

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA



DISEÑO DE ESTACIONES BASE CELULAR GSM PARA UN
OPERADOR

INFORME DE SUFICIENCIA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO ELECTRÓNICO

PRESENTADO POR:

RAÚL EFRAIN VILLANUEVA RODRÍGUEZ

**PROMOCIÓN
2006- I**

LIMA – PERÚ

2010

DISEÑO DE ESTACIONES BASE CELULAR GSM PARA UN OPERADOR

Este trabajo se realizó con mucho esfuerzo y cariño gracias al apoyo de mis padres y hermanos, quienes siempre estuvieron a mi lado durante todo el desarrollo de mis estudios. Por tanto, el presente lo dedico a ellos, con mucho cariño.

SUMARIO

El presente trabajo muestra el desarrollo de la implementación de la Red GSM para un Operador local, quienes deciden mejorar el servicio de comunicación móvil y reducir los costos de Operación y Mantenimiento que en aquellos tiempos lo brindaban con las tecnologías TDMA y CDMA.

Para ello iniciaremos dando una breve introducción a la Red GSM, para luego enfocarnos en los problemas y las soluciones con los que nos enfrentamos para llevar a cabo la 1ra fase del proyecto, que fue de implementar la Red GSM de 294 EBC.

Finalmente veremos los costos que implicaron realizar este proyecto así como también los tiempos del desarrollo de la misma.

INDICE

PROLOGO.....	1
CAPITULO I	
MARCO TEORICO.....	2
1.1.- Introducción al estándar GSM.....	2
1.2.- El concepto de Red Celular.....	2
1.3.- Arquitectura de la Red GSM.....	2
1.4.- Estación Base (BTS).....	5
1.4.1.- Funciones de la BTS.....	6
a).- Gestión de Canales de Radio.....	6
b).- Elementos que conforman una Estación Base Celular.....	6
CAPITULO II	
PLANTEAMIENTO DE PROBLEMAS EN EL DISEÑO DE ESTACIONES BASAS CELULAR (EBC) DE LA RED GSM.....	8
2.1.- Problema 1.....	8
2.2.- Problema 2.....	9
2.3.- Problema 3.....	10
2.4.- Problema 4.....	10
2.5.- Problema 5.....	11
2.6.- Problema 6.....	12
2.7.- Problema 7.....	13
2.8.- Problema 8.....	14
2.9.- Problema 9.....	15
CAPITULO III	
SOLUCION DE PROBLEMAS EN EL DISEÑO DE EBCs DE LA RED GSM.....	16
3.1.- Solución 1.....	16
3.1.1.- Migrar a sus clientes con servicio TDMA y CDMA a la red GSM.....	16
3.1.2.- Requerimiento de Energía Eléctrica.....	16

3.1.3.- Requerimiento para la Transmisión (Abi).....	18
3.1.4.- Consideraciones para la utilización de sitios existentes.....	19
3.2.- Solución 2.....	27
3.3.- Solución 3.....	28
3.4.- Solución 4.....	29
3.5.- Solución 5.....	30
3.6.- Solución 6.....	31
3.7.- Solución 7.....	31
3.8.- Solución 8.....	32
3.8.1.- Definiciones y Requisitos para la implementación de la red GSM.....	32
3.8.2.- Servicios.....	32
3.8.3.- Planificación de Tráfico.....	34
3.8.4.- Parámetros de Link Budget.....	35
3.8.5.- Planificación de frecuencias.....	37
3.9.- Solución 9.....	39
CAPITULO IV	
COSTOS, PRESUPUESTOS Y DIAGRAMAS DE TIEMPOS DE LA	
IMPLEMENTACION DE LA RED GSM.....	40
4.1.- Costos por Equipos GSM, Infraestructura y Materiales.....	41
4.2.- Costos por Servicios de Implementación de la Red GSM.....	43
4.3.- Tiempo de Ejecución del Proyecto.....	44
4.3.1.- Diagrama de Tiempos.....	45
4.4.- Diagrama de flujo de la Implementación de la Red GSM.....	46
CONCLUSIONES.....	47
ANEXOS.....	48
GLOSARIO.....	49
BIBLIOGRAFIA.....	51

PROLOGO

El propósito del presente trabajo es mostrar los detalles al que se incurre para implementar la Red GSM, que posteriormente fueron similares al montar la Red 3G para la misma empresa Operadora con los mismos problemas y soluciones similares, por tanto este trabajo puede servir como una guía de ayuda en las que se tenga que implementar alguna Red de comunicaciones móviles.

Como veremos la gran mayoría de problemas con mucha dificultad de resolver es generado por terceras personas (en este caso el vecindario cercano a las nuevas EBC) quienes basados en la hipótesis no fundamentada de que la radiación de las antenas producen enfermedades muy nocivas para la salud, no permiten instalar una EBC.

CAPITULO I MARCO TEORICO

1.1.- INTRODUCCION AL ESTANDAR GSM

La red **GSM** (Sistema global de comunicaciones móviles) es, a comienzos del siglo XXI, el estándar más usado de Europa. Se denomina e estándar "de segunda generación" (2G) porque, a diferencia de la primera generación de teléfonos portátiles, las comunicaciones se producen de un modo completamente digital.

En 1982, cuando fue estandarizado por primera vez, fue denominado "Groupe Spécial Mobile" y en 1991 se convirtió en un estándar internacional llamado "Sistema Global de Comunicaciones Móviles".

En Europa, el estándar GSM usa las bandas de frecuencia de 900MHz y 1800 MHz. Sin embargo, en los Estados Unidos se usa la banda de frecuencia de 1900 MHz. Por esa razón, los teléfonos portátiles que funcionan tanto en Europa como en los Estados Unidos se llaman **tribanda** y aquellos que funcionan sólo en Europa se denominan **bibanda**.

Mientras que en Perú se utiliza en las bandas de 850Mhz y 1900Mhz.

El estándar GSM permite un rendimiento máximo de 9,6 kbps, que permite transmisiones de voz y de datos digitales de volumen bajo, por ejemplo, mensajes de texto (**SMS**, Servicio de mensajes cortos) o mensajes multimedia (**MMS**, Servicio de mensajes multimedia).

1.2.- EL CONCEPTO DE RED CELULAR

Las redes de telefonía móvil se basan en el concepto de **celdas**, es decir zonas circulares que se superponen para cubrir un área geográfica.

Las redes celulares se basan en el uso de un transmisor-receptor central en cada celda, denominado "**estación base**" (o Estación base transceptora, **BTS**). Cuanto menor sea el radio de una celda, mayor será el ancho de banda disponible. Por lo tanto, en zonas urbanas muy pobladas, hay celdas con un radio de unos cientos de metros mientras que en zonas rurales hay celdas enormes de hasta 30 kilómetros que proporcionan cobertura.

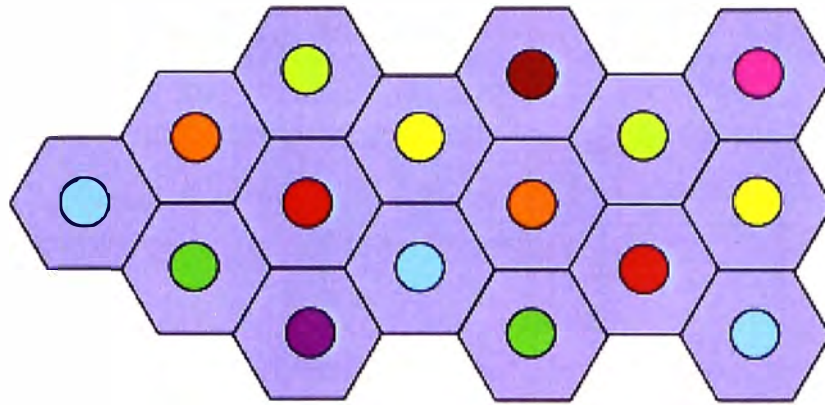


Fig.1.1 Conjunto de celdas que representan una red celular.

En una red celular, cada celda está rodeada por 6 celdas contiguas (por esto las celdas generalmente se dibujan como un hexágono – ver Fig.1.1), para evitar interferencia, las celdas adyacentes no pueden usar la misma frecuencia. En la práctica, dos celdas que usan el mismo rango de frecuencia deben estar separadas por una distancia equivalente a dos o tres veces el diámetro de la celda.

1.3.- ARQUITECTURA DE LA RED GSM

En una red GSM, el terminal del usuario se llama **estación móvil**. Una estación móvil está constituida por una tarjeta **SIM** (Módulo de identificación de abonado), que permite identificar de manera única al usuario y al terminal móvil, o sea, al dispositivo del usuario (normalmente un teléfono portátil).

Los terminales (dispositivos) se identifican por medio de un número único de identificación de 15 dígitos denominado **IMEI** (Identificador internacional de equipos móviles). Cada tarjeta SIM posee un número de identificación único (y secreto) denominado **IMSI** (Identificador internacional de abonados móviles). Este código se puede proteger con una clave de 4 dígitos llamada código PIN.

Por lo tanto, la tarjeta SIM permite identificar a cada usuario independientemente del terminal utilizado durante la comunicación con la estación base. Las comunicaciones entre una estación móvil y una estación base se producen a través de un vínculo de radio, por lo general denominado **interfaz de aire** (interfaz Um).

Todas las estaciones base de una red celular están conectadas a un **controlador de estaciones base** (o **BSC**), que administra la distribución de los recursos.

El sistema compuesto del controlador de estaciones base y sus estaciones base conectadas es el **Subsistema de estaciones base** (o **BSS**).

En la siguiente figura mostramos los elementos que conforman una red GSM:

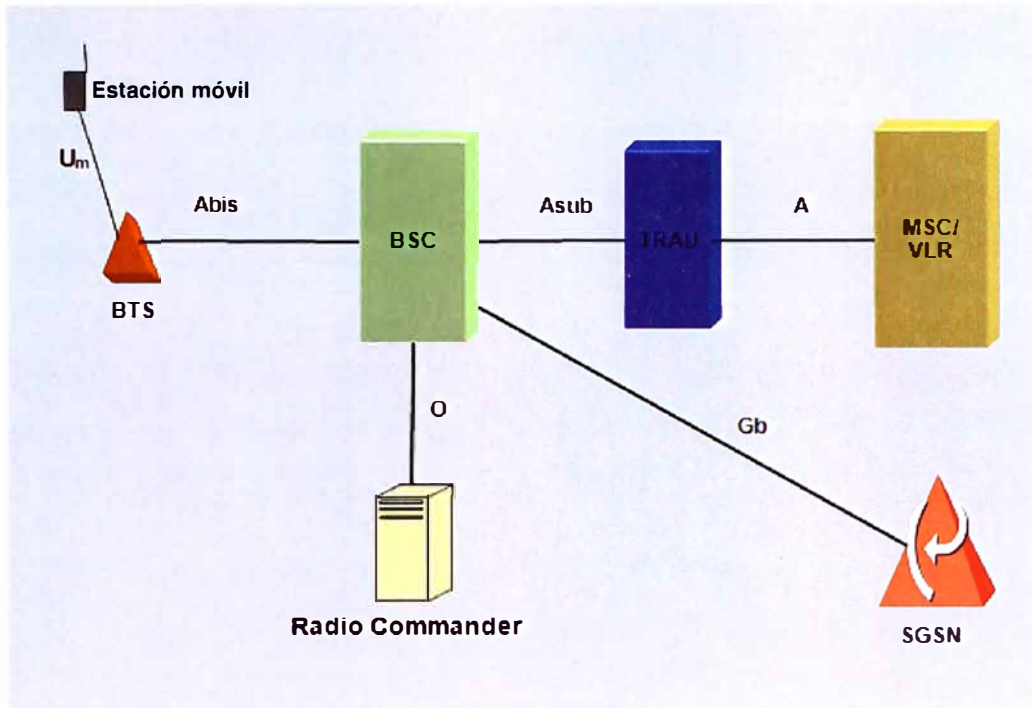


Fig.1.2 Arquitectura de una red GSM.

Por último, los controladores de estaciones base están físicamente conectados mediante la TRAU al Centro de conmutación móvil (MSC) que los conecta con la red de telefonía pública y con Internet; lo administra el operador de la red telefónica. El MSC pertenece a un Subsistema de conmutación de red (NSS) que gestiona las identidades de los usuarios, su ubicación y el establecimiento de comunicaciones con otros usuarios.

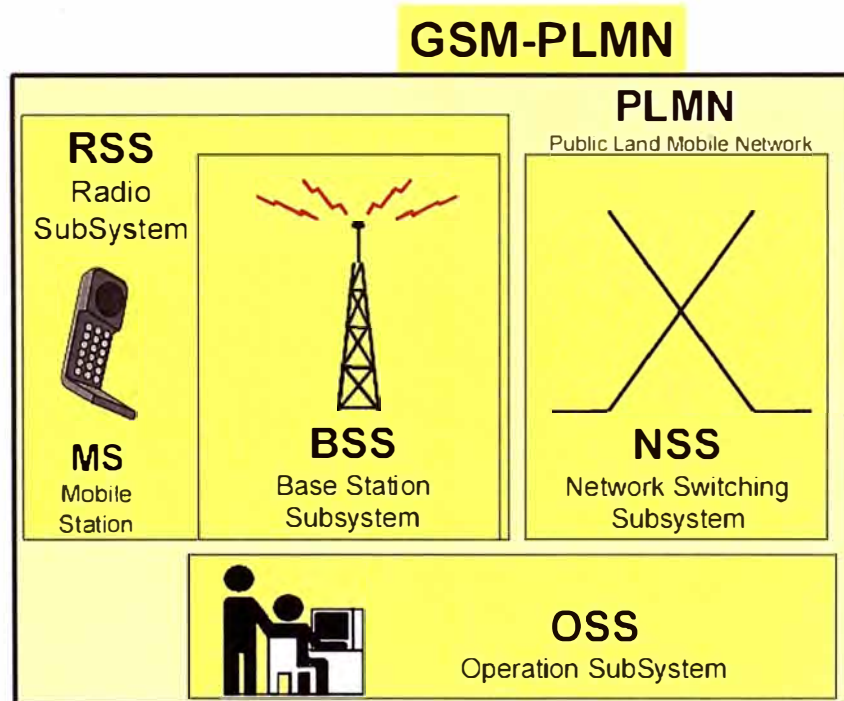


Fig.1.3 Elementos de Red

Generalmente, el MSC se conecta a bases de datos que proporcionan funciones adicionales:

- El **Registro de ubicación de origen (HLR)**: es una base de datos que contiene información (posición geográfica, información administrativa, etc.) de los abonados registrados dentro de la zona del conmutador (MSC).
- El **Registro de ubicación de visitante (VLR)**: es una base de datos que contiene información de usuarios que no son abonados locales. El VLR recupera los datos de un usuario nuevo del HLR de la zona de abonado del usuario. Los datos se conservan mientras el usuario está dentro de la zona y se eliminan en cuanto abandona la zona o después de un periodo de inactividad prolongado (terminal apagada).
- El **Registro de identificación del equipo (EIR)**: es una base de datos que contiene la lista de terminales móviles.
- El **Centro de autenticación (AUC)**: verifica las identidades de los usuarios.

La red celular compuesta de esta manera está diseñada para admitir movilidad de una celda a otra; también admiten el concepto de **roaming**.

1.4.- ESTACIÓN BASE (BTS)

Conocida como BTS (Base Transceiver Station), realiza el enlace de RF a los terminales celulares, transmite información entre la celda y la estación de control y conmutación, monitorea la comunicación de los abonados. Esta conformado por : unidad de control, unidad de energía, antenas, y terminal de datos.

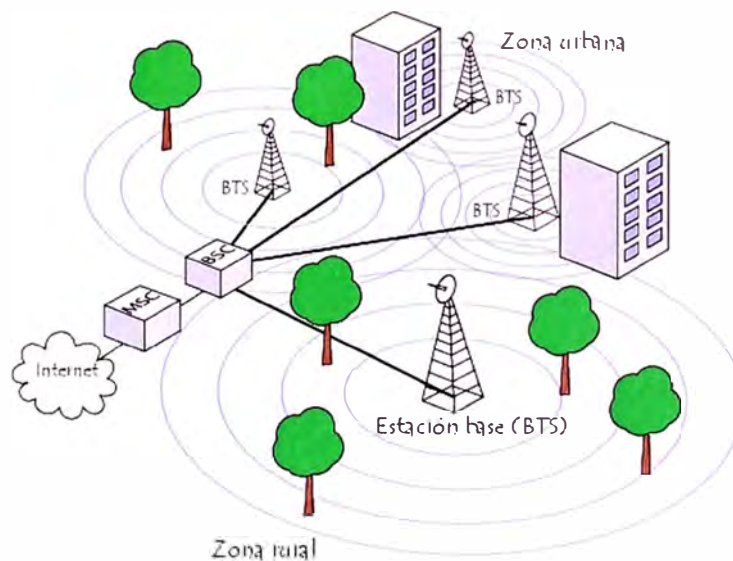


Fig.1.3 Distribución de Estaciones Base.

1.4.1.- FUNCIONES DE LA BTS:

a).- GESTION DE CANALES DE RADIO.

- Supervisión de canales libres, y envío de información de estos hacia la BSC.
- Temporización de bloques BCCH/CCCH. Edición de mensajes de aviso.
- Detección de accesos al sistema por parte de móviles.
- Determinación del avance de temporización que hay que utilizar para una comunicación móvil.
- Medidas de intensidad de campo y calidad de las señales recibidas y enviadas de los móviles.
- Construcción de los mensajes de aviso a partir de la información recibida desde la BSC.
- Detección de acceso por traspaso de un móvil, y comprobación de la identificación de referencia de este traspaso de acuerdo con la información recibida desde la BSC.
- Encriptación de la información de señalización y tráfico.

b).- ELEMENTOS QUE CONFORMAN UNA ESTACION BASE CELULAR:

- LA BTSE.



Fig.1.4 Un modelo de BTSE.

El equipo de transmisión.



Fig.1.5 Transmisión vía microonda .

El Sistema radiante.



Fig.1.6 Antenas sectoriales y microondas.

El sistema de Energía y Aterramiento.

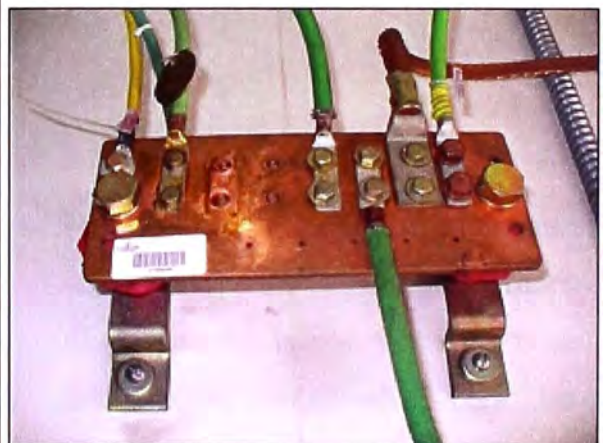


Fig.1.7 Tablero de energía AC y barra de tierra.

CAPITULO II

PLANTEAMIENTO DE PROBLEMAS EN EL DISEÑO DE ESTACIONES BASE CELULAR (EBC) DE LA RED GSM

2.1.- Problema 1 : En una misma Estación Base Celular existen distintas tecnologías tales como TDMA, CDMA IS-95, CDMA 1X, etc. y la infraestructura no fue diseñada para soportar todas ellas.

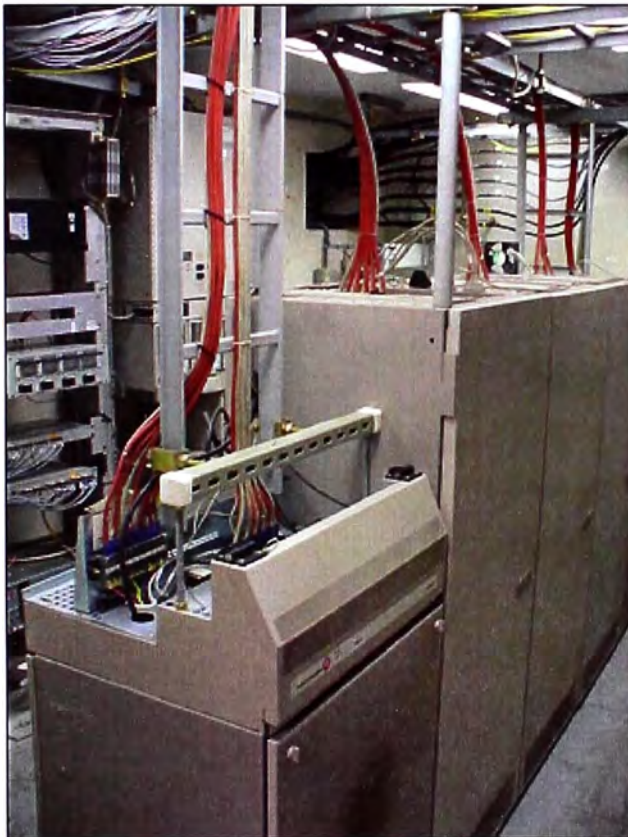


Fig.2.1 Sala celular típica en las EBCs de Lima, en el cual se encuentran equipos de las distintas tecnologías utilizados por el Operador, además de equipos de energía y transmisiones; por tanto en muchas de ellas no hay espacio para instalar equipos GSM.



Fig.2.2 Torre celular tipo monopolo donde observamos antenas sectoriales de las distintas tecnologías además de las antenas microondas para las transmisiones; aquí ya no hay espacio para instalar las antenas GSM.



Fig.2.3 Racks CDMA IS95



Fig.2.4 Racks TDMA

2.2.- Problema 2 : La población vecina a la EBC no permite instalar “Antenas”, porque aducen que ellas generan enfermedades en la población; esto ocurre generalmente en las zonas periféricas de Lima donde se requiere ampliaciones por cobertura.



Fig.2.5 Letreros instalados por vecinos de la zona donde se desea instalar una EBC.

2.3.- Problema 3 : En muchos casos las EBC existentes tienen instaladas las antenas a una altura muy baja , por tanto no cumple su función de cobertura y es muy probable que tengan obstáculos cercanos que impidan su normal funcionamiento.



Fig.2.6 EBCs con antenas instaladas a una altura menor a la deseada.

2.4.- Problema 4 : Las EBC instaladas alejadas de la ciudad (en cerros) carecen de energía eléctrica comercial, por tanto se utilizan grupos electrógenos que son costosos para su mantenimiento, otro inconveniente en esos lugares es la baja conductividad del suelo,



Fig. 2.7 EBC instalada sobre un cerro.

entonces se tiene el problema de los pozos de tierra que miden un alto ohmiaje alrededor de los 10 Ohm., también esta la falta de seguridad para salvaguardar la integridad de los equipos y cableado que es muy común que se los hurten.

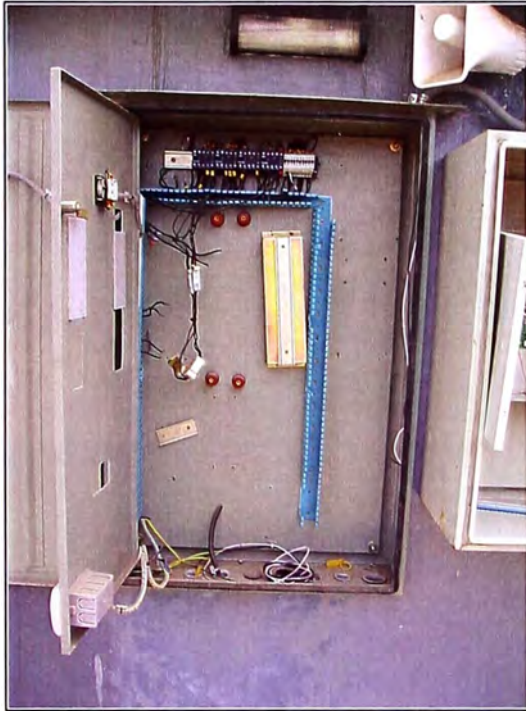


Fig.2.8 Tablero AC hurtado.



Fig.2.9 Grupo Electrónico instalado en una EBC ubicado en un cerro.

2.5.- Problema 5 : Algunas EBC existentes que están ubicados en lugares públicos como Hoteles de lujo, Entidades del Estado, Edificios Empresariales, casas familiares, no permiten instalar nuevos equipos, antenas, infraestructura nueva para ampliar la capacidad de tráfico o instalar una nueva tecnología, porque malogra la estética del edificio.



Fig.2.10 EBC Los Delfines, ubicado en las instalaciones del Hotel "Los Delfines".

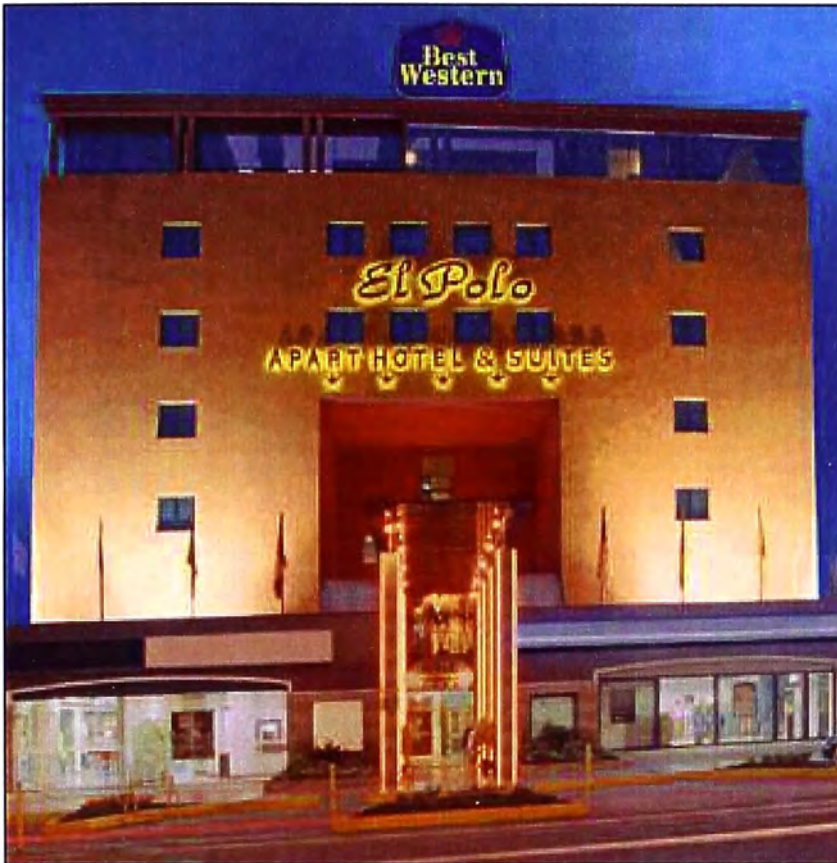


Fig.2.11 BC ncalada, ubicado en las instalaciones del Hotel “El Polo”.

De la misma forma se tiene los mismos inconvenientes en las EBCs Palacio de Justicia, Congreso, etc.

2.6.- Problema 6 : El Operador quiere minimizar costos y pide que se reutilice la infraestructura y cables de equipos de tecnologías que se apagará como el TDMA y el CDMA IS-95 para implementar la Red GSM.



Fig.2.12 Cables feeder libres que el Operador pide reutilizar para la red GSM.

2.7.- Problema 7 : Se construyen edificio altos cercanos a la EBC.

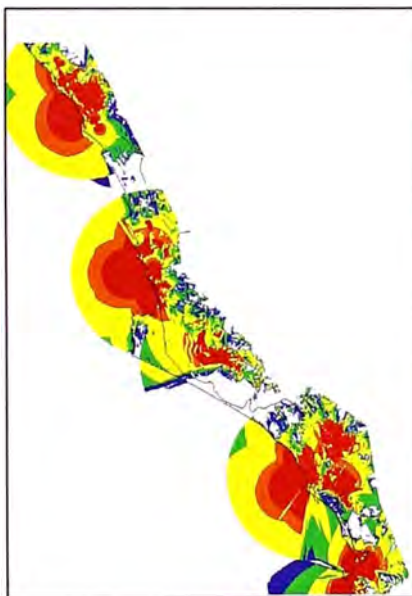
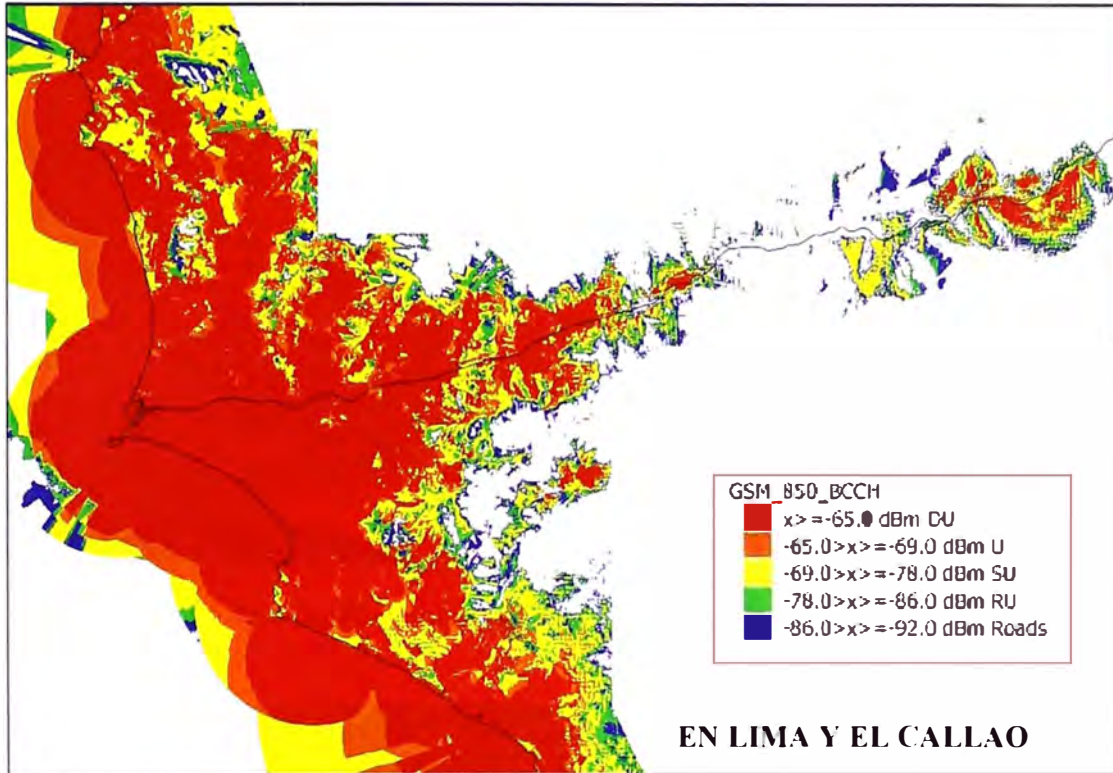


Fig.2.13 EBC Primavera, con un edificio que obstruye la señal de las antenas instaladas.

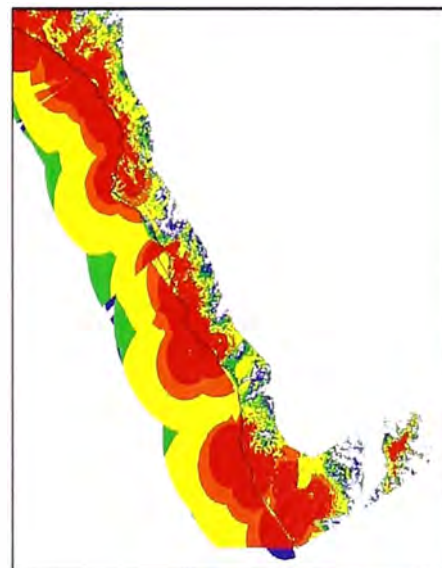


Fig.2.14 EBC Primavera, vista del edificio desde la plataforma superior de la torre.

2.8.- Problema 8 : El Operador – Cliente pide la implementación de la Red GSM en Lima con 294 EBC (inicialmente) en la banda 850Mhz. durante 3 meses para la primera fase del proyecto.



EN LIMA NORTE



EN LIMA SUR

Fig.2.15 Niveles de Cobertura comprometido al finalizar la 1ra fase del proyecto.

2.9.- Problema 9 : Las EBC adyacentes a lugares públicos muy concurridos tales como centros comerciales, playas, estadios, hospitales, aeropuertos, etc. no pueden cubrir la capacidad de tráfico en la zona.



Fig.2.16 EBC Aerolap, instalado dentro del Aeropuerto Jorge Chávez.



Fig.2.17 EBC Ancon, instalado en el balneario de la playa Ancon.

CAPITULO III

SOLUCION DE PROBLEMAS EN EL DISEÑO DE EBCs DE LA RED GSM

3.1.- Solución 1 : En una misma Estación Base Celular existen distintas tecnologías tales como TDMA, CDMA IS-95, CDMA 1X, etc. y la infraestructura no fue diseñada para soportar todas ellas.

Para solucionar este problema el Operador Cliente optó por:

3.1.1.- Migrar a sus clientes con servicio TDMA y CDMA a la red GSM en forma progresiva dando promociones para luego empezar a apagar los equipos correspondientes al TDMA, CDMA y desmontarlos; primero en los sitios críticos de acuerdo a las necesidades de infraestructura para la implementación de la nueva red GSM. Con esto se liberaba espacio en la sala de equipos para montar la BTSE GSM, también se liberaba espacio en la escalerilla y torre para instalar el sistema radiante correspondiente. Una vez liberado el sitio de las demás tecnologías celular, se procedía a implementar la BTS de acuerdo al siguiente procedimiento.

3.1.2.- Requerimiento de Energía Eléctrica.- En la 1ra etapa de implementación de la Red GSM para una BTS Indoor se requiere contar con 63A DC y -48V DC; para una BTS Outdoor se requiere 60A AC y 230V AC y en ambos casos un punto de aterramiento con un Ohmiaje no mayor a 5 Ohm.



Fig.3.1 Conversores ELTEK, que proveen -48V DC necesarios para energizar los equipos Indoor GSM.

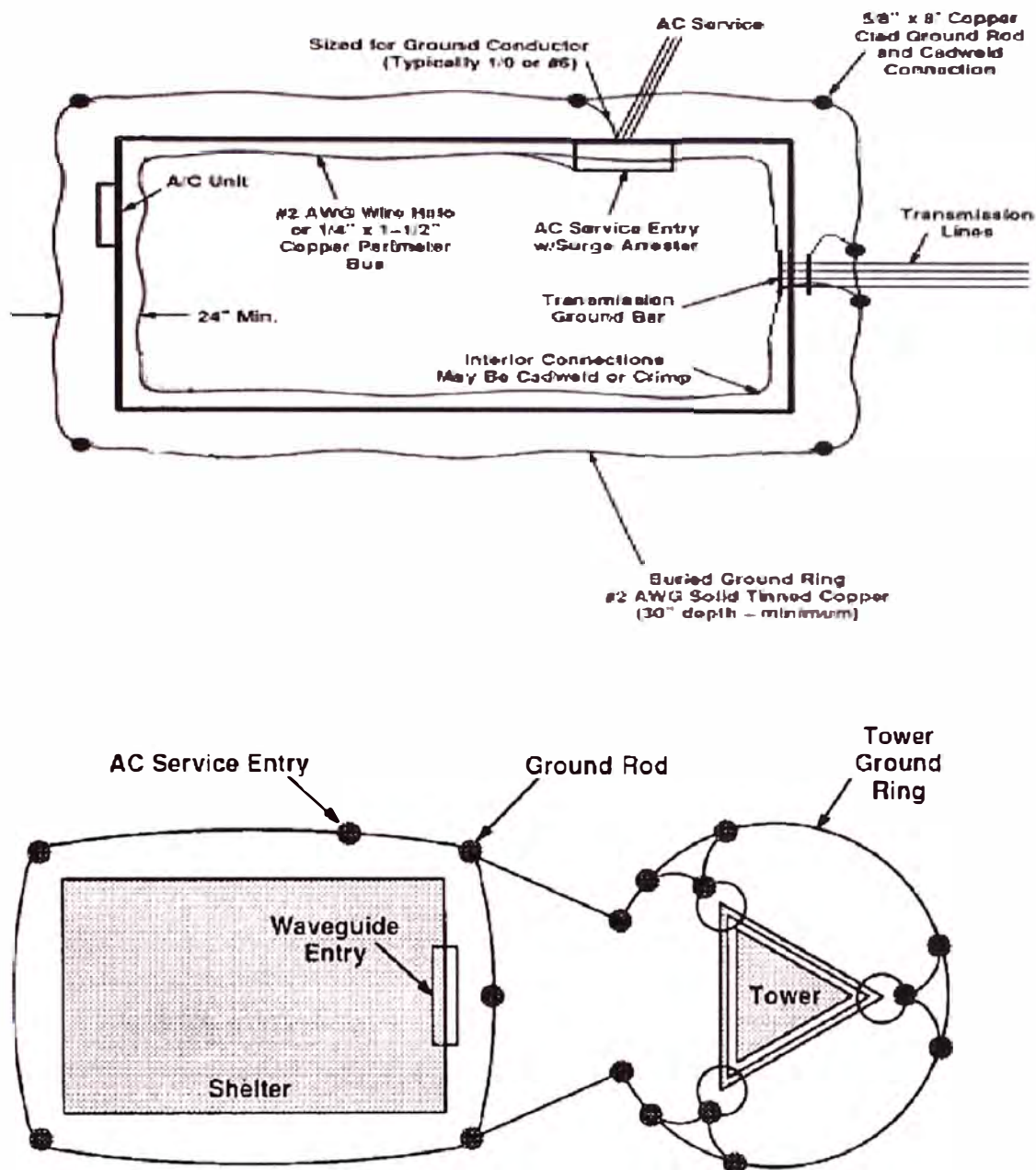


Fig.3.4 En las gráficas se muestran dos diagramas típicos de puestas a tierra.

3.1.3.- Requerimiento para la Transmisión (Abis).- La interfaz de conexión PCM(Abis), se encarga de proveer comunicación entre la BTS y la BSC para poder integrar la BTS a la red GSM, esto se puede lograr mediante un enlace microondas, fibra óptica o enlace satelital. La red de transmisiones del Operador para realizar los enlaces con la BSC son vía microondas en un 90% aproximadamente, los demás son enlaces por fibra óptica y enlace satelital y las configuraciones de red utilizadas son del tipo "estrella" y el de "multidrop". Las siguientes figuras muestran los elementos utilizados para la transmisión:

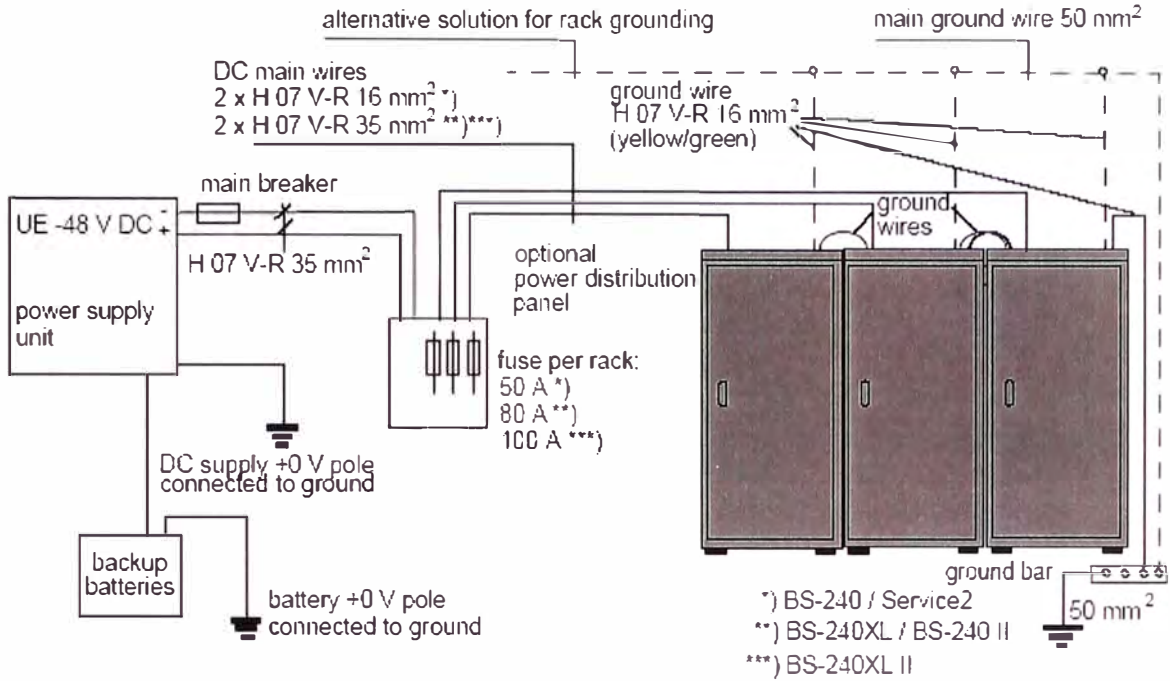
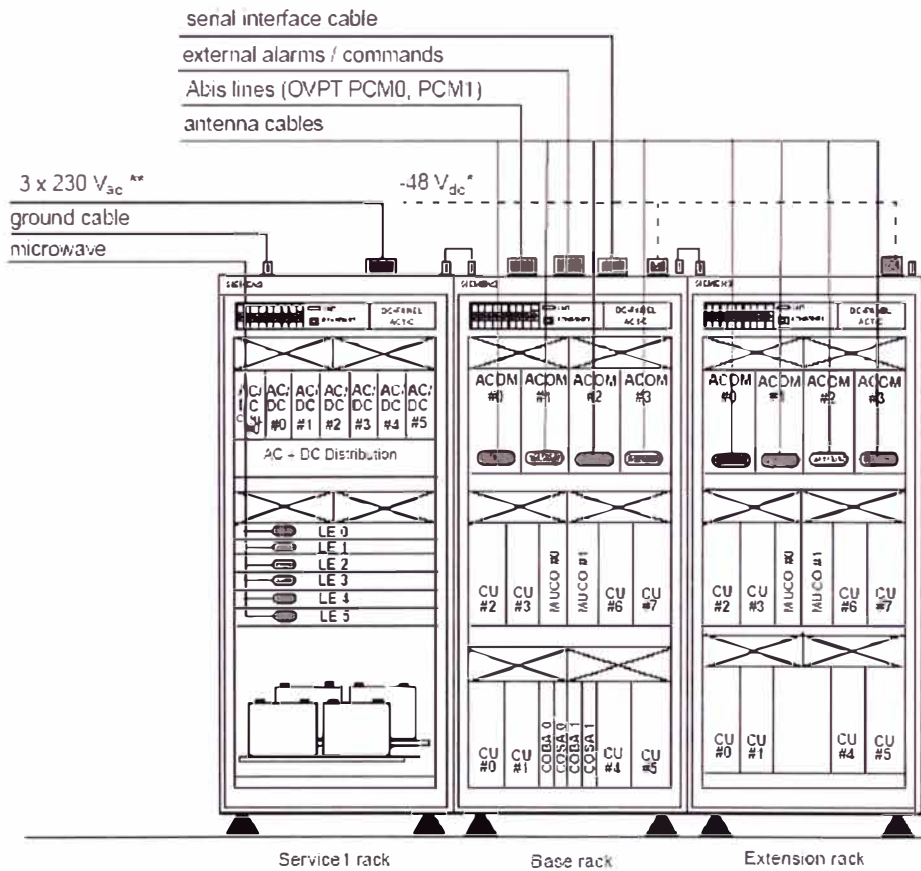


Fig.3.2 Esquema de Energizado de la BTS Indoor.



*) only used if an external DC-power supply is available
 **) if an external 3 x 230 V_{ac} power supply source will be used

Fig.3.3 Esquema de Energizado de la BTS Outdoor.



Fig.3.5 Antena microondas



Fig.3.6 IDU del enlace microondas

Fig.3.7 Enlace Satelital



3.1.4.- Consideraciones para la utilización de sitios existentes

Para el lanzamiento de la red GSM se prevé la solución Overlay 1:1, lo cual implica el uso de la infraestructura de la red existente: espacios en torre, bandejas porta cables, espacio en cuartos de equipos. Todo esto manteniendo al mínimo el impacto sobre los sistemas que existían durante las etapas de implementación, puesta en servicio y optimización de la red GSM.

a).- Requerimientos para la instalación de antenas GSM

Esta sección describe los requerimientos para el montaje de antenas especificados para garantizar los estándares de aislamiento entre sistemas y las condiciones apropiadas para la diversidad de espacio en donde esta aplique.

El aislamiento entre sistemas debe ser mantenido en un valor mínimo de 30 dB según recomendación de la ETSI, con el fin de mantener la intermodulación y el bloqueo por saturación bajo control. A continuación se especifican las consideraciones de separación entre las antenas de GSM y las antenas existentes para garantizar estos parámetros considerando este valor de aislamiento de 30 dB. En el caso que no se cumplan las distancias mínimas requeridas de aislamiento la degradación de la calidad de servicio del sistema GSM o CDMA/TDMA de los sectores afectados, los cambios de soporte y obras civiles son de responsabilidad de la empresa Operadora, los cambios del sistema radiante GSM son de responsabilidad de la empresa Proveedora.

Las distancias de aislamiento descritas abajo son suficientes también para el sistema configurado en las bandas 850MHz y 1900MHz, es decir GSM850 y PCS1900.

Separación Horizontal – Antenas Directivas

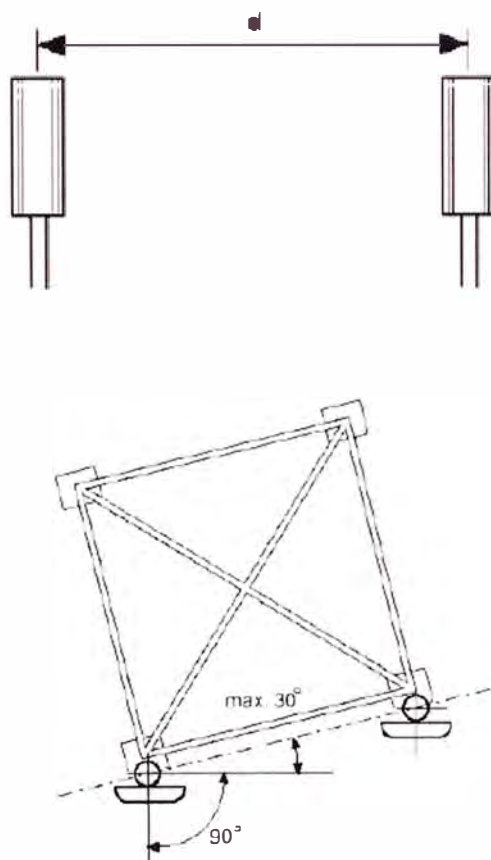


Fig.3.8 Vista frontal y superior de 2 antenas para considerar distancias y ángulos de giro de las mismas.

Tabla 3.1 Valores a considerar.

Apertura Horizontal de Antena ($^{\circ}/\pm 3\text{dB}$)	Separación Mínima Horizontal entre antenas de GSM850 y TDMA850-CDMA850
65 ± 10	1.1 m
90 ± 10	1.6 m

En el caso que no se cumplan las distancias mínimas requeridas de aislamiento la degradación de la calidad de servicio del sistema GSM o CDMA/TDMA de los sectores afectados, los cambios de soporte y obras civiles son de responsabilidad de la empresa Operadora, los cambios del sistema radiante GSM son de responsabilidad de la empresa Provedora.

Para antenas en diferentes sectores con separación de más de 90 grados los requerimientos de separación son los que se observan a continuación.

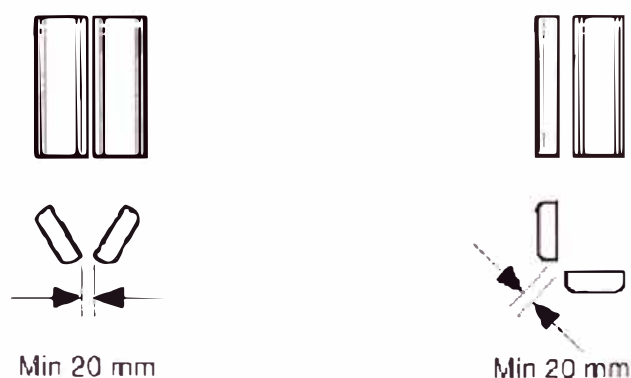


Fig.3.9 Vista frontal y superior de 2 antenas con distintos sectores.

Separación Vertical – Antenas Directivas

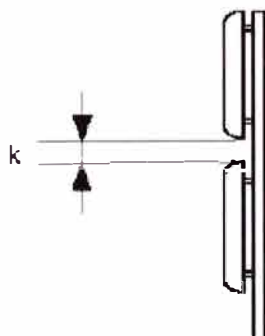


Fig.3.10 Vista de perfil de 2 antenas ubicadas una sobre la otra.

La separación mínima vertical entre antenas de GSM850 y TDMA850/CDMA850 es de 0.2 m. En caso de una separación combinada Horizontal/Vertical como lo muestra la siguiente gráfica, manteniendo la separación mínima vertical de 0.2 m no existe limitante en la separación horizontal.

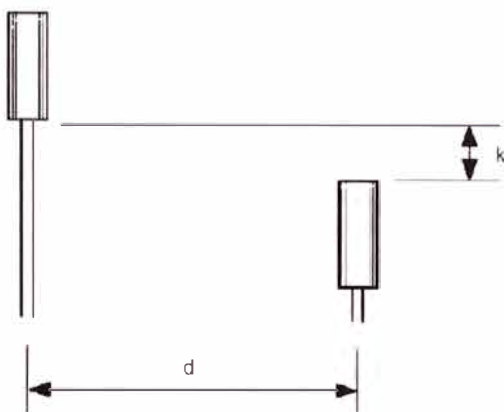


Fig.3.11 Vista frontal de 2 antenas a desnivel.

Separación Horizontal - Antenas Omnidireccionales y Antenas Directivas

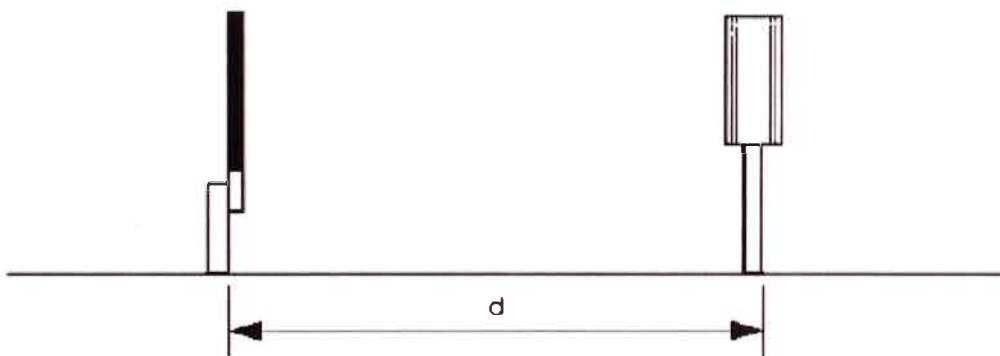


Fig.3.12 Vista frontal de una antena omnidireccional y una direccional.

Tabla 3.2 Valores a considerar.

Ganancia de Antena Omnidireccional (dBi)	Separación Mínima a antenas de GSM850 de 65°	Separación Mínima a antenas de GSM850 de 90°
≤10	3.8 m	4.6 m

En el caso que no se cumplan las distancias mínimas requeridas de aislamiento la degradación de la calidad de servicio del sistema GSM o CDMA/TDMA de los sectores afectados, los cambios de soporte y obras

civiles son de responsabilidad de la empresa Operadora, los cambios del sistema radiante GSM son de responsabilidad de la empresa Provedora.

Separación Vertical – Antenas Omnidireccionales y Antenas Directivas

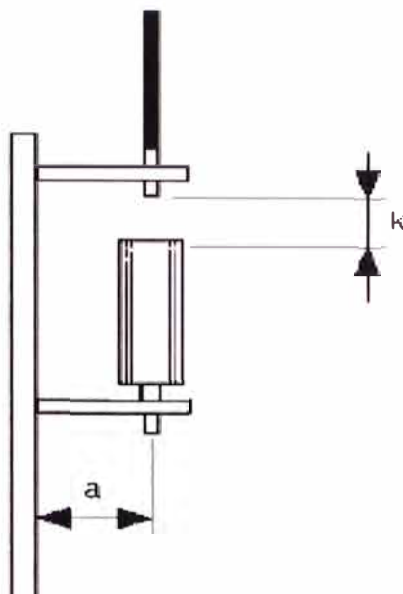


Fig. 3.13 Vista lateral de las 2 antenas.

La separación mínima vertical entre antenas de GSM850 y TDMA850/CDMA850 es de 0.2 m. En caso de una separación combinada Horizontal/Vertical como lo muestra la siguiente gráfica, manteniendo separación mínima vertical de 0.2 m no existe limitante en la separación horizontal.

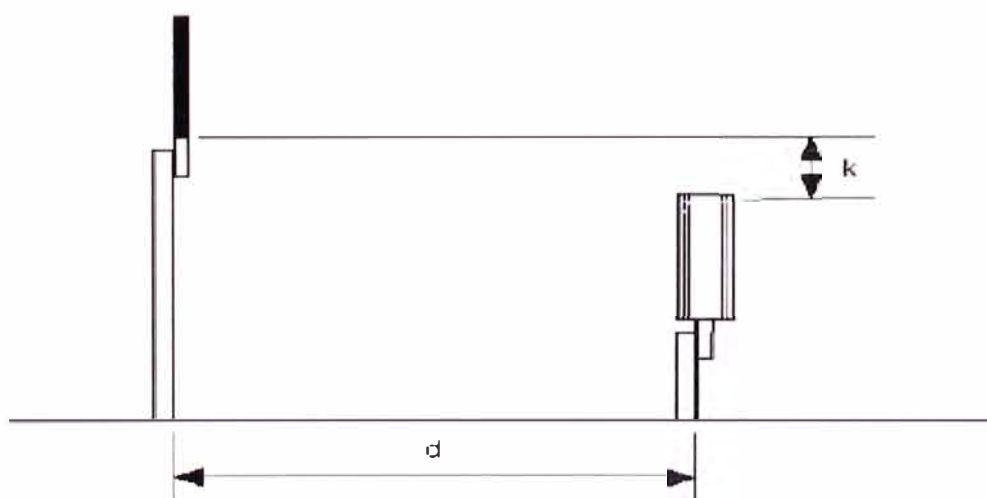


Fig 3.14 Vista lateral de las 2 antenas.

Separación Horizontal para Diversidad de Espacio

Cuando la diversidad de espacio es utilizada las antenas de un mismo sector se debe mantener una separación mínima entre ellas para garantizar la ganancia esperada por diversidad. De la Fig.3.15 la separación mínima debe ser de 4m. y se recomienda 6m.

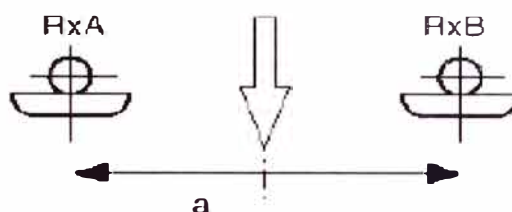


Fig.3.15 Vista superior de las 2 antenas.

b).- Obstrucciones en Área Cercana

Obstáculos o materiales reflexivos que puedan obstruir la propagación de la señal desde la antena se consideran un inconveniente para el sistema. Su influencia depende de la ubicación de antenas (azotea, pared, torre, etc.) y su impacto puede ser previsto considerando las siguientes recomendaciones.

- Montaje de Antenas en Azotea

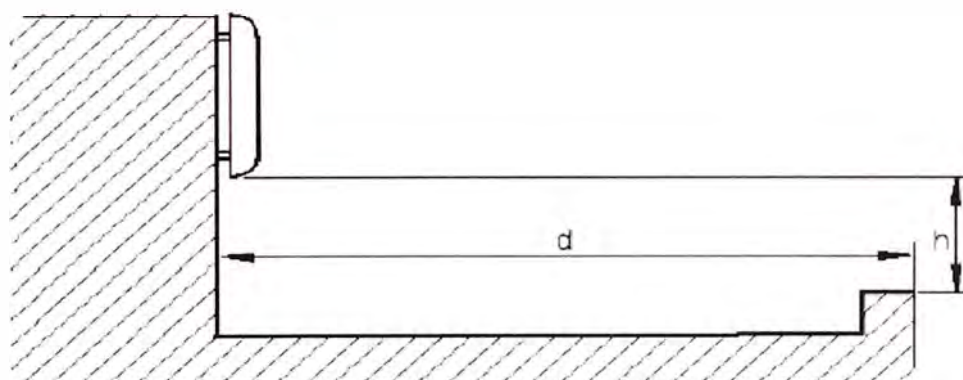


Fig.3.16 Vista lateral para antenas montadas en azotea.

Para evitar obstrucción por parte de los bordes de la azotea se deben tener en cuenta los siguientes valores.

Tabla 3.3 Valores a considerar.

Distancia al Borde del Obstáculo (d)	Altura Mínima Requerida (h)
0-1 m	0.5 m
1-10 m	2 m
10-30 m	3 m
>30 m	3.5 m

- Montaje de Antenas en Pared

En el caso de antenas instaladas en pared la orientación ideal corresponde a un ángulo perpendicular a la pared como lo indica la Fig.3.17.

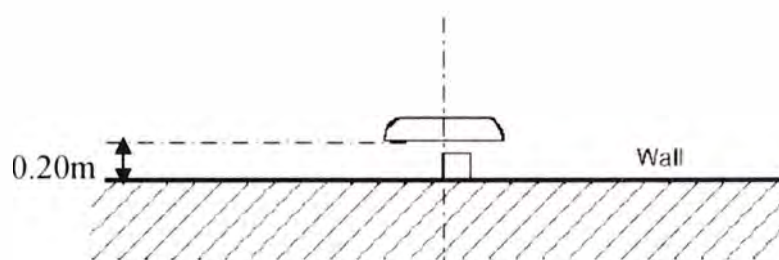


Fig.3.17 Vista superior de la antena.

En donde no sea posible mantener esta condición la desviación máxima del ángulo perpendicular no deberá superar los 15° .

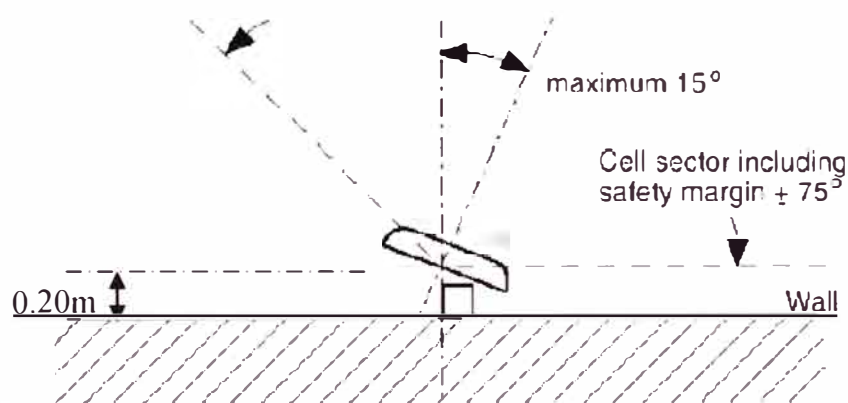


Fig.3.18 Vista superior de la antena.

c).- Requerimientos para la instalación de cables de RF GSM

Para cada una de las nuevas antenas GSM se consideran cables de RF independientes de los sistemas actuales. Lo cual implica requerimientos de espacio en las escalerillas porta cables los cuales se especifican a continuación de acuerdo al tipo de cable.

Tabla 3.4 Valores a considerar.

Tipo de Cable	Ancho mínimo requerido en escalerilla por cada 2 líneas	Radio Mínimo de Curvatura
7/8"	0.13 m	0.3 m
1 5/8"	0.17 m	0.5 m

d).- Configuraciones de los emplazamientos

Combinadores

Para el diseño del plan nominal de sitios se considera el uso de FDuamco 4:2 (o su equivalente) en todos los sectores de la red, a excepción de los sectores con cobertura exclusivamente carreteras en las cuales se considerará el Duamco 2:2. Las siguientes son las pérdidas por tipo de Duamco:

Tabla 3.5 Valores a considerar para los Duamcos.

Tipo de Duamco	Pérdidas Máximas
4:2	5.7 dB
2:2	2.5 dB

Carrier Units

En los sitios planeados para el lanzamiento de la red GSM se considera el uso de EDGE *Carrier* CU V3, y para los sitios nuevos y expansiones de red a partir de la implementación de BR8.0 se considerará el uso de FlexCU. Las cantidades de CUs por sector dependerán de los datos particulares de tráfico por sector actualizados previstos por la empresa Operadora.

Número de Sectores

Para el Overlay 1:1 de GSM se tendrán en cuenta para el diseño nominal las mismas configuraciones de cantidad de sectores de la red actual. Los sitios nuevos en fases posteriores se consideran de 3 sectores, pero su configuración final va a depender del objetivo de cobertura y tráfico requerido en particular.

Tabla 3.6 Características de las antenas a utilizar.

Model	Manufacturer	Frequency Range (Mhz)	POLARIZATION	DUAL BAND	HORIZONTAL BW	VERTICAL BW	GAIN (dBi)	ELECTRICAL DOWNTILT	Max Power (W)	Height x Width x Deep (mm)
					(Degrees)	(Degrees)		(Degrees)		
742266	Kathrein	824 - 960 1710 - 2170	X - Pol	Yes	68	8.1	16.5	0.5 - 7	250	2516 x 262 x 139
					65	5.0		0 - 6		
APX15CV - 15PVB	RFS	824 - 894 1850 - 1990	X - Pol	Yes	65	9.0	15.5	0 - 10	500	2080 x 330 x 130
					65	5.0		0 - 10		

La empresa Proveedor puede ofrecer antenas de modelos diferentes a los especificados en la tabla anterior siempre y cuando se mantengan las especificaciones descritas con previa aprobación escrita por la empresa Operadora.

Cables de RF de la BTS a la antena

A solicitud de la Operadora, se utilizará los cables 7/8" de dieléctrico *foam* para distancias de recorrido menores a 60 mts, para distancias mayores a 60 mts se utilizará los cables 1 5/8". Se utilizarán *jumpers Superflex 1/2"* con una longitud de hasta 2m para la parte superior(lado de las Antenas) y de hasta 3m para la parte inferior(lado de la BTS).

3.2.- Solución 2 : La población no permite instalar "Antenas", por tanto no se puede instalar una EBC sin su consentimiento.

Este problema es muy común sobretodo en los lugares mas alejados de la ciudad, en los conos de Lima metropolitana. Se aduce a la radiación emitida por las antenas celulares que producen malestares y enfermedades en las personas que viven cercanos a la EBC. Lo cual a la fecha solo queda en sospechas infundadas; por tanto para solucionar este inconveniente se instalan EBCs mimetizados (camuflados) dando la apariencia de una vivienda normal como cualquier otra de la zona.



Fig.3.20 EBC visto por fuera, con apariencia de una casa familiar de la zona.



Fig.3.21 La misma EBC visto por dentro, donde se muestra las antenas GSM dual band instalados.

3.3.- Solución 3 : En muchos casos las EBC existentes tienen instaladas las antenas a una altura muy baja , por tanto no cumple su función de cobertura.

Para solucionar este problema se recurre a las siguientes posibilidades:

a).- Instalar torres mas altas, si no hay inconvenientes con la población vecina a la EBC.



Fig.3.22 Ampliaciones de estructuras en torre para ganar altura con las antenas.

b).- Por temas de costo, espacio y poco peso que soportaría la estructura base, también se instalan en la parte superior mástiles largos de hasta 8m de alto arriostrados y con pasos para la operación y mantenimiento de las mismas.



Fig.3.23 Ampliación de torres con mástiles.

c).- Si no se puede instalar a alturas mayores por problemas con la población vecina a la EBC, entonces lo único que queda es instalar más EBCs cercanas al existente para cubrir los “huecos” dejados por la primera EBC.

3.4.- Solución 4 : Las EBC instaladas alejadas de la ciudad (generalmente en cerros) carecen de energía eléctrica comercial, por tanto se utilizan grupos electrógenos que son costosos para su mantenimiento, otro inconveniente en esos lugares es la baja conductividad de la tierra entonces se tiene el problema de los pozos de tierra que miden un alto ohmiaje alrededor de los 10 Ohm., también esta la falta de seguridad para salvaguardar la integridad de los equipos y cableado que es muy común que se los hurten.

Para resolver el problema de carencia de la energía eléctrica, la única solución es contratar el servicio de las compañías que lo proveen, en el menor tiempo posible para evitar mayores costos por el combustible requerido por el grupo electrógeno.

La solución a la baja conductividad de la tierra en los cerros, se da instalando anillos de cobre alrededor de la EBC creando una especie de jaula de cobre protectora, como indica el gráfico.

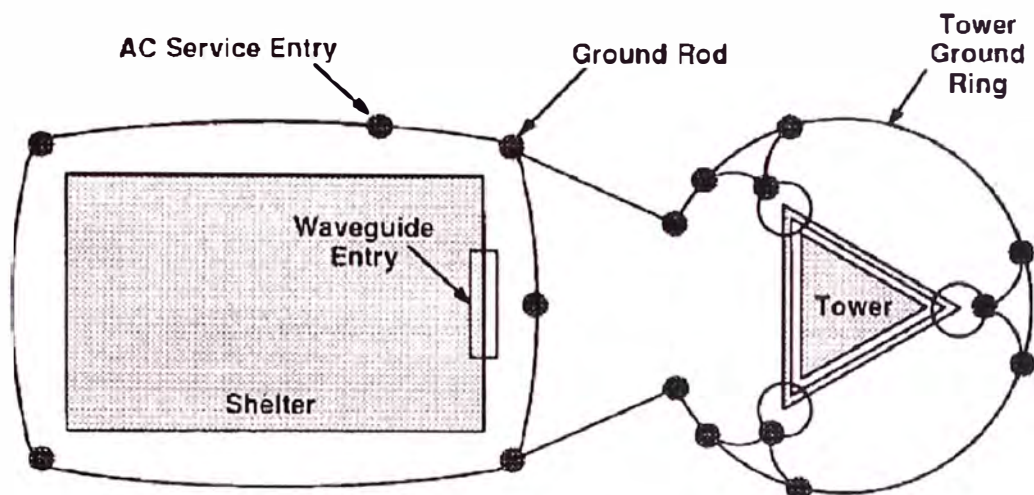


Fig.3.24 Diagrama de instalación del sistema de tierra en una EBC.

Para solucionar la falta de seguridad en las EBC se instala un circuito cerrado de seguridad, con las alarmas conectadas en la regleta de la BTSE, que tienen la opción de poder configurar alarmas externas y estas a su vez pueden ser gestionadas remotamente desde el CGM(centro de gestión de móviles); y en los lugares mucho mas peligrosos se requiere contar de forma permanente con un vigilante en la EBC.

3.5.- Solución 5 : Algunas EBC existentes y que están ubicados en lugares públicos como Hoteles de lujo, Entidades del Estado, Edificios Empresariales, Casas familiares no permiten instalar nuevos equipos, antenas, infraestructura nueva para ampliar la capacidad de trafico o instalar una nueva tecnología, porque malogra la estética del edificio.

Una de las opciones para resolver este problema es instalar nuevas EBCs con equipos de menor capacidad de TRX y obviamente de menor costo como las uBTS ó nanoBTS aledaños a la primera para cubrir los niveles de tráfico y cobertura que se requería de la primera.

La otra opción es reutilizar la infraestructura externa como antenas, feeder, aterramientos y sistemas de energía con los nuevos equipos GSM, teniendo cuidado de que estos cumplan los requerimientos mínimos que se necesita para un adecuado funcionamiento.

3.6.- Solución 6 : El Operador quiere minimizar costos y pide que se reutilice la infraestructura y cables de equipos de tecnologías que se apagará como el TDMA y el CDMA IS-95 para implementar la Red GSM.

Para reutilizar la infraestructura utilizada por las tecnologías fuera de servicio como el TDMA y el CDMA IS95 se deben tener las siguientes consideraciones:

- Las escalerillas porta cables deben estar en buen estado para soportar la nueva instalación de cableado para la BTS GSM.
- Para reutilizar el cable feeder 7/8 se toman medidas de ROE con un "Site Master" los cuales deben ser menores a 1.13 para el cable solo, y al hacer la prueba del DTF los picos de la grafica correspondiente no debe ser mayor a 1.04 si pasa ambas pruebas entonces este cable puede aun ser reutilizado, pero indefectiblemente se tendrá que cambiar los conectores del mismo en ambos extremos.

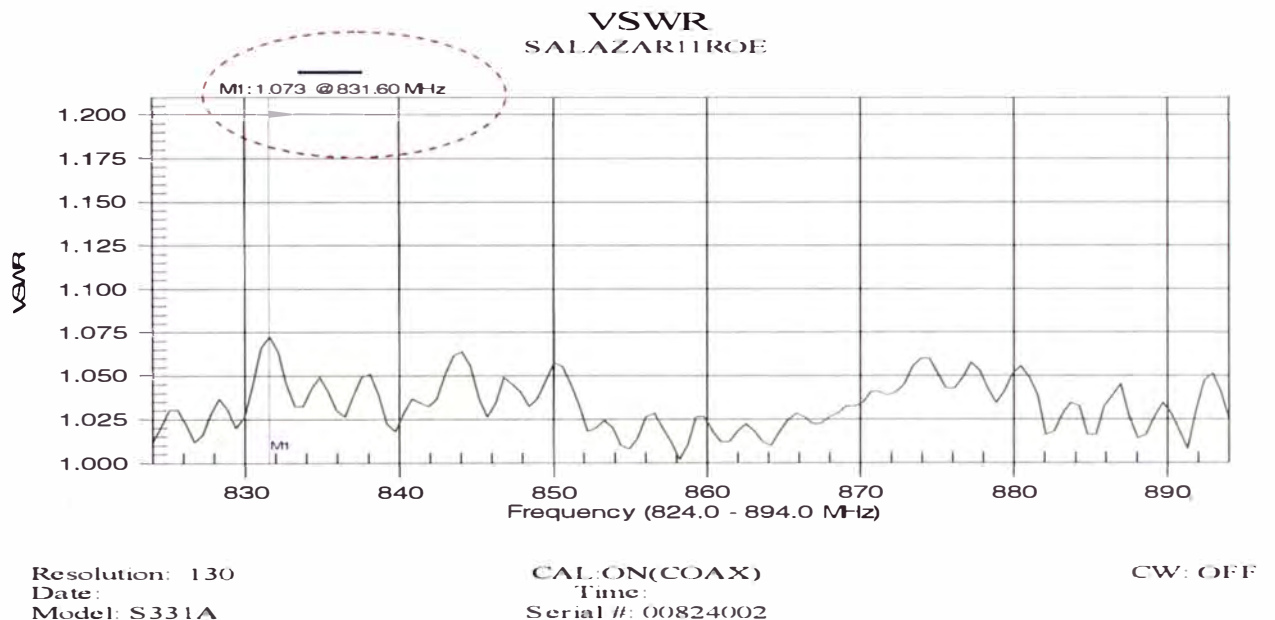


Fig.3.25 Grafica VSWR obtenido del Site Master indicando la medición de un cable feeder que se reutilizara.

3.7.- Solución 7 : Se construyen edificios altos cercanos a la EBC.

Para solucionar este inconveniente se modifican los azimuths de las antenas sectoriales, buscando salir del obstáculo que se tiene (el edificio) e instalando luego repetidores para cubrir la zona no cubierta por el movimiento del azimuth.

Si el edificio no es tan alto y tenemos la posibilidad de elevar la antena sectorial, se realiza dicha acción y para no variar el planeamiento de cobertura inicial se modifican los tilt mecánico y eléctrico según las necesidades.

3.8.- Solución 8 : El Operador – Cliente pide la implementación de la Red GSM en Lima con 294 EBC en la banda 850Mhz. durante 3 meses para la primera fase del proyecto.

Para solucionar el tiempo reducido que se tiene para implementar las 294 EBCs vamos a ayudarnos y reconocer las tareas a realizar:

3.8.1.- Definiciones y Requisitos para la implementación de la red GSM

3.8.1.1- Estrategia de planificación general

El objetivo principal consiste en planificar e implementar una red GSM con estándares de calidad y cobertura acordes con las especificaciones del RFQ enviado por Telefónica Móviles en el Anexo 1 Documento Final Radio.

En la planificación se aprovecharán al máximo los emplazamientos de la red actual constituyéndose un *overlay* GSM 1:1 sobre la red existente CDMA-TDMA para ahorrar inversiones de infraestructura, y se pretende facilitar a Telefónica Móviles la adquisición de emplazamientos para los sitios nuevos considerados. Los sitios existentes serán evaluados mediante el proceso de *survey* técnico para determinar la viabilidad de utilizar el emplazamiento para GSM desde el punto de vista de RF y de implementación.

Ambas partes colaborarán estrechamente y de buena fe para conseguir la solución apropiada al mínimo coste. Siempre que sea posible y razonable, ambas partes se mostrarán conformes en realizar modificaciones locales con respecto a los criterios de diseño de radiofrecuencia en caso de que estos cambios supongan un ahorro en costes o agilicen el proceso de implementación y puesta en funcionamiento, como son las adecuaciones de infraestructura y los procesos de adquisición de nuevos emplazamientos teniendo en cuenta la calidad de la red.

3.8.2.- Servicios

3.8.2.1.- Tipos de servicio

La red deberá ofrecer servicios de voz en las correspondientes áreas para teléfonos móviles GSM 850 MHz de clase 4. También debe ofrecer servicio de voz en ciertas zonas para teléfonos móviles GSM 1900 MHz, estas zonas han sido indicadas por Telefónica Móviles en el Anexo 1 Documento Final Radio y han sido denominados sitios para corredor Turístico o Roaming.

3.8.2.2.- Probabilidad de servicio

La Tabla 3.7 muestra los valores del diseño para la probabilidad de servicio por clutter así como la desviación estándar tomada como base que deberá considerarse en el cálculo del link budget.

Tabla 3.7 Valores a considerar.

Tipo de clutter	Voz	
	Probabilidad de servicio en área [%]	Desviación estándar [dB]
Urbano denso	95	9
Urbano	95	9
Suburbano	90	8
Rural	85	7
Carreteras	85	7

La Tabla 3.8 relaciona los clutters definidos en mapas digitales y los clutters de diseño.

Tabla 3.8 Relación de Clutter de Diseño y Mapa

Tipo de clutter Diseño	Tipo de clutter Mapa
Urbano Denso	Dense Urban, Buildings
Urbano	Airport, Industrial, Open in Urban, Open street in Urban, Comercial
Suburbano	Suburban_high_residential, Low Urban, Village/Town, Parks,
Rural	Agriculture, Forest, Open Land, Sea, Inland Water, River
Carreteras	Los mismos del clutter Rural

Los valores indicados de desviación estándar están basados en experiencias de Siemens, y se especifican como los valores requeridos para garantizar los valores de KPI's incluidos en el VAM (Verification and Acceptance Document). Telefónica acepta los valores propuestos por Siemens de buena fe.

3.8.3.- Planificación de Tráfico

3.8.3.1.- Parámetros de Modelo de Tráfico

La Tabla 3.9 especifica los parámetros de diseño de modelo de tráfico aplicables a la red de radio.

Tabla 3.9 Parámetros de diseño para una red.

Parámetros	Valor / Comentarios
Tráfico de voz / Usuarios durante hora cargada (BH)	8.0 mErl/usuario
QoS durante hora cargada	2%
Vocodificadores AMR FR/ AMR HR	20% AMR-FR 80% AMR-HR

3.8.3.2.- Distribución de Tráfico

Por limitaciones de espectro para el lanzamiento de GSM cada sitio tendrá como máximo 2 CU's por sector en la capa de 850 Mhz. Los incrementos adicionales de CU's dependerán de las liberaciones adicionales de espectro en la banda de 850MHz, o en la banda de 1900MHz. La siguiente tabla muestra la configuración máxima por sector considerando el cronograma de liberación de espectro previsto por la empresa Operadora:

Tabla 3.10 Predicciones de distribución de tráfico.

	Total Banda útil GSM -850	Total Banda útil GSM-1900	Configuración Máxima permitida por sector (800MHz-1900MHz)
Feb-06	3.6 MHz	2.5 MHz	222 - 111
Jun-06	5.4 MHz	2.5 MHz	444 - 111
Dec-06	6.8 MHz	2.5 MHz	555 - 111

Los datos de configuración máxima indicados consideran el uso de BR7.0 en la BSC.

3.8.4.- Parámetros de Link Budget

En las siguientes tablas se resumen las suposiciones para los parámetros aplicables al cálculo del link budget.

3.8.4.1.- Potencia de Estación Móvil / Estación Base

Tabla 3.11 Valores a considerar.

	Potencia de salida Estación Móvil	Potencia de salida Estación Base
Voz	33 dBm (2W)	48 dBm (63 W)

Se toman como base teléfonos móviles de clase 4 y el uso de EDGE carrier CU.V3

3.8.4.2.- Sensibilidad de Estación Móvil / Estación Base

La sensibilidad en el link budget considera un entorno estático y es ajustado utilizándose el margen de degradación por clusters conforme al ítem 5.6.

Tabla 3.12 Valores a considerar.

	Sensibilidad de Estación Móvil	Sensibilidad de Estación Base
Voz	- 102,0 dBm	- 111,0 dBm

Se toma como base teléfonos móviles de clase 4 y el uso de EDGE.

3.8.4.3.- Ganancia por Diversidad

Para diversidad RX, se asume una ganancia de 3 dB siendo este un valor promedio.

3.8.4.4.- Pérdidas por Penetración y por el Cuerpo Humano

En la tabla inferior se especifican las suposiciones realizadas para el link budget en cuanto a pérdidas por penetración en interiores y por el cuerpo humano.

Tabla 3.13 Valores a considerar.

	Urbano denso [dB]	Urbano [dB]	SubUrbano [dB]	Rural [dB]	Vehículo [dB]
Pérdida por Penetración (voz)	20	16	12	6	6
Pérdida por obstaculización (cuerpo) (voz)	3	3	3	3	3

3.8.4.5.- Otros parámetros del Link Budget

Tabla 3.14 Valores a considerar.

	Urbano denso	Urbano	Suburbano	Rural	Carretera
Pérdida de combinador (4:2 / 2:2)	5,7 dB	5,7 dB	5,7 dB	5,7 dB	2,5 dB
Pérdida en cable	3,0 dB	3,0 dB	3,0 dB	3,0 dB	3,0 dB
TMA instalado	No	No	No	No	No
Booster instalado	No	No	No	No	No
Altura antena de estaciones móviles	1,5 m	1,5 m	1,5 m	1,5 m	1,5 m

3.8.4.6.- Visión general de clases de móviles

Con la información dada, el link budget arroja las clases de móviles requeridas en dBm para entornos particulares (clutter).

Tabla 3.15 Valores a considerar.

	Urbano denso (indoor)	Urbano (indoor)	Suburbano (indoor)	Rural (indoor)	Carretera (incar)	Rural (outdoor)
Sensibilidad RX	-102 dBm	-102 dBm	-102 dBm	-102 dBm	-102 dBm	-102 dBm
Pérdida en interiores / en vehículos	20 dB	16 dB	12 dB	6 dB	6 dB	0 dB
Pérdida por obstaculización (cuerpo)	3 dB	3 dB	3 dB	3 dB	3 dB	3 dB
Margen de degradación de sensibilidad en RX (inherente al transmisor)	0	0	0	2	2	2
Margen de degradación debida a interferencias (C/I)	3 dB	3 dB	3 dB	3 dB	3 dB	3 dB
Margen de desvanecimiento a largo plazo	10,2 dB	10,2 dB	5,6 dB	2,5 dB	2,5 dB	2,5 dB
Desequilibrio de vía (DL – UL)	-2,7 dB	-2,7 dB	-2,7 dB	-2,7 dB	-1,5 dB	-2,7 dB

De acuerdo con la Tabla 3.15, los siguientes niveles de cobertura indicados en la Tabla 3.16 (clase de móviles) por clutter se deben cumplir en la planeación de cobertura de la red y describen los niveles de señal de diseño que se va a utilizar en la herramienta de predicción.

Tabla 3.16 Niveles de cobertura.

	$X \geq -65 \text{ dBm}$	Urbano Denso (indoor)
	$-65 \text{ dBm} > x \geq -69 \text{ dBm}$	Urbano (indoor)
	$-69 \text{ dBm} > x \geq -78 \text{ dBm}$	Suburbano (indoor)
	$-78 \text{ dBm} > x \geq -86 \text{ dBm}$	Carretera(incar) & Rural (indoor)
	$-86 \text{ dBm} > x \geq -92 \text{ dBm}$	Rural (outdoor)

3.8.5.- Planificación de frecuencias

3.8.5.1.- Asignación de espectro y frecuencias

Para la planificación de frecuencias, Siemens asume que Telefónica Móviles dispone de un espectro con un ancho de 12.5 MHz dentro de la banda de 850 MHz, del cual estaría disponible para la etapa de lanzamiento GSM a partir de Enero del 2006 un mínimo de 3.6 MHz; el espectro disponible será incrementado según acuerdo con Telefónica Móviles, a medida que se tenga la disponibilidad de hacer liberaciones adicionales, esto ayudará a tener la capacidad planeada final en algunas estaciones para el 2006.

La estrategia para la asignación de frecuencias consiste en ofrecer la mejor calidad posible, en particular en el BCCH. Por ello Siemens network planning estará en condiciones de elaborar un plan de frecuencias adecuado.

La planificación de frecuencias se realizará con asignación de frecuencias fijas para los TRXs del BCCH y con grupos de frecuencia de Synthesized Frequency Hopping para los otros TRXs. Se van a utilizar 12 canales de RF GSM en el BCCH y 6 canales de RF GSM para el SFH. Con la utilización del combinador tipo DUAMCO, es necesario solamente un canal de RF GSM de guarda (200kHz) entre las frecuencias utilizadas en el mismo DUAMCO.

3.8.5.2.- Interferencia C/I

La tabla inferior muestra los umbrales de diseño mínimos que se debe utilizar para la simulación de interferencia C/I en los servicios de voz.

Tabla 3.17 Valores a considerar.

Clutter/ Voz%	Voz	
	BCCH [dB]	TCH [dB]
Urbano denso 95%	12	10
Urbano 95%	11	9
Suburbano 90%	10	9
Rural 85%	9	9
Carreteras 85%	9	9

Para cumplir el plazo pactado con el cliente se tomo las siguientes estrategias:

- Se solicito las copias de las llaves de todos los sites, con eso se facilitaba el acceso a los mismos ahorrándonos el tiempo de gestión que se hubiese hecho día a día para tener acceso fluido a las EBCs.
- Se contrato una empresa especializa en la logística de equipos, quienes se encargaron de repartir equipos y materiales necesarios en todos los sites.
- Las empresas contratistas locales especializadas en el rubro no podrían cubrir el trabajo en el plazo pactado, por tanto se convoco otras 3 empresas latinoamericanas para cubrir la demanda del trabajo y cumplir los plazos pactados con el cliente. Ellos se encargaban de la instalación de equipos y el sistema radiante correspondiente.
- Se contrato personal local especializado en implementación de EBCs, quienes estaban encargados de la supervisión, comisionamiento, integración y finalmente la aceptación de las EBCs por parte del cliente.
- El área de planeamiento de red realizado por la empresa trabajaba en forma paralela al área de implementación de redes al igual que el área de core.

Finalmente se cumplió con la entrega de la red GSM con las 294 EBCs en servicio comercial, con los parámetros de calidad comprometidos y en el plazo pactado.

3.9.- Solución 9 : Las EBC adyacentes a lugares públicos muy concurridos tales como centros comerciales, playas, estadios, hospitales, aeropuertos, etc no pueden cubrir la capacidad de tráfico en la zona.

Para solucionar este inconveniente se instalaron MicroBTSs, nanoBTSs y picoBTSs para cubrir la demanda de tráfico en zonas específicas que los requerían.

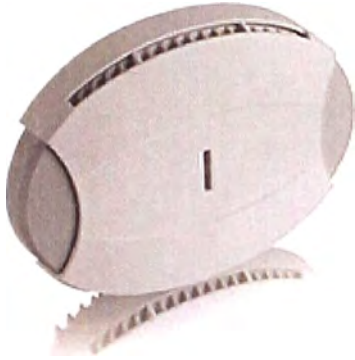


Fig.3.26 Nano BTS



Fig.3.27 Pico BTS



Fig.3.28 Micro BTS

CAPITULO IV:

COSTOS, PRESUPUESTOS Y DIAGRAMA DE TIEMPOS DE LA IMPLEMENTACION DE LA RED GSM

En la planificación de la red GSM se aprovecharán al máximo los emplazamientos de la red actual constituyéndose un overlay GSM 1:1 sobre la red existente CDMA-TDMA para ahorrar inversiones de infraestructura, y se pretende facilitar a la empresa Operadora la adquisición de emplazamientos para los sitios nuevos considerados. Los sitios existentes serán evaluados mediante el proceso de survey técnico para determinar la viabilidad de utilizar el emplazamiento para GSM desde el punto de vista de RF y de implementación.

Ambas partes colaborarán estrechamente y de buena fe para conseguir la solución apropiada al mínimo coste. Siempre que sea posible y razonable, ambas partes se mostrarán conformes en realizar modificaciones locales con respecto a los criterios de diseño de radiofrecuencia en caso de que estos cambios supongan un ahorro en costes o agilicen el proceso de implementación y puesta en funcionamiento, como son las adecuaciones de infraestructura y los procesos de adquisición de nuevos emplazamientos teniendo en cuenta la calidad de la red.

Los costos y presupuestos implicados para la implementación de la Red GSM los dividimos en dos partes:

4.1.- Costos por Equipos GSM, Infraestructura y Materiales.

La Tabla 4.1 refiere a los costos que se tuvo que realizar para implementar 275 EBCs Indoor, 11 EBCs Outdoor, y 8 uBTS todos ubicados en el departamento de Lima haciendo un total de 294 EBCs.

También se incluye los materiales de adecuaciones e instalación de todo el sistema GSM dentro de la EBC tales como rieles para anclaje, pernos, cables de energía, antenas, cables feeder, grapas, grounding kit, conectores para cables feeder, jumpers de BTS y de antena, pasamuros y accesorios, etc.

Tabla 4.1 Costos por equipos GSM, Infraestructura y materiales de instalación.

EQUIPMENT and MATERIALS	ITEM	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO(\$)	PRECIO TOTAL(\$)
Racks	Type			
Indoor	BS240XL-II	275	8,234.00	2 264,350.00
Outdoor	BS241-II	11x2	7,346.00	161,612.00
Indoor/Outdoor	BS82-II	8	5,214.00	41,712.00
Rieles Outdoor		11	520.00	5,720.00
Modules				
COBA	4P12	286x2+8	1,134.00	657,720.00
COSA	4P12	275x2	626.00	344,300.00
COREX		11x2	154.00	3,388.00
OVPT		294	546.00	160,524.00
FCU 850		286x3 + 8	1,536.00	1 330,176.00
FCU 1900		286x3	1,536.00	1 317,888.00
ECU850		286x3	1,112.00	954,096.00
ECU1900		286x3	1,112.00	954,096.00
FDUAMCO850		286x3+8	812.00	703,192.00
FDUAMCO1900		286x3+8	812.00	703,192.00
FAN		275x8+11x6+8	33.00	75,042.00
ENERGY				
BATTERY	Power System	11x8	54.00	4,752.00
Rectifier AC/DC	AC/DCDV1	11x3	115.00	3,795.00
Converter	Eltek	275x5	165.00	226,875.00
Rack Indoor	Eltek	275	96.00	26,400.00
Flat Pack		275x2	112.00	61,600.00
Cables of Energy		294x12x2	3.12 x m.	7,056.00
Sistem Radiant				
Antenna	Dual Band	286x3+8	1,223.00	1 059,118.00
Jumper ½		(286x3x4+8x2)2	4.34	29,928.64
Feeder 7/8		(271x3x4+8x2)30	8.25	808,830.00

Feeder 1 5/8		(15x3x4)60	11.35	112,580.00
Connectors 7/8	rectos	(271x3x4+8x2)2	53.00	346,408.00
Connectors 1 5/8	rectos	(15x3x4)2	68.00	12,240.00
Connectors 1/2	rectos	8x2x2	42.00	1,344.00
Connectors	Acodados 7/8 -1/2	(286x3x4+8x2)2	74.00	510,304.00
Grounding Kit		(286x3x4+8x2)2	19.00	131,024.00
Accesorios		294	25.00	7,350.00
Transmision				
Conectores Siemens Hembra	Para Flex5	300x2	4.00	2,400.00
Conectores micro Siemens macho rectos	Para Flex5	300x2	3.00	1,800.00
Conectores micro Siemens macho acodados	Para Flex5	10x2	4.00	80.00
Conectores BNC	Para Flex5	30x2	4.00	240.00
Flexi cables	Flex 5	(294x2)10	0.80	5,880.00
Accesorios		294	4.00	1,176.00
SUB TOTAL :				7 066,656.00
IGV (19%) :				1 342,664.60
TOTAL 1 :				8 409,320.60

4.2.- Costos por Servicios de Implementación de la Red GSM.

En la Tabla 4.2 se indican los costos por servicios prestados para la Implementación de la Red GSM tales como empresas contratistas que realizaron el montaje de equipos, cableado de energía, cableado de aterramientos, cableado para la transmisión, cableado para el sistema de alarmas, cableado del sistema radiante, etc

También se contempla los costos por los servicios del personal interno de la empresa proveedora y su equipamiento de trabajo.

Tabla 4.2 Costos por servicio de Implementación de la Red GSM.

TIPO DE SERVICIO	ITEM	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO(\$)	PRECIO TOTAL(\$)
I&C	SUBCONTRATISTAS			
	Instalación de Ext. Racks Contrata	275x2+11x3+8	400.00	236,400.00
	Transporte e Izaje Ext. Racks	275x2+11x3+8	200.00	118,200.00
	Cuadrilla para Izaje Ext.	275x2+11x3+8	111.11	65,666.01
	Camioneta 4x4 y combustible	12x30x5	146.00	262,800.00
	PERSONAL			
	Comisioner Junior BTS	8x5	1,671.20	66,848.00
	Comisioner Senior BTS	2x5	6,964.48	69,644.80
	Soporte RC	1x5	6,964.48	34,822.40
	TOOLS			
	Alquiler de Lap tops	11x5	188.00	10,340.00
	TEMS	11x5	78.75	4,331.25
	Carro/Taxis	11x5	1,333.33	73,333.15
	Celulares	11x5	24.00	1,320.00
	Uniformes	11	112.00	1,232.00
	Costos menores		800.00	800.00
	Cajas de Herramientas	11	525.00	5,775.00
	Equipos de Altura	11	170.00	1870.00
	CORINA	4	30.00	60.00
	Office Space	1x7	1,000.00	7,000.00
Adecuaciones				
	Adecuaciones EBC	294	150.00	44,100.00
	Movilidad	1x5	555.56	2,777.80
PM	Logística			
	Almacenista	2x5	700.00	7,000.00
	Líder Logística	1x5	4,224.00	21,120.00
	Soporte Logística	1x5	400.00	2,000.00
	OFICINA			
	Líder Implementación	1x7	6,964.48	48,751.36
	Líder Adecuación	1x7	6,964.48	48,751.36
	Tickets	3	580.00	1,740.00
	Visas (I&C)	3	250.00	750.00
	Otros gastos	5	101.14	505.70
	Teléfonos	1x5	250.00	1,250.00
	Repuestos adicionales		17,000.00	17,000.00
	Servicio Nacional TAC	1x5	13,000.00	65,000.00
	SUB TOTAL :		1 221,188.80	
	IGV (19%) :		232,025.87	
	TOTAL 2 :		1 453,214.67	

Finalmente se puede resumir el costo total para la implementación de la Red GSM en la suma de:

$$\text{TOTAL 1} + \text{TOTAL 2} = \$ 9\,862,535.2$$

4.3.- Tiempo de Ejecución del Proyecto

El Cliente requiere la implementación de la Red GSM en Lima con 294 EBC en la banda 850Mhz. durante 3 meses para la primera fase del proyecto, con el cual la red GSM operará en COMERCIAL, prestando el servicio al público con los niveles de cobertura comprometidos al finalizar la 1ra fase del proyecto, que a continuación se detallan:

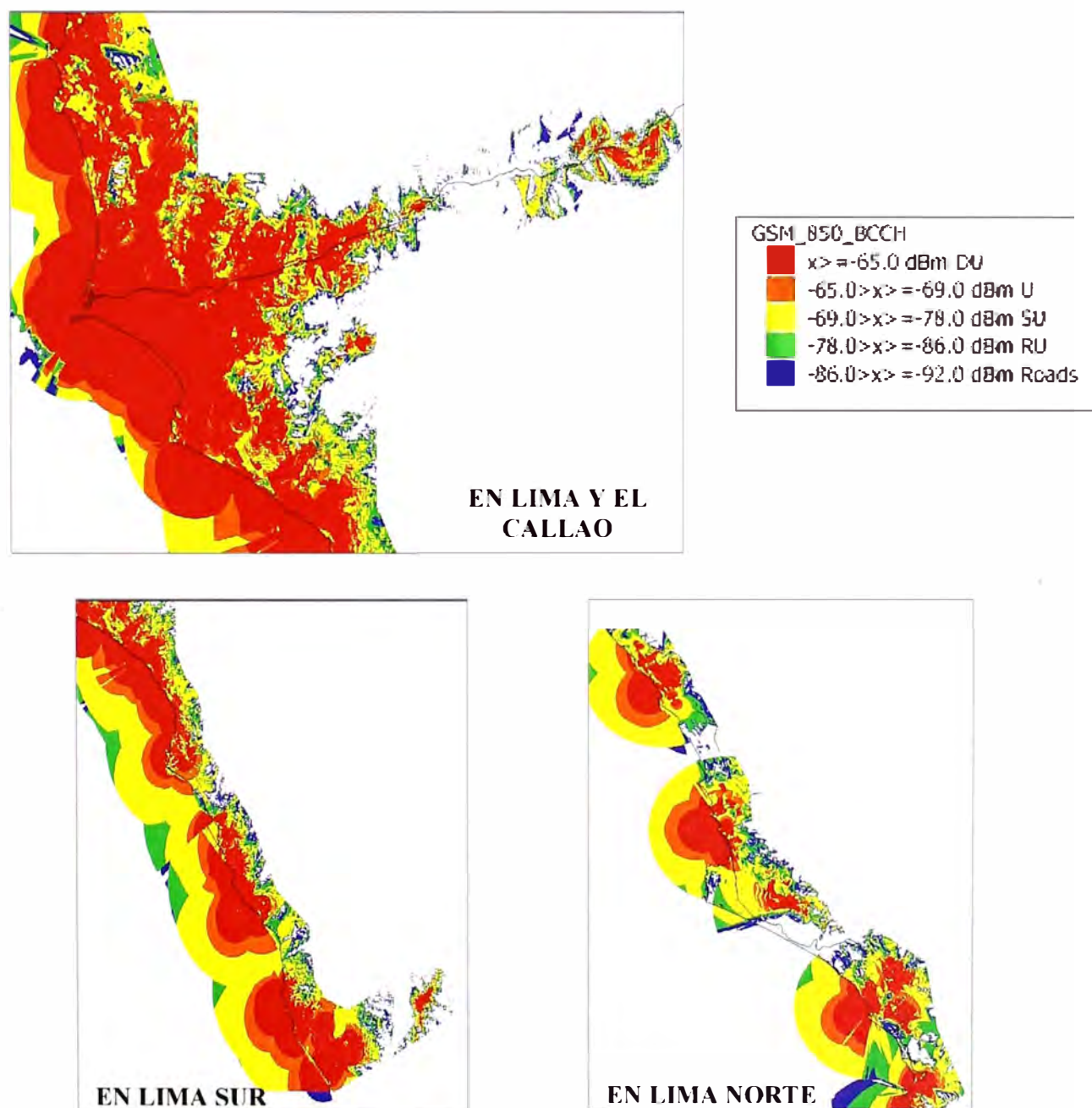


Fig.4.1 Niveles de Cobertura comprometido al finalizar la 1ra fase del proyecto.

4.3.1.- Diagrama de Tiempos:

a).- Para la implementación de una EBC.

ACTIVIDADES	TIEMPO EN DIAS							
	1	2	3	4	5	6	7	8
TSS								
Adecuaciones de instalación de la BTS								
PISM								
Instalación de equipos y sistema radiante								
Comisionamiento, integración y puesta en servicio de la BTS								
Aceptación de la EBC por el cliente								

Para la realización las actividades indicadas se necesita tener:

1 Ingeniero que realizaría el TSS, la supervisión de las adecuaciones y el PISM.

1 Ingeniero para la supervisión de la instalación de la BTS, comisionamiento, integración, puesta en servicio y entrega al cliente de la EBC.

4 técnicos para realizar las adecuaciones y la instalación de la BTS.

b).- Para la implementación de las 294 EBCs.

ACTIVIDADES	TIEMPO EN MESES		
	1	2	3
TSS			
Adecuaciones de instalación de la BTS			
PISM			
Instalación de equipos y sistema radiante			
Comisionamiento, integración y puesta en servicio de la BTS			
Aceptación de la EBC por el cliente			

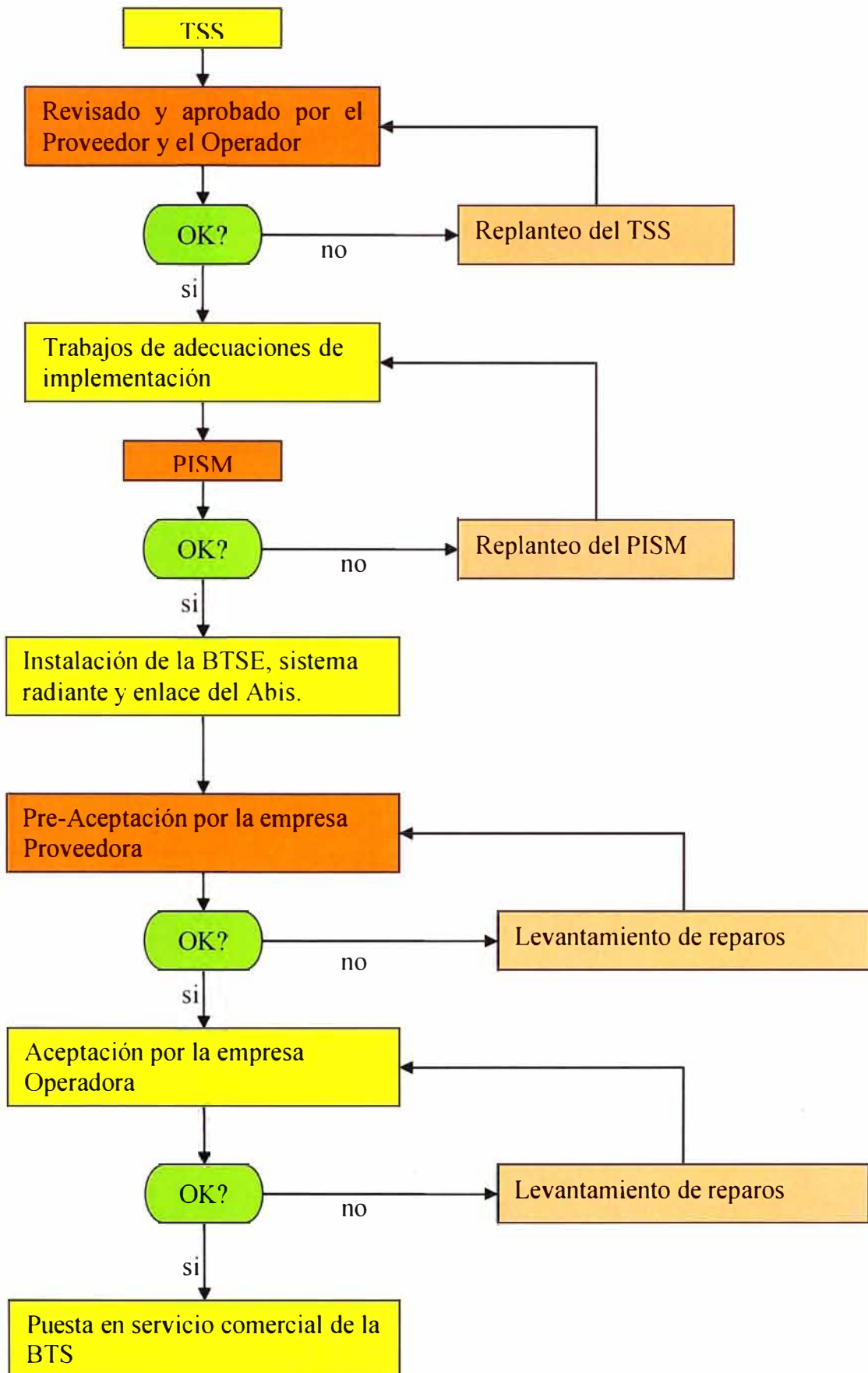
Para cumplir con los plazos comprometidos se tuvo:

10 Ingenieros incluido el PM del área encargados de los TSS, la supervisión de las adecuaciones y el PISM.

10 Ingenieros incluido el PM del área encargados de la supervisión de la instalación de la BTS, comisionamiento, integración, puesta en servicio y entrega al cliente de la EBC.

35 cuadrillas (cada cuadrilla formada por 4 técnicos) para realizar las adecuaciones y la instalación de la BTS.

4.4.- Diagrama de flujo de la Implementación de la Red GSM



CONCLUSIONES

Al finalizar el trabajo de Implementación de la Red GSM cumpliendo los plazos comprometidos por la empresa Provedora, llegamos a las siguientes conclusiones:

1.- Para poder instalar los equipos GSM finalmente se tuvo que apagar y desmontar los equipos TDMA y CDMA IS-95, reutilizando la infraestructura útil y instalando adecuaciones nuevas necesarias para los equipos 2G.

2.- En los lugares donde la población no permitía instalar EBCs nuevas, sin presentar un sustento valido, se procedió a realizar las instalaciones utilizando mimetizados (camuflajes que pasaban inadvertidos por la población); esto debido al corto plazo que se tenía (la otra opción era concientizar a la población aledaña a la EBC a que puedan aceptar el aumento de cobertura de la red celular GSM en su zona ya que también sería una ventaja para ellos por el mejor desarrollo de la zona; hasta la fecha no se a demostrado de que las antenas generen algún tipo de enfermedades que atente contra la salud).

3.- Al finalizar el plazo establecido de la entrega de las 294 EBCs en servicio comercial, se realizo el drive test correspondiente, observándose en el los niveles de recepción y transmisión óptimos comprometidos con el cliente.

ANEXOS
GLOSARIO

GLOSARIO

2G	Refiere a la 2da generación de Tecnologías móviles.
3G	Refiere a la 3ra generación de Tecnologías móviles.
Abis	Interfaz de transmisión entre la BTS y la BSC.
AUC	Es una base de datos, con la misión de controlar a los móviles que se encuentran en su área de influencia.
BCCH	Broadcast Control Channel, canal de control de difusión.
BSC	Base Station Controller, controlador de estaciones base.
BSS	Base Station Subsystem, subsistemas de estaciones base.
BTS	Base Transceiver Station, estación base transceptora.
BTSE	Base Transceiver Station Equipment.
C/I	Relación de interferencia co-canal.
CCCH	Common Control Channel, canal de control común.
CDMA	Code Division Multiple Access, Acceso múltiple por división de código.
CDMA IS-95	CDMA Interim Standard 95, CDMA estándar interno 95.
CDMA 1X	CDMA con alta velocidad de transmisión de voz y data.
Clutter	Mapa de cobertura del suelo.
COBA	Core Base, tarjeta principal de la BTSE Siemens.
COSA	Core Satellite, tarjeta de ampliación de 24TRX y capacidad de EIs.
COREX	Core extensión, tarjeta de ampliación de 8TRX.
CU	Carrier Unit, tarjeta que representa 1 TRX.
DTF	Distance to Fault, distancia a la falla.
DUAMCO	Duplexer Amplifier Combiner, tarjeta 2G para 2 TRX..
EDGE	Enhanced Data Rates for GSM Evolution, la evolución de los sistemas de telefonía móvil GSM.
EIR	Es una base de datos que contiene la lista de terminales móviles.
FCU	Flexible CU, tarjeta que representa 2 TRX.
FDUAMCO	Flexible DUAMCO, tarjeta 2G para 4 TRX.
GSM	Sistema global de comunicaciones móviles.
HLR	Base de datos de gestión de usuarios móviles.
IDU	Unidad de Interior independiente (del sistema de microondas).

IMEI	Identificador internacional de equipos móviles.
IMSI	Identificador internacional de abonados móviles.
Link Budget	Formula para calcular la relación de potencias C/N.
MSC	Centro de conmutación móvil.
MMS	Servicio de mensajes multimedia.
NSS	Network Switching Subsystem, sub sistema de conmutación de redes.
ODU	Unidad al aire libre (del sistema de microondas).
OSS	Operation Subsystem, sub sistema de operaciones.
OVPT	Over Voltage Protect, tarjeta de protección de sobre voltajes.
PISM	Pre Installation Site Meeting, supervisión previo a la instalación.
RF	Radio Frequency, radio frecuencia.
ROE	Relación de Onda Estacionaria.
RSS	Radio Subsystem, sub sistema de radio móvil.
SIM	Módulo de identificación de abonado.
SMS	Servicio de mensajes cortos.
TCH	Traffic Channel, canal de tráfico.
TDMA	Time Division Multiplexing Acces, Acceso múltiple por división de tiempo
TRAU	Unidad Transcoder y Adaptadora de Velocidad.
TSS	Thechnical Site Survey, estudio técnico de campo.
VLR	Es una base de datos que contiene información de usuarios que no son abonados locales.
VSWR	Voltage Standing Wave Ratio, relación de onda estacionaria ó ROE.

BIBLIOGRAFIA

- 1).- SBS BR8.0 System Overview (Manuales SIEMENS)**
 - SBS Overview
 - BSC Architecture
 - BTSpplus Architecture
 - BS240XS
 - Enhanced MicroBTS
 - PicoBTS
 - TRAU Architecture
 - OMS-B Overview
 - Traditional BTSE Architecture

- 2).- HW Manual**
 - Base Transceiver Station Equipment**
 - HW:BTSE Modules**

- 3).- Telefónica Móviles Perú**
 - Red GSM en Perú**
 - ODD Lima (OBJECTIVE DEFINITION DOCUMENT)**