servicios de buzón de voz y de mensajería de textos, desde y hacia el móvil.
W	WLAN	Wireless Local Area Network. Red de Área Local Inalámbrica.
X	xDSL	Digital Subscriber Line. Línea Digital de Abonado. Tecnologías de acceso, punto a punto, a la red pública que posibilita la transmisión de datos, voz y vídeo mediante pares de cobre.

Z	ZTE	Corporación China proveedora de equipos de telecomunicaciones, para la red fija, móvil , de datos y la red óptica.
---	-----	--