

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA**



**OPTIMIZACION DE UNA ESTACION BASE CELULAR  
MIMETIZADA PARA MEJORAR LOS INDICES DE  
ACCESIBILIDAD DE LA CELDA**

**INFORME DE SUFICIENCIA**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO DE TELECOMUNICACIONES**

**PRESENTADO POR:**

**PABLITO ALBIN OSORIO ESTRADA**

**PROMOCIÓN**

**2005 – I**

**LIMA – PERÚ  
2013**

**OPTIMIZACION DE UNA ESTACION BASE CELULAR MIMETIZADA PARA MEJORAR  
LOS INDICES DE ACCESIBILIDAD DE LA CELDA**

## **DEDICATORIA**

... El presente trabajo está dedicado a mi Madre, mi Esposa, mis Hijas, mis Hermanos y Amigos quienes me apoyaron en alcanzar esta meta trazada desde hace ya doce largos, maravillosos y valiosos años de mi vida tanto personal como profesional, muchas gracias.

## SUMARIO

El presente trabajo contiene los parámetros técnicos necesarios para implementar una estación base mimetizada donde se reduzca los problemas de accesibilidad a la red debido al camuflaje de la estación. Al principio se da una breve introducción teórica de los conceptos de redes GSM, partes de la red GSM, tipos de Construcciones Típicas en Zonas Urbanas y Rurales; se resalta las problemáticas que han llevado a la necesidad de camuflar las estaciones base en zonas metropolitanas y se indican los principales parámetros de accesibilidad a la red celular, los mismos que son motivo de análisis para definir los parámetros de implementación.

Al final del informe se muestran datos, fotos, planos, costos y comparativos de dos cambios de camuflaje en el norte del país, donde inicialmente contábamos con el típico tanque de agua elevado, el cual fue reemplazado por planchas de PVC para mimetizar el sistema radiante de la estación base, con lo cual se logro mejorar los parámetros de accesibilidad a la red celular.

Esta solución de mimetizado con PVC es empleada ahora en las diversas estaciones base de diferentes operadores de telefonía celular que tienen presencia en nuestro país, para ampliar y mejorar su cobertura en zonas urbanas donde la población y/o las autoridades locales prohíben o dificultan la instalación de Estaciones Base.

## INDICE GENERAL

<b>INTRODUCCION.....</b>	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO I.</b>	
<b>PLANTEAMIENTO DE INGENIERÍA DEL PROBLEMA.....</b>	<b>3</b>
1.1. Descripción del Problema.....	3
1.2. Objetivos del Trabajo.....	4
1.3. Evaluación del Problema.....	4
1.4. Limitaciones del Trabajo.....	5
1.5. Síntesis del Informe.....	5
<b>CAPITULO II.</b>	
<b>MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL.....</b>	<b>7</b>
2.1. Introducción al Estándar GSM.....	7
2.2. Concepto de Red Celular.....	7
2.3. Arquitectura de la Red GSM.....	8
2.3.1.Mobile Station.....	9
2.3.2.Base Station Sub-System.....	10
2.3.3.Network Sub-System.....	12
2.4. Interfaces y protocolos.....	16
2.5. Acceso al medio.....	18
2.6. Canales físicos y lógicos.....	19
2.6.1. Los canales de tráfico (TCH-Traffic Channels).....	20
2.6.2. Los canales de control (CCH-Control Channels).....	21
2.7. Ejemplo de una llamada GSM.....	26
2.8. Infraestructura Estación Base.....	28
2.8.1. Tipos de Estación Base a Implementar.....	28
2.8.2. Partes de una Estación Base.....	32
<b>CAPITULO III.</b>	
<b>DETERMINACION DE LAS NECESIDADES.....</b>	<b>40</b>
3.1. Necesidades de los Operadores Móviles.....	40
3.1.1.Mejorar Capacidad de Servicio.....	40
3.1.2.Ampliar Servicios Brindados.....	41
3.2. Planteamiento de Soluciones.....	41
3.3. Limitaciones a la Solución Planteada.....	42

3.4. Solución a los Problemas Inherentes.....	43
3.5. Estrategia para Viabilidad de Solución.....	43
<b>CAPITULO IV.</b>	
<b>INGENIERIA DEL PROYECTO.....</b>	<b>46</b>
4.1. Análisis de Radiopropagación de Antenas Sectoriales.....	46
4.1.1. Criterios del fabricante para obstáculos conductivos.....	46
4.1.2. Criterios del fabricante para obstáculos no conductivos.....	50
4.2. Análisis de Atenuación al Material de Camuflaje.....	52
4.2.1. Equipamiento empleado para realizar pruebas.....	53
4.2.2. Procedimiento para Medición de Atenuación al Material de Camuflaje.....	54
4.3. Parámetros Constructivos a considerar en una EBC Mimetizada.....	55
4.3.1. Búsqueda y Adquisición de Sitio.....	56
4.3.2. Elaboración del Proyecto.....	57
4.3.3. Construcción de Obra Civil y Obra Eléctrica.....	60
4.3.4. Implementación de Equipos.....	63
4.4. Variación de los índices de Accesibilidad en un EBC Mimetizada.....	64
<b>CAPITULO V.</b>	
<b>COSTOS DEL PROYECTO.....</b>	<b>68</b>
5.1. Comparativa de Costos Implementación EBC Mimetizado.....	68
5.1.1. Costo Construcción Mimetizado Típico.....	69
5.1.2. Costo Construcción Mimetizado con PVC.....	69
5.1.3. Análisis Costear Nuevo Mimetizado EBC.....	70
5.2. Costo Migración de Mimetizado en una EBC.....	71
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>73</b>
<b>ANEXO A</b>	
<b>GLOSARIO DE TÉRMINOS.....</b>	<b>75</b>
<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>79</b>

## INTRODUCCION

Los operadores de comunicaciones móviles se ven en la actualidad con la problemática de mejorar tanto cobertura como calidad de servicios, para lo cual necesitan ampliar su infraestructura de planta externa (Estaciones Base) e ir implementando nuevas tecnologías que brinden más y mejores servicios a sus clientes.

Cada vez se hace más cotidiana la presencia de las antenas celulares en zonas urbanas, esto a raíz del crecimiento urbano de nuestras ciudades; las personas que viven en las cercanías de estas antenas vienen mostrando su rechazo a las mismas por diversos motivos relacionados con su salud. Lo cual ha obligado a los operadores de comunicaciones móviles en camuflar sus Estaciones Base con estructuras que asemejen la infraestructura que las alberga. El diseño más común es el uso del tanque de agua elevado sobre una estructura de drywall que cerca y cubre los equipos de la Estación Base.

El objetivo del presente informe de suficiencia es identificar los problemas de accesibilidad de las llamadas a la estación base, que ocasiona este tipo de camuflaje y brindar parámetros constructivos que mejoren la accesibilidad.

Para identificar el problema de accesibilidad primero debemos entender cómo se produce la misma en una red celular e identificaremos que el principal problema se debe a las pérdidas de retorno que se ocasionan en el sistema radiante a raíz del camuflaje utilizado. Luego plantearemos como solución al problema parámetros constructivos para mejorar el camuflaje en el sistema radiante de la estación base, optando por el PVC debido a sus bondades dieléctricas y mecánicas.

El método de trabajo empleado en el presente informe es experimental basado en los índices de accesibilidad brindados por el sistema de monitoreo de una red GSM, en los cuales se observa una mejora de dicho parámetro luego de realizar el cambio del camuflaje en el sector que cubre a las antenas de radiofrecuencia.

El primer capítulo nos brinda un enfoque socio-cultural actual que ha llevado a las operadoras de comunicaciones móviles a camuflar sus estaciones base en las zonas urbanas, describe los posibles problemas que ocasionan los bajos índices de accesibilidad en la estación base, indica como problema principal al material empleado para camuflar al sistema radiante y menciona soluciones tentativas para mejorar la accesibilidad en la estación base.

El segundo capítulo detalla las partes de una red celular GSM, su interoperabilidad y método de acceso. Nos muestra los diversos tipos de infraestructura para implementar una Estación Base, ilustrando cada parte que la compone; envolviéndonos, de esta manera, en la terminología típica empleada y ubicándonos en el escenario del problema, las Estaciones Rooftop Mimetizadas.

El tercer capítulo indica el porqué las operadoras se ven en la necesidad de mejorar sus índices de accesibilidad y brinda un vistazo de los servicios actuales y a futuro con las tecnologías entrantes.

El cuarto capítulo hace mención a la solución del problema, optando por el PVC como material de camuflaje, también brinda parámetros y procedimientos constructivos para mejorar los camuflajes existentes.

El quinto capítulo analiza los costos de una operadora para la implementación del cambio de camuflaje en una estación base implementada con el tanque de agua elevado, también nos muestra la diferencia de costos entre implementar una estación base camuflada con PVC y otra con tanque de agua elevado.



# **CAPITULO I**

## **PLANTEAMIENTO DE INGENIERÍA DEL PROBLEMA**

### **1.1. Descripción del Problema**

Debido a la continua evolución de la tecnología y al masivo consumo de los servicios móviles, las operadoras que brindan estos servicios se ven en la necesidad de ampliar sus Estaciones Base para ofrecer una mejor cobertura e implementar más servicios.

En zonas metropolitanas la ampliación de Estaciones Base acarrea un reordenamiento de frecuencias y redimensionamiento de cada celda; para lugares de gran concentración de usuarios (como centros comerciales, centros de convenciones, coliseos, edificios multifamiliares, grandes residenciales, etc.) se pueden encontrar estaciones base del mismo operador separado por pocas cuadras. Esto genera un gran impacto visual negativo para la población al encontrarse torres y antenas celulares tan cercanas distribuidas a lo largo de alguna zona concurrida; es más, considerando la presencia de varios operadores móviles, este impacto visual se acrecienta ocasionando el rechazo de los pobladores a las antenas celulares.

En nuestro país las operadoras de comunicaciones móviles han encontrado grandes obstáculos para ampliar y mejorar la cobertura de sus servicios de telecomunicaciones brindados en zonas metropolitanas, debido a la misma coyuntura social y política que se viene presentando desde hace más de 5 años. Tanto la población como las autoridades locales se muestran adversas a que los operadores implementen más estaciones base; lo cual es muy contradictorio porque ellos mismos son los que exigen una mejor cobertura y mayor calidad de servicios a las operadoras, y esto no se puede lograr sin la ampliación de las redes móviles.

Sin embargo, las operadoras con el afán de mejorar sus servicios, han encontrado métodos para camuflar sus estaciones base, en complicidad con el propietario del predio y haciendo caso omiso a licencias de funcionamiento y otros trámites, logran implementar nuevas estaciones base sin que la población se entere de su existencia.

Entre los métodos de camuflaje más comunes podemos mencionar:

- Monopolos disfrazados de palmeras y/o árboles, con hojas de material dieléctrico que permiten la correcta propagación de señal de radiofrecuencia.
- Instalación de antenas camufladas, las que se instalan en las caras de los edificios,

con las cuales se omite la torre. Dichas antenas pueden tomar forma de columnas, paredes, chimeneas, ventanas y/o cualquier parte de fachada que se pueda diseñar. Obviamente esta solución es sumamente costosa por el diseño y material usado para la fabricación de cada antena, en nuestro país no se ha logrado aplicar dicha solución.

- Cobertura de torre y antenas usando el típico tanque de agua elevado. Esta solución se vio muy factible en nuestro país debido al arraigado uso del tanque de agua elevado; se aprovechó este diseño para camuflar la parte de torre que soporta las antenas de radiofrecuencia, completándose la parte inferior a la torre con una pequeña caseta que también cubre a los equipos (gabinetes)

Esta última solución, muy implementada en nuestro país, es la menos recomendada debido a que las antenas se ven obstaculizadas por el tanque de agua y estructuras que conforman la caseta, lo cual no se ve en las demás soluciones mencionadas. Esta obstaculización ha ocasionado que la accesibilidad de las llamadas a las estaciones base se degrade, incurriendo en llamadas no inicializadas, llamadas caídas y llamadas truncadas.

## **1.2. Objetivos del Trabajo**

En el presente informe se atacará el problema que ocasiona el camuflaje anteriormente descrito, si bien es cierto no podremos suprimir por completo el problema, pero se brindará una solución que mejore los niveles de accesibilidad a la red y por ende las llamadas efectuadas en la celda.

Definiremos parámetros constructivos para una correcta implementación de estación base camuflada, en la cual la accesibilidad a la red no se vea afectada por el tipo de camuflaje.

Se definirá un proceso para migración de camuflaje, sin afectar la continuidad del servicio de la estación base.

Estableceremos un protocolo de pruebas a tener en cuenta para verificar la operatividad de la Estación Base conforme a los parámetros de calidad solicitados por una operadora local.

Brindaremos comparativos de costos y tiempos de implementación entre un camuflaje típico (tanque de agua elevado) y un camuflaje optimizado para accesibilidad a la red.

## **1.3. Evaluación del Problema**

En problema de accesibilidad en las estaciones mimetizadas con el tanque de agua elevado radica en el material empleado para dicha tarea; podemos encontrar lo siguiente:

- Polietileno de alta densidad (tanque de agua)
- Yeso (drywall)
- Aluminio (perfiles metálicos)

Lo cual ocasiona pérdidas de retorno debido a sus características de permisividad eléctrica muy particulares de cada material. Las potencias reflejadas elevan el nivel de ruido en la recepción de las antenas (potencias significativas debido a la cercanía de las antenas con el material en cuestión), ocasionando que los datos de señalización de las llamadas entrantes no sea correctamente legibles y esto produce el truncamiento de accesibilidad a la Estación Base.

Se han realizado estudios de campo para dar con la causa de este problema, obteniendo que la mejor solución sea cambiar de material para el camuflaje y definir parámetros constructivos que garanticen una mejor radiopropagación de la celda.

Los operadores, luego del análisis de diversos materiales, han optado por las planchas de PVC como material para camuflaje de sus estaciones base. El PVC no solamente brinda una mejor radiopropagación, sino que es mecánicamente resistente y manipulable como para elaborar grandes planchas y encajonar las antenas de radiopropagación a distancias reducidas (ahorro de espacio, menor área arrendada por la operadora), mejorando la accesibilidad a la Estación Base.

#### **1.4. Limitaciones del Trabajo**

El presente trabajo en su solución, toma una de las posibles opciones para camuflaje (planchas de PVC) dejando de lado otras posibles soluciones, quizás con mejor rendimiento o de menor costo, pero cuyos resultados solo serían capaces de medirse estando implementada en una red real.

El presente informe no contempla el detalle del estudio de campo realizado por las operadoras para dar solución con el problema inicial del camuflaje, puesto a que es información confidencial dentro de cada empresa operadora; solo se hace referencia a los aportes finales de estos estudios de campo y damos referencias de las características eléctricas de los materiales en mención.

El análisis de costos y tiempos a ser mostrado es referencial y aplicable a zonas urbanas de fácil acceso y obtención de materiales.

#### **1.5. Síntesis del Informe**

El segundo capítulo nos brinda un enfoque socio-cultural actual que ha llevado a las operadoras de comunicaciones móviles a camuflar sus estaciones base en las zonas urbanas, detalla las partes de una red celular GSM, su interoperabilidad y método de acceso, y brinda nociones para interpretar los gráficos de performance brindados por el sistema de monitoreo de una red GSM.

El tercer capítulo indica el porqué las operadoras se ven en la necesidad de mejorar sus índices de accesibilidad.

El cuarto capítulo hace mención a la solución del problema, optando por el PVC como

material de camuflaje, también brinda parámetros y procedimientos constructivos para mejorar los camuflajes existentes.

El quinto capítulo analiza los costos de una operadora para la implementación del cambio de camuflaje en una estación base implementada con el tanque de agua elevado, también nos muestra la diferencia de costos entre implementar una estación base camuflada con PVC y otra con tanque de agua elevado.

## **CAPITULO II MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL**

Al hablar de optimización en general, nos referimos por ejemplo, a modificar algo que ya está construido o realizar cambios sobre algún procedimiento que ya está en marcha todo con el fin de mejorar su desempeño.

En el caso del presente informe de suficiencia, para poder explicar claramente cómo se optimiza una Estación Base correspondiente a una Red GSM, es necesario antes realizar un marco teórico para entender cómo se planifica desde los inicios, dicha red estructural y topológicamente, así como los parámetros técnicos de la interfaz de aire propios de la tecnología, parámetros constructivos y los diversos tipos de implementación.

### **2.1. Introducción al Estándar GSM**

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

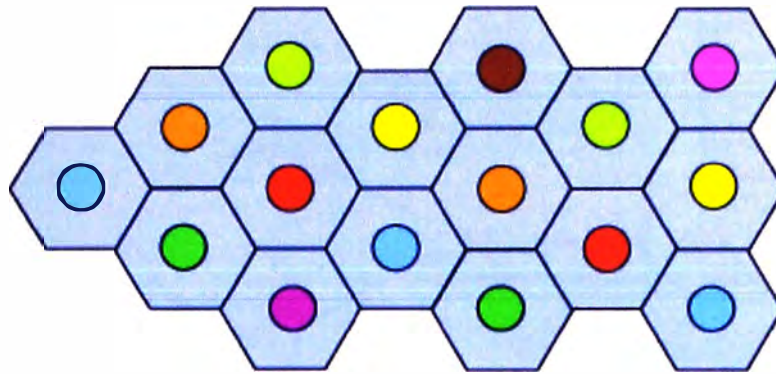
En 1982, cuando fue estandarizado por primera vez, fue denominado "Groupe Spécial Mobile" y en 1991 se convirtió en un estándar internacional llamado "Sistema Global de Comunicaciones Móviles".

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.

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).

### **2.2. 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.



**Fig. 2.1 Modelamiento de una Sectorización usando Celdas**

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.

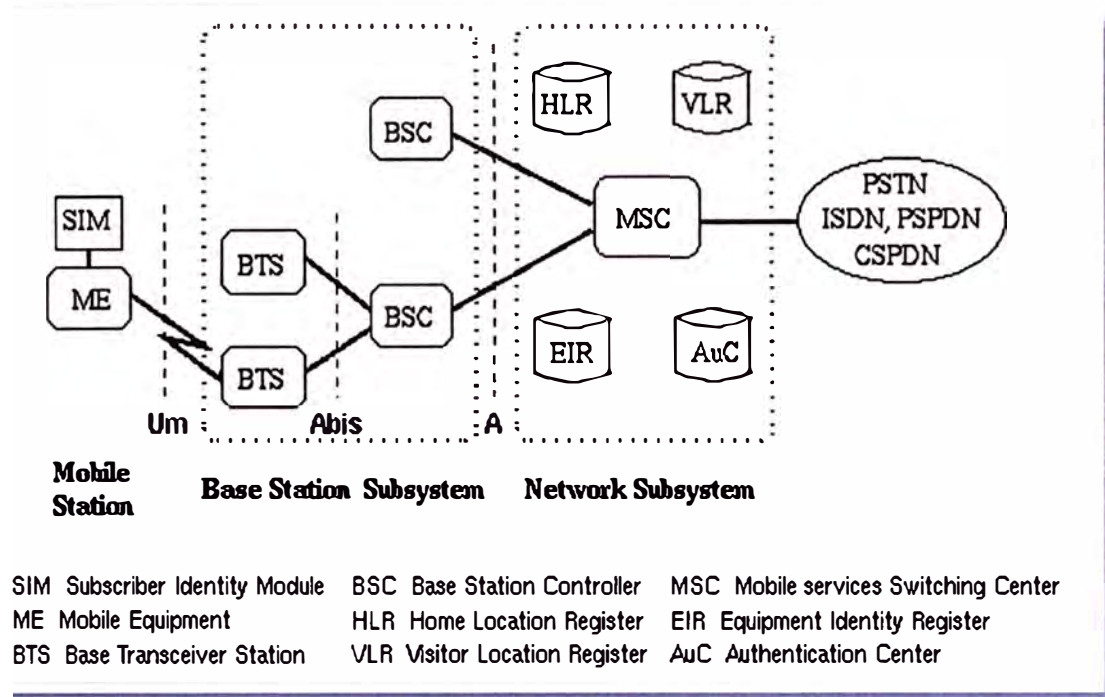
En una red celular, cada celda está rodeada por 6 celdas contiguas (por esto las celdas generalmente se dibujan como un hexágono). Para evitar interferencia, las celdas adyacentes no pueden usar la misma frecuencia. En la práctica, dos celdas que usan el mismo rango de frecuencia deben estar separadas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

### **2.3. Arquitectura de una Red GSM**

La arquitectura base del Sistema GSM prevé tres Subsistemas principales, cada uno de los cuales contiene un cierto número de unidades funcionales y estas interconectados con el otro mediante interfaces estándar que se describirán a continuación.

Los subsistemas principales de la red y los elementos que lo componen son:

- MS (Mobile Station)
  - ME (Mobile Equipment)
  - SIM (Subscriber Identity Module)
- BSS (Base Station Sub-System)
  - BSC (Base Station Controller)
  - BTS (Base Transceiver Station)
- NSS (Network Sub-System)
  - MSC (mobile Switching Center)
  - HLR (Home Location Register)
  - VLR (Visitor Location Register)
  - AUC (Autentication Center)
  - EIR (Equipment Identity Register)



**Fig. 2.2 Arquitectura Red GSM**

### 2.3.1. Mobile Station

La Mobile Station está formada por el Mobile Equipment (el terminal GSM) y por el Subscriber Identity Module (SIM), una pequeña tarjeta dotada de memoria y microprocesador, que permite identificar al abonado independientemente del terminal usado; y por tanto la posibilidad de continuar recibiendo y efectuando llamadas y utilizar todos los servicios suscritos insertando la tarjeta SIM también en un terminal que no sea el propio.

#### 2.3.1.a) Mobile Equipment

El Mobile Equipment está inequívocamente identificado dentro de cualquier red GSM por el International Mobile Equipment Identity (IMEI)

El IMEI es un número de 15 cifras y tiene la siguiente estructura:

$$\text{IMEI} = \text{TAC} / \text{SNR} / \text{SP}$$

Donde:

TAC: Type Approval Code, determinado por el cuerpo central del GSM (6 cifras)

FAC: Final Assembly Code, identifica al fabricante (2 cifras)

SNR: Serial Number (6 cifras)

SP: Cifra Suplementaria de reserva (1 cifra)

Los terminales GSM están subdivididos en cinco clases basándose en la misma potencia con la que pueden transmitir sobre el canal radio, que varía desde un máximo de 20 Watts a un mínimo de 0.8 Watts.

La siguiente tabla resume las características de estas cinco clases:

CLASE	POTENCIA MAXIMA	TIPO
1	20	Vehicular
2	8	Portátil
3	5	Palmario
4	2	Palmario
5	0.8	Palmario

**TABLA N° 2.1. Clases de potencia para el MS**

La potencia del MS determina la capacidad de esta ultima para alejarse de la estación transmisora/receptora (BTS) de la red y poder seguir disfrutando del servicio.

Una peculiaridad de los MS está formada por la capacidad de variar la potencia de emisión de la señal sobre el canal radio de forma dinámica en 18 niveles, con el fin de poder mantener en cada momento la potencia de transmisión optima, limitando así las interferencias co-canal inducidas sobre las celdas adyacentes y por tanto reduciendo los consumos del terminal. Estos dos últimos inhibe la transmisión cuando el usuario no habla, gracias a la función Voice Activity Detection (VAD) que verifica la presencia o no de actividad vocal. El aumento o la disminución de la potencia de la señal transmitida le llega a la MS desde BSS que monitorea constantemente la calidad de comunicación.

### **2.3.1.b) SIM**

La tarjeta SIM contiene la International Mobile Subscriber Identity (ISMI), usada para identificar al abonado en cualquier sistema GSM, los procedimientos de criptografía que garantizan la confidencialidad de la información del usuario, otros datos como por ejemplo memorias alfanuméricas del teléfono y memorias para mensajes de texto (SMS) y finalmente una contraseña para impedir el uso no autorizado de dicha tarjeta y para el acceso a posteriores funciones.

La IMSI tiene la siguiente estructura:

MCC / MNC / MSIN

Donde:

MCC: Mobile Country Code (2 o 3 cifras)

MNC: Mobile Network Code (2 cifras)

MSIN: Mobile Station Identification Number (máximo 13 cifras)

### **2.3.2. Base Station Sub-System**

El Base Station Sub-System controla la interfaz radio. Está compuesto por una o más Base Transceiver Station (BTS) y por una Base Station Controller (BSC).

Estos elementos se comunican entre sí a través de una interfaz estandarizada tipo Abis, con el fin de permitir operaciones incluso entre componentes contruidos por



fabricantes diferentes, además el BSC está conectado al Mobile Switching Center (MSC) mediante una interfaz tipo A.

### **2.3.2.a) Base Transceiver Station**

La Base Transceiver Station aloja todos los receptores/transmisores que sirven una celda y que se interesan por recibir y enviar información al canal radio, abasteciendo una interfaz física entre la Mobile Station y el BSC.

El BSC ejerce una serie de funciones descritas a continuación:

- Capacidad de gestionar canales Full Rate y Half Rate.
- La gestión de la Antenna Diversity, es decir la utilización de dos antenas de recepción para mejorar la calidad de la señal recibida; las dos antenas reciben de forma independiente la misma señal y están afectadas contemporáneamente por un fading profundo.
- Supervisión de la Relación de Ondas Estacionarias (ROE) en antena.
- Frequency Hopping (FH) cambio de frecuencia usada en un canal radio a intervalos regulares, con el fin de mejorar la calidad del servicio a través de las distintas frecuencias.
- Discontinuos Transmission (TDX) ya sea en el up-link como en el down-link.
- El Control Dinámico de la Potencia (DPC) del MS y de la BTS; el BSC determina la potencia optima con la que el MS y la BTS deben transmitir sobre el canal radio (explotando las mediciones realizadas por MS y BTS), para mejorar la eficiencia espectral.
- La gestión de los algoritmos de clave: la información de los usuarios usa criptografía para garantizar al abonado una cierta discreción sobre el canal de tráfico y el de señalización. El proceso de criptografía de los datos debe ser realizado por la BTS sobre las informaciones transmitidas en el canal radio; el algoritmo de criptografía que debe utilizarse es comunicado a la BTS por la BSC en base a las indicaciones recibidas por la MSC y la clave de criptografaciones única para cada usuario.
- Monitoreo de la conexión radio realizando medidas significativas sobre señales RF, medidas que luego se envían a la BSC con la finalidad de asegurar un elevado nivel de calidad de conexión.

### **2.3.2.b) Base Station Controller**

El Base Station Controller gobierna los recursos radio para una o más BTS, controlando la conexión entre las BTS y las MSC (centrales de conmutación que proporcionan la conexión a la red física y a otras redes), y además gestiona los canales de radio, la señal, el frequency hopping y los handover.

En particular permite:

- La gestión y configuración del canal radio: para cada llamada tiene que elegir la celda correcta y una vez en su interior seleccionar el canal radio más apto para efectuar la conexión.
- La gestión de los handover: sobre la base de las medidas recibida por la BTS, decide cuando efectuar el handover, es decir el cambio de celda cuando el usuario se desplaza durante una conversación dentro del área de cobertura de su competencia.
- Funciones de transcodificación de los canales radio Full rate (16kbps) o Half rate (8 kbps) en canales a 64kbps.

### **2.3.3. Network Sub-System**

El Network Sub-System explica las funciones de conmutación para la conexión con otros abonados de la red fija o móvil mediante la MSC y las funciones de database, distribuidas en cuatro nudos inteligentes (HLR, VLR, AUC, EIR) para la identificación de los terminales y de los usuarios, la actualización de su posición, la autenticación y conducción de las llamadas a un abonado en roaming.

#### **2.3.3.a) Mobile Switching Center**

El Mobile Switching Center (MSC) es el elemento central del NSS. Se ocupa, basándose en las informaciones recibidas desde el NLR y desde el VLR, de la conducción (routing) y gestión de la señal de todas las llamadas directas y provenientes de varios tipos de redes, como PSTN, ISDN, PLMN y PDN. Implementa además las funciones de Gateway con los otros componentes del sistema y de gestión de los procesos de handover, conmutando las llamadas en curso entre BSC's diferentes o hacia otro MSC.

Dentro del servicio pueden estar presentes mas MSC's y cada una es responsable de la gestión del trafico de una o más BSC's y desde el momento en que los usuarios se trasladan por toda el área de cobertura, para garantizar a cada uno un nivel de servicio constante, los MSC's tienen que encontrarse en situación de gestionar números de usuarios variables en tipología además de calidad.

Otras funciones fundamentales de los MSC's se describen a continuación:

- Autenticación del que llama, la identificación de la MS que ha efectuado la llamada es necesaria para determinar si el usuario está habilitado para disfrutar del servicio.
- Confidencialidad acerca de la identidad del usuario: para garantizar la confidencialidad acerca de la identidad de un usuario en el canal radio, aun estando ya toda la información criptografiada, el sistema no transmite nunca el IMSI asignado cuando el usuario suscribe el abono; sin embargo se le asigna el Temporary Mobile Subscriber Identity (TMSI), que se asigna en el momento de la llamada y tiene un significado temporal, crear la correspondencia entre TMSI e IMSI es tarea del MSC y cuando el móvil

se desplaza al área controlada por otro MSC, se le tiene que asignar un nuevo TMSI.

- Proceso de handover: en la red GSM un usuario puede continuar utilizando el servicio aunque atraviese durante la conversación los límites de la celda en la que se encuentra. Se pueden verificar dos casos:
  - La MS se traslada a una celda controlada siempre por el mismo MSC; en este caso el proceso de handover es gestionado por el mismo MSC.
  - La nueva celda a la que se traslada la MS está controlada por otro MSC; en este caso el proceso de handover se produce desde dos MSC basándose en las medidas de señal monitoreadas por la BTS que reciben la MS.

### **2.3.3.b) Home Location Register**

Cuando un usuario suscribe un nuevo abono a la red GSM, todas las informaciones para su identificación se memorizan en la HLR. Tiene la función de comunicar al VLR, que posteriormente veremos, algunos datos relativos a los abonados, en el momento en que estos se desplazan desde una Location Area a otra. Dentro del HLR los abonados son identificados por el número:

$$\text{MSISDN} = \text{CC} / \text{NDC} / \text{SN}$$

Donde:

CC: Country Code, prefijo internacional.

NDC: National Destination Code, prefijo nacional del abonado sin el cero.

SN: Subscriber Number, número que identifica al usuario móvil.

La Home Location Register (HLR) es un database (archivo) que puede ser único para todo el network o bien distribuido en el sistema; se pueden por tanto tener MSC sin los HLR, pero conectadas al de otras MSC. Cuando existe más de un HLR, a cada uno de ellos se les asigna un área de numeración, es decir un set de Mobile Station ISDN Number (MSISDN). El MSISDN identifica unívocamente una suscripción de teléfono móvil en el plano de numeración de la red telefónica conmutada pública internacional.

El HLR, como todos los demás database que después veremos, está implementado en una Workstation cuyas prestaciones (memoria, procesadores, capacidad de los discos) son actualizables cuando crece el número de abonados. Aquel contiene todos los datos relativos a los abonados y en particular las informaciones que están contenidas en el son:

- Informaciones de tipo permanente:
  - La International Mobile Subscriber Identity (IMSI), que es la información que identifica al abonado dentro de una red GSM y que está contenido también en el interior de la SIM.
  - El Mobile Station ISDN Number (MSISDN).
  - Los tipos de servicio suscritos por el abonado a los cuales tiene derecho a acceder

(voz, servicio de datos, SMS, eventuales bloqueo para llamadas internacionales, otros servicios auxiliares).

- Informaciones de tipo dinámico:
  - Posición corriente del MS, es decir la dirección del VLR en la que está registrada.
  - El estado de eventuales servicios auxiliares.

Resumiendo las funciones implementadas por la HLR son:

- Seguridad: dialogo con el AUC y el VLR.
- Registro de la posición: dialogo con el VLR.
- Coste de la llamada (Charge): dialogo con el MSC.
- Gestión de los datos del abonado: dialogo con el OMC y el VLR.
- Gestión de los datos estadísticos: los datos recogidos se envían al OMC.

### **2.3.3.c) Visitor Location Register**

El Visitor Location Register (VLR) es un database que memoriza de modo temporal los datos de todos los abonados que se encuentran en un área geográfica bajo su control. Estos datos se piden al HLR perteneciente al abonado. En general para simplificar las señalizaciones requeridas y la estructura del sistema, los fabricantes implementan el VLR y el MSC juntos, de modo que el área geográfica controlada por el MSC corresponda a la controlada por el VLR.

En particular las informaciones que contiene son:

- Temporary Mobile Subscriber Identity (IMSI), usado para garantizar la seguridad del IMSI, se asigna cada vez que se cambia.
- Estado de la MS (standby, ocupado, apagado).
- El estado de los servicios suscritos por el abonado al que se le permite acceder (voz, servicio de datos, SMS, otros servicios auxiliares).
- La Location Area Identity (LAI) en la que se encuentra la MS dentro de aquellas bajo el control del MSC / VLR.

### **2.3.3.d) Authentication Center**

La Authentication Center (AUC) es una función del sistema que se ocupa de verificar si el servicio ha sido solicitado por un abonado legítimo, proporcionando ya sea los códigos para la autenticación como la clave, para proteger tanto al abonado como al operador de red, de intrusiones del sistema por parte de terceros.

El mecanismo de autenticación verifica la legitimidad de la SIM sin transmitir sobre el canal radio las informaciones personales del abonado como IMSI y llaves de clave, a fin de verificar que el abonado que está intentando el acceso es el verdadero y no un clon; la clave sin embargo genera algunos códigos secretos que se usaran para encriptar toda la comunicación cambiada por error sobre el canal radio. Los códigos de autenticación y

clave están generados casualmente por cada abonado en particular por algunos sets de algoritmos definidos por el estándar y que son memorizados además en la AUC también en la SIM.

La autenticación se produce cada vez que la MS se conecta al network y más precisamente en los siguientes casos:

- Cada vez que la MS recibe o efectúa una llamada.
- Cada vez que se efectúa la actualización de la posición de la MS (location updating)
- Cada vez que se solicita la activación, desactivación o información sobre los servicios suplementarios.

La AUC puede ser implementada también como otra aplicación en la misma Workstation en que se encuentra la HLR, que es el único elemento del sistema con el que esta interconectado y dialoga, y además no puede ser gestionado por control remoto por motivos de seguridad.

### **2.3.3.e) Equipment Identity Register**

El Equipment Identity Register (EIR) es una base de datos que verifica si un Mobile Equipment (ME) está autorizado o no para acceder al sistema. El database está dividido en tres secciones:

- White List: Contiene todos los IMEI designados a todos los operadores de las varias naciones con las que se tienen acuerdos de roaming internacional.
- Black List: Contiene todos los IMEI que se consideran bloqueados (Ej. los robados)
- Grey List: contiene todos los IMEI marcados como faulty o también los relativos a aparatos no homologados. Los terminales introducidos en la Grey List son señalados a los operadores de sistema a través de una alarma cuando solicitan el acceso, permitiendo la identificación del abonado que utiliza el terminal y del área de llamada en donde se encuentra.

A cada tentativa de conexión de la MS con el network, la MSC mediante la EIR verifica la existencia de uno de los siguientes casos, para permitir o no el acceso:

- El terminal está homologado para la conexión con un network GSM.
- El terminal no ha sido robado o utilizado fraudulentamente.
- El terminal no está marcado como faulty.

La EIR puede ser único para todo el sistema o bien puede estar implementado en una configuración distribuida. Puede encontrarse en la misma Workstation en que se encuentran la HLR y AUC, pero generalmente es preferible tenerlo en una máquina a parte por razones de seguridad.

Se puede acceder también por control remoto para permitir la actualización de las diferentes listas contenidas en él desde cada punto de la red. En el futuro está prevista la

interconexión con todos los EIR de los diferentes operadores GSM, para evitar el uso de aparatos robados en países distintos de aquellos en los que ocurrió el robo.

#### 2.4. Interfaces y protocolos

Entre cada par de elementos de la arquitectura GSM existe una interfaz independiente. Cada interfaz requiere de su propio conjunto de protocolos. En la Tabla N° 2.2 se describen las principales interfaces, los tipos de información y los protocolos de la arquitectura GSM.

Interfaz	Situada entre	Descripción	Intercambio de Información	
			Trafico Usuario	Protocolo Señalización
A	MSC - BSC	Permite el intercambio de información sobre la gestión del subsistema BSS, de las llamadas y de la movilidad. A través de ella, se negocian los circuitos que serán utilizados entre el BSS y el MSC.	SI (1)	SS7
Abis	BSC - BTS	Permite el control del equipo de radio.	SI	LAPD
B	VLR - MSC asociados	VLR es la base de datos que contiene toda la información que permite ofrecer el servicio a los clientes que se encuentran en el área de influencia de sus MSC asociados. Por lo tanto, cuando un MSC necesite proporcionar información sobre un móvil acudirá a su VLR. Esta interfaz NO debe ser externa (por desempeño, por el volumen de información intercambiado).	NO	MAP/B (2)
C	HLR - GMSC	Es la interfaz utilizada por los gateways GMSC para enrutar la llamada hacia el MSC destino. La GMSC no necesita contar con un VLR, se trata de un nodo que sólo transmite llamadas.	NO	MAP/C

D	HLR – HLR	Permite intercambiar información entre ambas bases de datos, esta información se encuentra relacionada con la posición del móvil y la gestión del servicio contratado por el usuario.	NO	MAP/D
E	MSC – MSC	Permite intercambiar la información necesaria para iniciar y realizar un intercambio Inter-MSC cuando el móvil cambia de área de influencia de un MSC a otro.	SI 64 Kbps	MAP/E, RDSI, ISUP (3)
F	MSC – EIR	Utilizada cuando el MSC desea comprobar el IMEI de un equipo.	NO	
G	VLR – VLR	Utilizada para permitir la interconexión entre dos VLRs de diferentes MSCs	NO	MAP/G
H	MSC - SMS - G		SI	MAP/H
I	MSC – MS	Permite el intercambio transparente de datos entre el MSC y el MS a través del BSS		
Um	BSS – MS	Es la interfaz de radio, se encuentra entre la estación móvil y el BSS.	Voz: 13 Kbps Datos: 9.6 Kbps	LAPDm

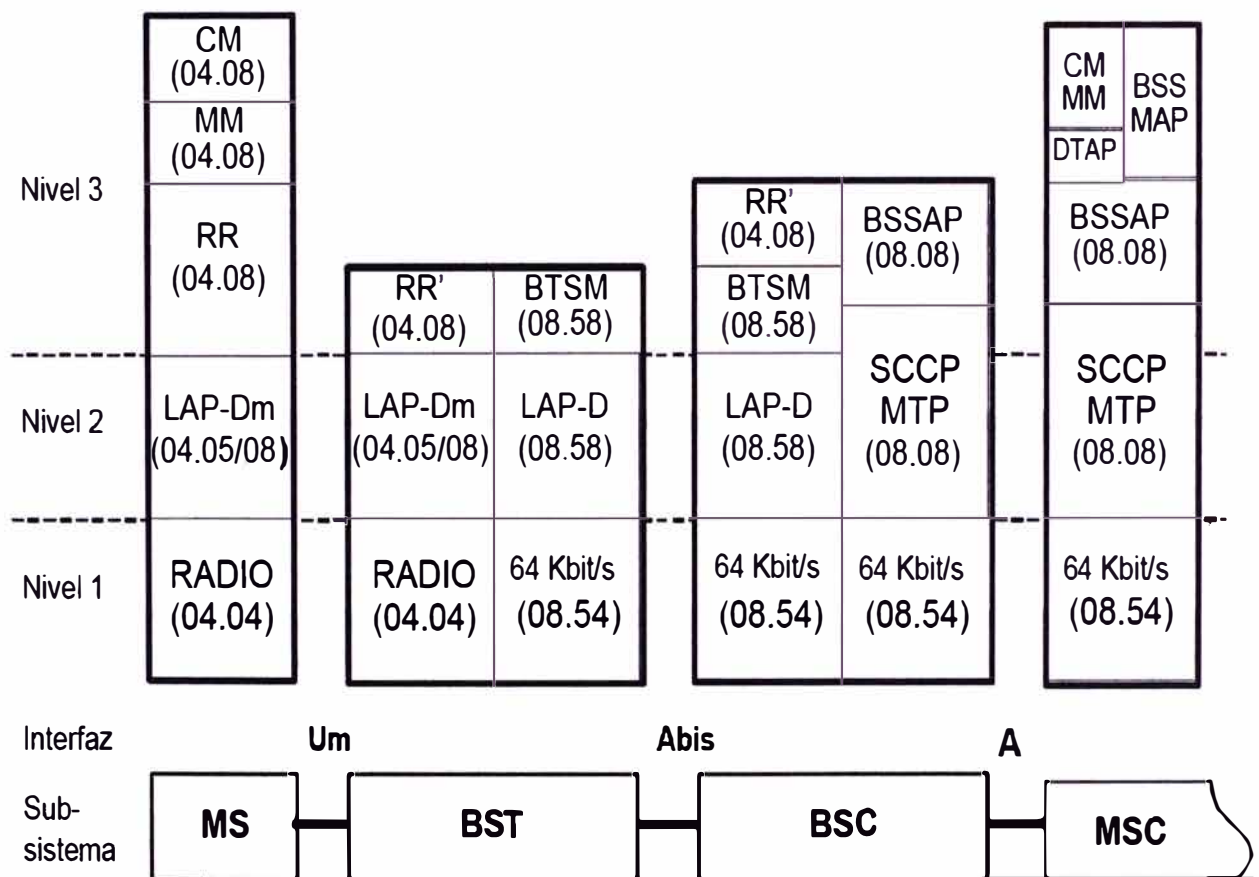
**TABLA N° 2.2. Interfaces GSM**

En la Figura 2.3 se muestran los protocolos de señalización entre la estación móvil (MS) y la estación base (BTS), entre la estación base (BTS) y la controladora de estaciones base (BSC) y entre la controladora de estaciones base (BSC) y el centro de conmutación de móviles (MSC).

En el gráfico aparecen tres niveles: CM, MM y RR.

- El nivel CM-Communications Management es responsable por la gestión de las llamadas a solicitudes de los usuarios.
- El nivel MM-Mobility Management es responsable por el mantenimiento de la información de localización del usuario.

- El nivel RR-Radio Resource es responsable por el establecimiento y mantenimiento del enlace entre el MS y el MSC, que corresponden con el nivel 3 del modelo de referencia OSI.
- El nivel RR' corresponde con aquella parte de la funcionalidad del nivel RR que es administrada por el BTS.
- Los protocolos LAPD y LAPm corresponden con el nivel dos del Modelo OSI.
- El protocolo BTSM (Base Transceiver Station Management) es responsable por la transferencia de información de nivel RR al BSC.
- Los protocolos SCCP (Signalling Connection Control Part) y MTP (Message Connection Control) hacen parte del sistema de señalización 7 (SS7).

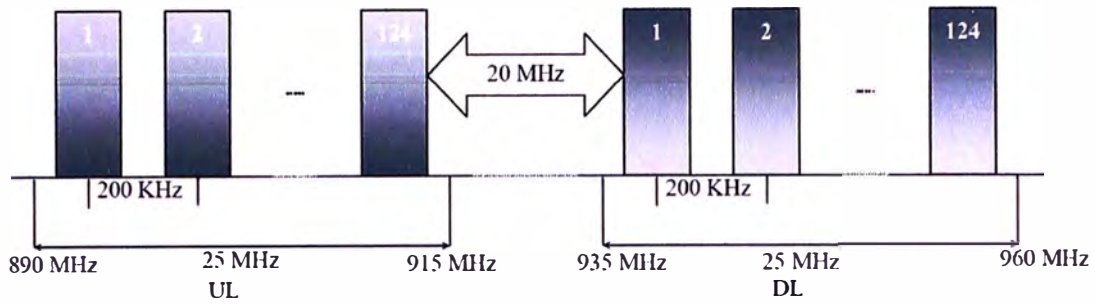


**Fig. 2.3 Protocolos sobre las interfaces A, Abis y Um**

**2.5. Acceso al medio**

GSM utiliza una combinación de TDMA (Time Division Multiple Access) y FDMA (Frequency Division Multiple Access). Dos bandas de frecuencias, de 25 Mhz cada una, han sido asignadas a GSM-900, estas bandas son usadas en modo FDD (Frequency Division Duplex). El enlace de subida (uplink, entre el móvil y la estación base), se implementa entre 890 y 915 Mhz. El enlace de bajada (downlink entre la estación base y el móvil), se implementa entre los 935 y los 960 Mhz. Cada banda se encuentra dividida en canales portadores de 200 Khz de tamaño.

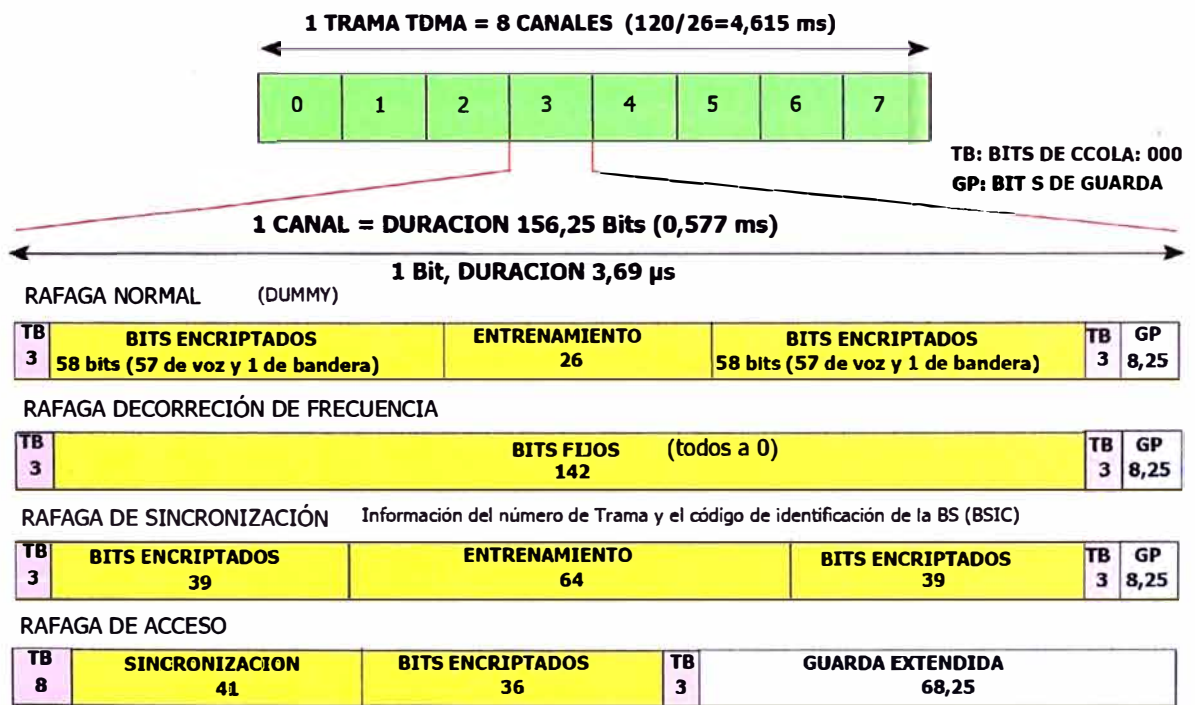




**Fig. 2.4 GSM FDMA**

En GSM, el enfoque de TDMA es aplicado a los canales de subida y de bajada, cada canal es dividido en ocho ranuras (slots) en cada una de las cuales se transmite una unidad de información. Este proceso se muestra en la Figura 2.5

El esquema de modulación usado en una ranura es GMSK-Gaussian Minimum Shift Keying, con él, se pueden alcanzar tasas de bits de 270 Kbps aproximadamente. Los datos en una ranura son denominados ráfagas (burst) y alcanzan los 148 bits de longitud, los 8.25 bits restantes son utilizados como guardas en el tiempo. El número de bits que constituyen la cabecera y la cola son constantes. Si un usuario es propietario de una ranura puede alcanzar una tasa máxima de 24.7 Kbps (sin ningún esquema de corrección de errores). Todo esto se muestra en la Figura 2.5.



**Fig. 2.5 GSM TDMA**

**2.6. Canales físicos y lógicos**

GSM distingue entre canales físicos (las ranuras de tiempo) y canales lógicos (la información portada por los canales físicos). Algunas ranuras de tiempo en una portadora constituyen un canal físico el cual es usado por diferentes canales lógicos para transferir

información, tanto de señalización como del usuario.

Existen dos tipos de canales lógicos en GSM:

### 2.6.1 Los canales de tráfico (TCH-Traffic Channels)

Los canales de tráfico en GSM pueden ser de velocidad completa ("full-rate") o de velocidad mitad ("half-rate"), y pueden llevar voz digitalizada o datos de usuario. Cuando transmitimos a velocidad completa, los datos están contenidos en un TS por trama. Cuando transmitimos a velocidad mitad, los datos de usuario se transportan en el mismo slot de tiempo, pero se envían en tramas alternativas.

En GSM, los datos TCH no se pueden enviar en el TS 0 ("time slot 0") sobre ciertos ARFCNs ya que este TS está reservado para los canales de control en la mayoría de las tramas. Además, cada trece tramas TCH se envía un canal de control asociado lento (SACCH) o tramas "idle". A cada grupo de 26 tramas consecutivas TDMA se le llama multitrama. De cada 26 tramas, la decimotercera y la vigesimosexta se corresponden con datos SACCH, o tramas "idle".

La 26ª trama contiene bits idle para el caso cuando se usan TCHs a velocidad completa, y contiene datos SACCH cuando se usa TCHs a velocidad mitad.

Los TCHs se usan para llevar voz codificada o datos de usuario. Se definen en GSM dos formas generales de canales de tráfico:

- **Canal de Tráfico a Velocidad Completa (TCH/F).** Este canal transporta información a una velocidad de 22.8 kbps.
- **Canal de Tráfico a Velocidad Mitad (TCH/H).** Este canal transporta información a una velocidad de 11.4 kbps.

Para transportar voz codificada se van a utilizar dos tipos de canales:

- **Canal de Tráfico a Velocidad Completa para Voz (TCH/FS).** Lleva voz digitalizada a 13 kbps. Después de la codificación del canal la velocidad es de 22.8 kbps.
- **Canal de Tráfico a Velocidad Mitad para Voz (TCH/HS).** Ha sido diseñado para llevar voz digitalizada que ha sido muestreada a la mitad que la de un canal a velocidad completa. En este aspecto GSM se ha anticipado a la disponibilidad de codificadores normalizados de voz a velocidades de unos 6.5 kbps. Después de la codificación del canal, la velocidad es de 11.4 kbps.

Para llevar datos de usuario se definen los siguientes tipos de canales de tráfico:

- **Canal de Tráfico a Velocidad Completa para Datos a 9.6 kbps (TCH/F9.6).** Lleva datos de usuario enviados a 9600 bps. Con la codificación de corrección de errores aplicada según el estándar GSM, los datos se envían a 22.8 bps.
- **Canal de Tráfico a Velocidad Completa para Datos a 4.8 kbps (TCH/F4.8).** Lleva datos de usuario enviados a 4800 bps. Con la codificación de corrección de errores

aplicada según el estándar GSM, los datos se envían a 22.8 kbps.

- **Canal de Tráfico a Velocidad Completa para Datos a 2.4 kbps (TCH/F2.4).**

Lleva datos de usuario enviados a 2400 bps. Con la codificación de corrección de errores aplicada según el estándar GSM, los datos se envían a 22.8 kbps.

- **Canal de Tráfico a Velocidad Mitad para Datos a 4.8 kbps (TCH/H4.8).**

Lleva datos de usuario enviados a 4800 bps. Con la codificación de corrección de errores aplicada según el estándar GSM, los datos se envían a 11.4 kbps.

- **Canal de Tráfico a velocidad mitad para datos a 2.4 kbps (TCH/H2.4).**

Lleva datos de usuario enviados a 2400 bps. Con la codificación de corrección de errores aplicada según el estándar GSM, los datos se envían a 11.4 kbps.

## 2.6.2 Los canales de control (CCH-Control Channels)

Se definen tres categorías de canales de control: difusión ("broadcast" ó BCH), comunes (CCCH) y dedicados (DCCH). Cada canal de control consiste en varios canales lógicos distribuidos en el tiempo para proporcionar las funciones de control necesarias en GSM. Los canales de control downlink BCH y CCCH se implementan sólo en ciertos canales ARFCN y se localizan en slots de tiempo de una forma específica. Concretamente, estos canales se localizan solo en el TS 0 y se emiten sólo durante ciertas tramas dentro de una secuencia repetitiva de 51 tramas (llamada multitrama de control del canal) sobre aquellos ARFCNs que se diseñan como canales "broadcast". Desde TS1 hasta TS7 se lleva canales de tráfico regulares.

En GSM se definen 34 ARFCNs como canales "broadcast" estándar. Para cada canal "broadcast", la trama 51 no contiene ningún canal "downlink" BCH o CCCH y se considera como una trama idle. Sin embargo, el canal "uplink" CCH puede recibir transmisiones durante el TS 0 de cualquier trama (incluso la trama "idle"). Por otra parte, los datos DCCH se pueden enviar durante cualquier slot de tiempo y en cualquier trama, y hay tramas completas dedicadas específicamente para algunas transmisiones DCCH. Vamos a pasar a describir los diferentes tipos de canales de control.

### 2.6.2.a). Canales "Broadcast" (BCH)

El BCH opera en el "downlink" de un ARFCN específico dentro de cada celda, y transmite datos sólo en el primer slot (TS 0) de algunas tramas GSM. Al contrario que los TCHs que son dúplex, los BCHs solo usan el "downlink". El BCH sirve como un canal guía para cualquier móvil cercano que lo identifique y se enganche a él. El BCH proporciona sincronización para todos los móviles dentro de la celda y se monitoriza ocasionalmente por los móviles de celdas vecinas para recibir datos de potencia y poder realizar las decisiones de handover. Aunque los datos BCH se transmiten en TS0, los otros siete slots de una trama GSM del mismo ARFCN están disponibles para datos TCH,

DCCH ó están fijados por ráfagas vacías ("dummy").

Dentro de los canales BCH se definen tres tipos de canales separados que tienen acceso al TS0 durante varias tramas de la multitrama de control formada por 51 tramas.

Se describen los tres tipos de canales BCH:

- Canal de Control de "Broadcast" (BCCH)- El BCCH es un canal downlink que se usa para enviar información de identificación de celda y de red, así como características operativas de la celda (estructura actual de canales de control, disponibilidad de canales, y congestión). El BCCH también envía una lista de canales que están en uso en una celda. Desde la trama 2 a la 5 de una multitrama de control están contenidos los datos BCCH. Debe notarse que en la Figura 19 el TS0 contiene datos BCCH durante tramas específicas, y contiene otro tipo de canales BCH, canales de control comunes (CCCHs), o tramas idle, en otras tramas hasta completar las 51 tramas que forman la multitrama de control.
- Canal Corrector de Frecuencia (FCCH) - El FCCH es una ráfaga de datos que ocupa el TS0 para la primera trama dentro de la multitrama de control, y que se repite cada diez tramas. El FCCH permite a cada estación móvil sincronizar su frecuencia interna de oscilación a la frecuencia exacta de la estación base.
- Canal de Sincronización (SCH) - El SCH se envía en el TS0 de la trama inmediatamente después del FCCH y se usa para identificar a la estación base servidora mientras que permite a cada móvil la sincronización de las tramas con la estación base. El número de trama (FN), que oscila entre 0 hasta 2,715,647, se envía con el código de identificación de la estación base (BSIC) durante la ráfaga SCH. El BSIC es asignado individualmente a cada BTS en un sistema GSM. Dado que un móvil puede estar hasta a 30 km de la BTS, es necesario frecuentemente ajustar la temporización de un usuario móvil particular de forma que la señal recibida en la estación base se sincroniza con el reloj de la estación base.

#### **2.6.2.b). Canales de Control Comunes (CCCH)**

En aquellos ARFCN reservados para BCHs, los canales de control comunes ocupan el TS0 de cada trama que no esté ocupada por los BCHs o por tramas idle. Un CCCH puede estar formado por tres tipos diferentes de canales: el canal de búsqueda (PCH) "downlink", el canal de acceso aleatorio (RACH) "uplink", y el canal de acceso concedido (AGCH) "downlink". Los CCCHs son los más comunes dentro de los canales de control y se usan para buscar a los abonados, asignar canales de señalización a los usuarios, y recibir contestaciones de los móviles para el servicio.

Vamos a describir estos tipos de canales:

- Canal de Búsqueda (PCH) - El PCH proporciona señales de búsqueda a todos los

móviles de una celda, y avisa a los móviles si se ha producido alguna llamada procedente de la PTSN. El PCH transmite el IMSI (Identificación de Abonado Móvil Internacional) del abonado destino, junto con la petición de reconocimiento de la unidad móvil a través de un RACH. Alternativamente, el PCH se puede usar para proporcionar envíos de mensajes tipo ASCII en las celdas, como parte del servicio SMS de GSM.

- Canal de Acceso Aleatorio (RACH) - El RACH es un canal "uplink" usado por el móvil para confirmar una búsqueda procedente de un PCH, y también se usa para originar una llamada. El RACH usa un esquema de acceso slotted ALOHA. Todos los móviles deben de pedir acceso o responder ante una petición por parte de un PCH dentro del TS0 de una trama GSM. En el BTS, cada trama (incluso la trama idle) aceptará transmisiones RACH de los móviles durante TS0. Para establecer el servicio, la estación base debe responder a la transmisión RACH dándole un canal de tráfico y asignando un canal de control dedicado (SDCCH) para la señalización durante la llamada. Esta conexión se confirma por la estación base a través de un AGCH.
- Canal de Acceso Concedido (AGCH) - El AGCH se usa por la estación base para proporcionar un enlace de comunicaciones con el móvil, y lleva datos que ordenan al móvil operar en un canal físico en particular (en un determinado TS y en un ARFCN) con un canal de control dedicado. El ACCH es el último mensaje de control enviado por la estación base antes de que el abonado es eliminado del control del canal de control. El ACCH se usa por la estación base para responder a un RACH enviado por una MS en la trama CCCH previa.

### **2.6.2.c). Canales de Control Dedicados (DCCH)**

Hay tres tipos de canales de control dedicados en GSM, y, como los canales de tráfico, son bidireccionales y tienen el mismo formato y función en el uplink y en el downlink. Como los TCHs, los DCCHs pueden existir en cualquier slot de cualquier ARFCN excepto en el TS0 de los ARFCN de los BCHs. Los Canales de Control Dedicados (SDCCH) se usan para proporcionar servicios de señalización requeridos por los usuarios. Los Canales de Control Asociados Lentos y Rápidos (SACCH y FACCH) se usan para supervisar las transmisiones de datos entre la estación móvil y la estación base durante una llamada.

- Canales de Control Dedicados (SDCCH) - El SDCCH lleva datos de señalización siguiendo la conexión del móvil con la estación base, y justo antes de la conexión lo crea la estación base. El SDCCH se asegura que la MS y la estación base permanecen conectados mientras que la estación base y el MSC verifica la unidad de abonado y localiza los recursos para el móvil. El SDCCH se puede pensar como un canal intermedio y temporal que acepta una nueva llamada procedente de un BCH y mantiene el tráfico

mientras que está esperando que la estación base asigne un TCH. El SDCCH se usa para enviar mensajes de autenticación y de alerta (pero no de voz). A los SDCCH se les puede asignar su propio canal físico o pueden ocupar el TS0 del BCH si la demanda de BCHs o CCCHs es baja.

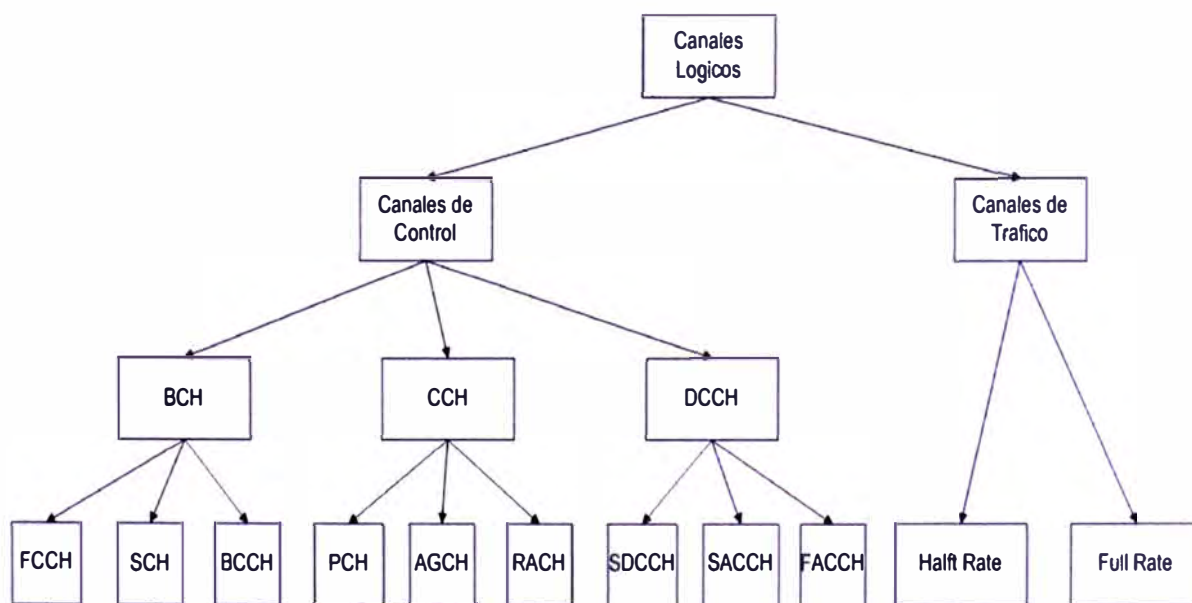
- **Canal de Control Asociado Lento (SACCH)** - El SACCH está siempre asociado a un canal de tráfico o a un SDCCH y se asigna dentro del mismo canal físico. Por tanto, cada ARFCN sistemáticamente lleva datos SACCH para todos sus usuarios actuales. El SACCH lleva información general entre la MS y el BTS. En el downlink, el SACCH se usa para enviar información lenta pero regular sobre los cambios de control al móvil, tales como instrucciones sobre la potencia a transmitir e instrucciones específicas de temporización para cada usuario del ARFCN. En el uplink, lleva información acerca de la potencia de la señal recibida y de la calidad del TCH, así como las medidas BCH de las celdas vecinas. El SACCH se transmite durante la decimotercera trama (y la vigesimosexta si se usa velocidad mitad) de cada multitrama de control, y dentro de esta trama, los 8 slots se usan para proporcionar datos SACCH a cada uno de los 8 usuarios (ó 16) del ARFCN.
- **Canales de Control Asociados Rápidos (FACCH)** - El FACCH lleva mensajes urgentes, y contienen esencialmente el mismo tipo de información que los SDCCH. Un FACCH se asigna cuando un SDCCH no se ha dedicado para un usuario particular y hay un mensaje urgente (como una respuesta de handover). El FACCH gana tiempo de acceso a un slot "robando" tramas del canal de tráfico al que está asignado. Esto se hace activando dos bits especiales, llamados bits de robo ("stealing bits"), de una ráfaga TCH. Si se activan los stealing bits, el slot sabe que contiene datos FACCH y no un canal de tráfico, para esa trama.

En la Tabla 2.3 se presentan detalles de cada uno de estos canales.

<b>Tipo de Canal</b>	<b>Denominación</b>	<b>Descripción</b>
Canales de Tráfico (Traffic Channel- TCH)	TCH/FS	S: Voz (Speech) 9.6: Datos a 9600 bps.
	TCH/F9.6	4.8: Datos a 4800 bps 2.4: Datos a 2400 bps.
	TCH/F4.8	F: Full Rate. La información de un usuario se envía en una ranura de tiempo, en cada trama.
	TCH/F2.4	
	TCH/HS	H: Half Rate. La información de un usuario se envía en una ranura de tiempo, trama de por medio. Dos usuarios comparten una
	TCH/H4.8	

	TCH/H.24		misma ranura en diferentes instantes de tiempo.
Canales de Control (Control Channel-CCH)	Canales de Broadcast (Broadcast Channels) -BCH-	BCCH	Canales de control utilizados para permitir el enganche de los móviles y el monitoreo de las potencias de los móviles en celdas vecinas (MAHO).
		FCCH	
		SCH	
	Canales Comunes de Control (Common Control Channels) -CCCH-	PCH	Estos canales permiten el establecimiento de las llamadas y la asignación de canales de control.
		RACH	
		AGCH	
	Canales de Control Dedicados (Dedicated Control Channels) -DCCH-	SDCCH	Canales de control bidireccionales utilizados para prestar los servicios de señalización y supervisión al usuario.
		SACCH	
		FACCH	

**TABLA N° 2.3. Canales lógicos en GSM**



**Fig. 2.6. Diagrama Canales Lógicos**

## 2.7. Ejemplo de una llamada GSM

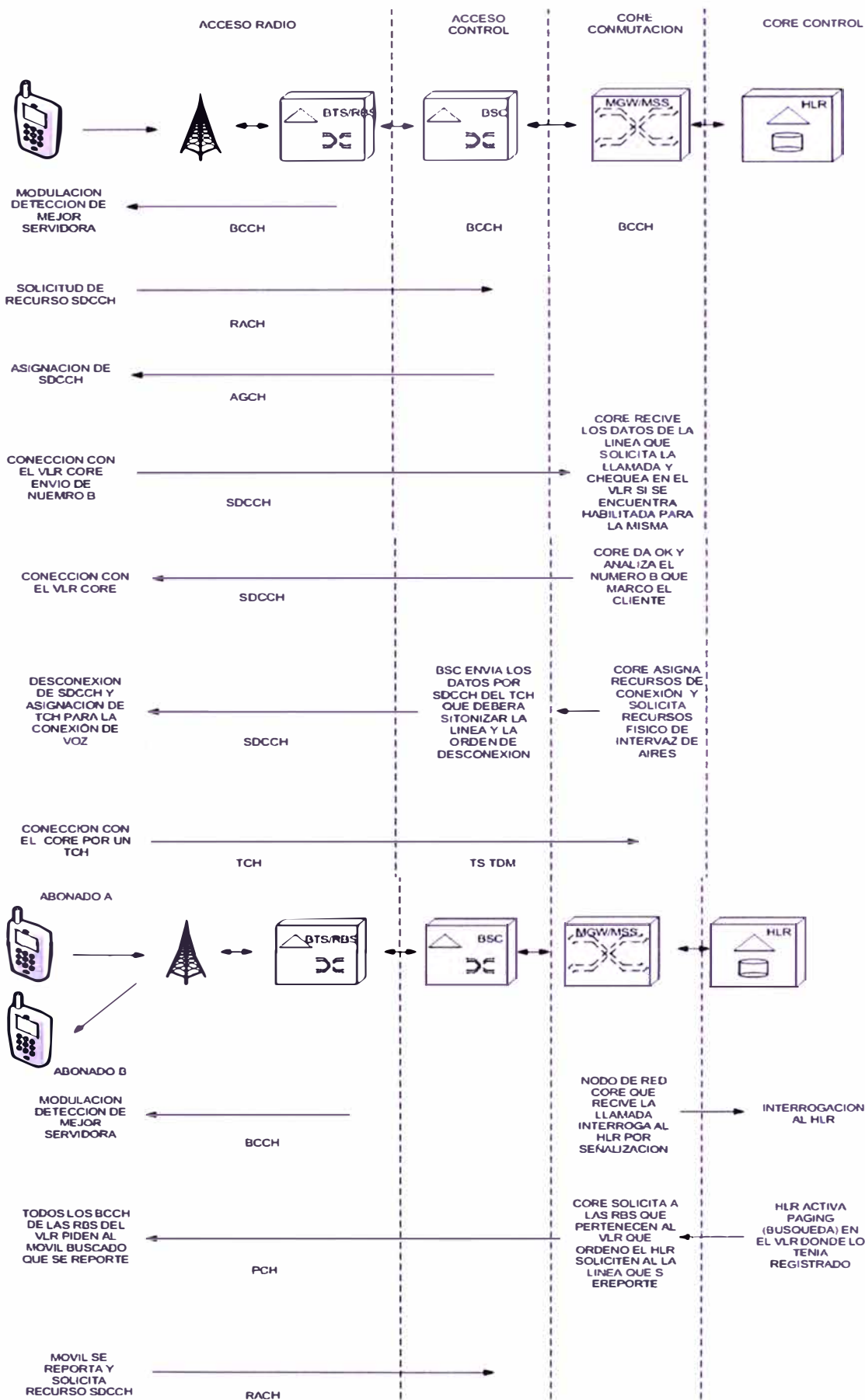
Para comprender cómo se usan los diferentes canales de tráfico y de control, consideremos el caso de que se origine una llamada en GSM.

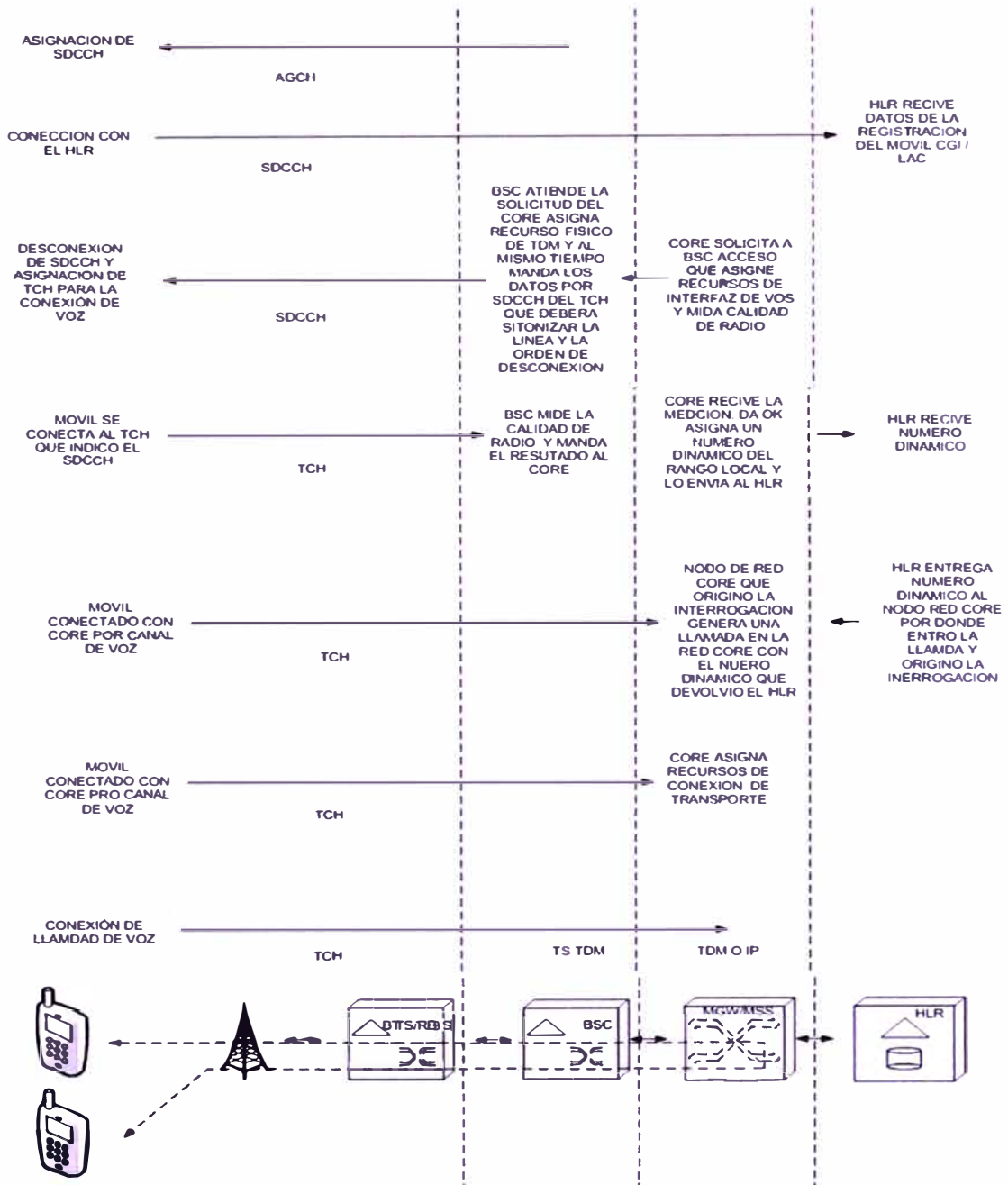
Primero, la estación móvil debe estar sincronizada a una estación base cercana como se hace en un BCH. Recibiendo los mensajes FCCH, SCH y BCCH, el móvil se enganchará al sistema y al BCH apropiado. Para originar una llamada, el usuario primero marca la combinación de dígitos correspondiente y presiona el botón de "enviar" del teléfono GSM. El móvil transmite una ráfaga de datos RACH, usando el mismo ARFCN que la estación base a la que está enganchado. La estación base entonces responde con un mensaje AGCH sobre el CCCH que asigna al móvil un nuevo canal para una conexión SDCCH. El móvil, que está recibiendo en la TS0 del BCH, recibe su asignación de ARFCN y su TS por parte del AGCH e inmediatamente cambia su sintonización a su nuevo ARFCN y TS. Esta nueva asignación del ARFCN y del TS es físicamente el SDCCH (no el TCH). Una vez sintonizado al SDCCH, el móvil primero espera a la trama SDCCH que se transmite (la espera será como mucho de 26 tramas cada 120 ms), que informa al móvil del adelanto de temporización adecuado y de los comandos de potencia a transmitir. La estación base es capaz de determinar el adelanto de temporización adecuado y el nivel de señal del móvil gracias al último RACH enviado por el móvil, y envía los valores adecuados a través del SACCH. Hasta que estas señales no le son enviadas y procesadas, el móvil no puede transmitir ráfagas normales como se requieren para un tráfico de voz. El SDCCH envía mensajes entre la unidad móvil y la estación base, teniendo cuidado de la autenticación y la validación del usuario, mientras que la PSTN conecta la dirección marcada con el MSC, y el MSC conmuta un camino de voz hasta la estación base servidora. Después de pocos segundos, la unidad móvil está dirigida por la estación base a través del SDCCH que devuelve un nuevo ARFCN y un nuevo TS para la asignación de un TCH. Una vez devuelto el TCH, los datos de voz se transfieren a través del uplink y del downlink, la llamada se lleva a cabo con éxito, y el SDCCH es liberado.

Cuando se originan llamadas desde la PSTN, el proceso es bastante similar. La estación base envía un mensaje PCH durante el TS0 en una trama apropiada de un BCH. La estación móvil, enganchada al mismo ARFCN, detecta su búsqueda y contesta con un mensaje RACH reconociendo haber recibido la página. La estación base entonces usa el AGCH sobre el CCCH para asignar un nuevo canal físico a la unidad móvil su conexión al SDCCH y al SACCH mientras la red y la estación base están conectadas. Una vez que el móvil establece sus nuevas condiciones de temporización y de potencia sobre el SDCCH, la estación base gestiona un nuevo canal físico a través del SDCCH, y se hace la



asignación del TCH.





**Fig. 2.7. Diagrama Establecimiento de Llamada Red GSM**

## 2.8. Infraestructura de una Estación Base

La infraestructura de una Estación Base, que es el escenario donde se desarrolla el presente informe de suficiencia, posee diversas aéreas de trabajo y tipos para ser implementada.

A continuación se mencionan las más resaltantes con el objetivo de crear un mejor panorama para el entender mejor la problemática mencionada en el Capítulo I.

### 2.8.1. Tipos de Estación Base a Implementar

Podemos clasificar las Estaciones Base por el tipo de tecnología a instalar, servicio a brindar, tipo de construcción, etc.

Nosotros la clasificaremos por el tipo de construcción de la Estación Base, con lo cual

tenemos:

### 2.8.1.a) Estaciones Base Tipo Greenfield:

Se conocen con este nombre a las Estaciones Base construidas en terrenos abiertos como: lomas de cerros, terrenos baldíos, patios de casas, etc. Se caracterizan por estar cercadas y tener como punto más visible a una estructura metálica donde se instalan las Antenas tanto de Radiofrecuencia como de Microondas.

La estructura metálica donde se instalan las antenas varían en altura dependiendo de los requisitos de instalación de equipos para dar servicio a la zona poblada a cubrir, y son de diferentes diseños según sea la cantidad y tipos de equipos a instalar, el tipo de suelo y las condiciones climatológicas de la zona (velocidad del viento). En base a ello tenemos que las estructuras metálicas pueden ser:

- Torre Autosoportada (cuadrada o triangular)
- Torre Arriostrada
- Torre Ventada
- Monopolo

Las estructuras metálicas cuentan con un sistema de balizaje en la parte superior para dejar visible la existencia de la estructura ante cualquier tránsito aéreo de día o noche.

Este tipo de Estaciones Base es más recurrente implementarlas en zonas rurales, con una altura promedio de estructura metálica que fluctúa entre los 30mts y 42mts de altura.

A continuación unos gráficos donde se aprecian los diferentes tipos de estaciones greenfield descritas:



(a)



(b)



(c)

**Fig. 2.8. Tipos de Estructuras en Estaciones Greenfield**

**(a) Torre Autosoportada (b) Torre Ventada (c) Monopolo**

Existe un tipo de Estación Base Greenfield especial que se emplea para dar cobertura en eventos públicos momentáneos de gran concurrencia como conciertos, ferias, mítines, congresos, etc.; son las estaciones móviles (Truck) que en resumen de cuentas son camiones equipados en la parte del montacargas con los equipos (Gabinetes) y una adaptación de mástil ventado desplegable para instalar las antenas de radiofrecuencia y microondas.



**Fig. 2.9. Implementación de Estación Móvil (Truck)**

### 2.8.1.b) Estaciones Base Tipo Rooftop:

Este tipo de estaciones son las más vistas en zonas metropolitanas, porque son albergadas en los edificios generalmente de mayor altura de las zonas a brindar cobertura, previo acuerdo con el propietario del predio para la ubicación de los equipos y estructuras metálicas correspondiente.

En las estaciones rooftop se cuenta con estructuras metálicas pequeñas comparadas con las empleadas en las estaciones greenfield, ocupan menos área para arriendo y se emplean para dar servicio a celdas de menor radio de cobertura, por lo que la potencia empleada en los equipos es reducida considerablemente. Las estructuras metálicas son instaladas en la azotea de la edificación y los equipos son ubicados en zonas donde la estructura del edificio pueda soportarlas, no necesariamente en la azotea junto con la estructura metálica.

Debido a la problemática social descrita en el Capítulo I de este informe, se tienen dos tipos de estaciones rooftop:

- **Estación Rooftop con licencia:**

Son las estaciones que se construyen con la estructura metálica al aire libre, cuentan con licencia municipal tanto de construcción como de funcionamiento.

Las estructuras metálicas pueden ser de los siguientes tipos:

- ✓ Torre Autosoportada
- ✓ Torre Ventada
- ✓ Torre Arriostrada
- ✓ Mástil arriostrado
- ✓ Monopolo truncado



**Fig. 2.10. Estaciones Rooftop con Licencia**

- **Estación Rooftop Mimetizada:**

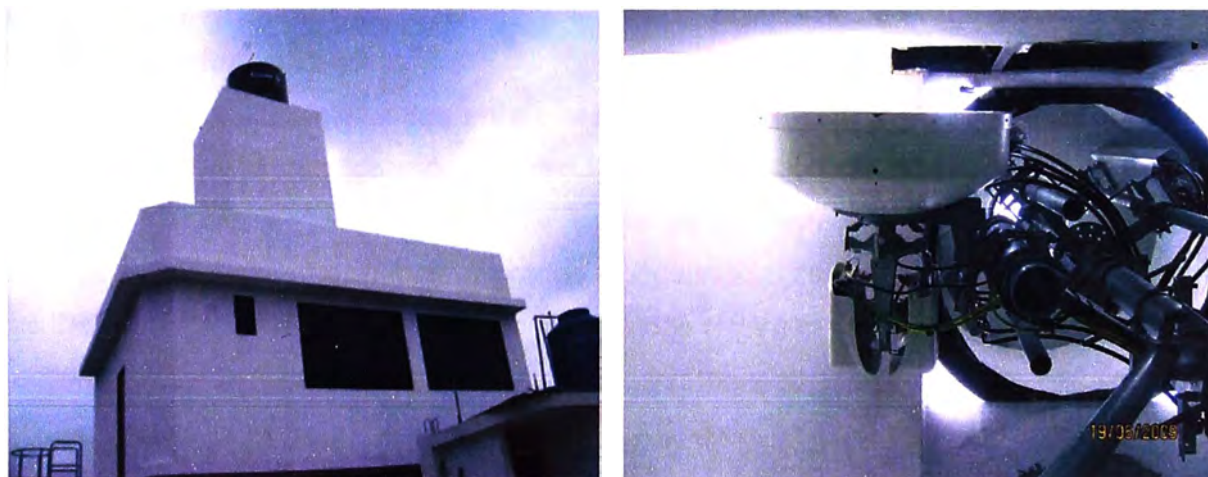
A raíz de la negativa de la población por las antenas celulares, se ha optado por implementar estaciones base camufladas, las cuales solo cuentan con licencia municipal de construcción (como ampliación de vivienda) mas no de funcionamiento debido a que nadie debe saber de su existencia.

En coordinación con el propietario se proceden a ejecutar los trabajos con suma cautela y disimulo, iniciando por la cobertura de la estación para luego instalar las estructuras metálicas y equipos.

La cobertura de mayor arraigo para este tipo de estaciones, que va acorde con la realidad de nuestras ciudades y motivo de análisis del presente informe, es el típico tanque de agua elevado que cubre la estructura metálica y las antenas a instalar en el, al cual se adecua una especie de cuarto o caseta de drywall por debajo del tanque de agua para cubrir los equipos, sostenido por perfiles metálicos que son el armazón donde se fija el drywall.

Las estructuras metálicas que puede albergar las estaciones mimetizadas pueden ser de los siguientes tipos:

- ✓ Mástil arriostrado
- ✓ Monopolo truncado



**Fig. 2.11. Estaciones Rooftop Mimetizada**

### **2.8.2. Partes de una Estación Base:**

Para implementar correctamente una estación base se debe tener en claro las partes fundamentales que la conforman.

#### **2.8.2.a) Plataforma de equipos:**

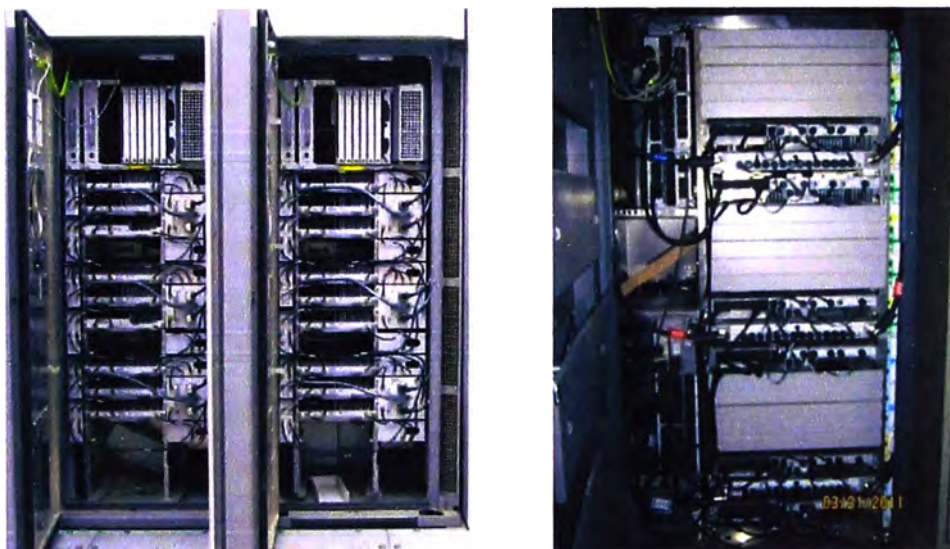
Está conformada por una plataforma metálica de varias posiciones donde se instalan los gabinetes de telecomunicaciones (BTS), Energía (Rectificador) y Transmisiones (Gabinete A/A). Cuenta con una escalerilla horizontal posterior a los equipos que sirve para interconectar los equipos mencionados y las antenas instaladas en las estructuras

metálicas.

- **BTS (Base Transceiver Station)**

Gabinete de telecomunicaciones que alberga los transmisores/receptores (TRX) necesarios para brindar servicio a la celda.

Dependiendo de la capacidad de la celda se pueden implementar entre uno a tres gabinetes (1 master + 2 slaves), opera con energía -48VDC por lo que requiere de un rectificador de energía AC para brindar servicio.

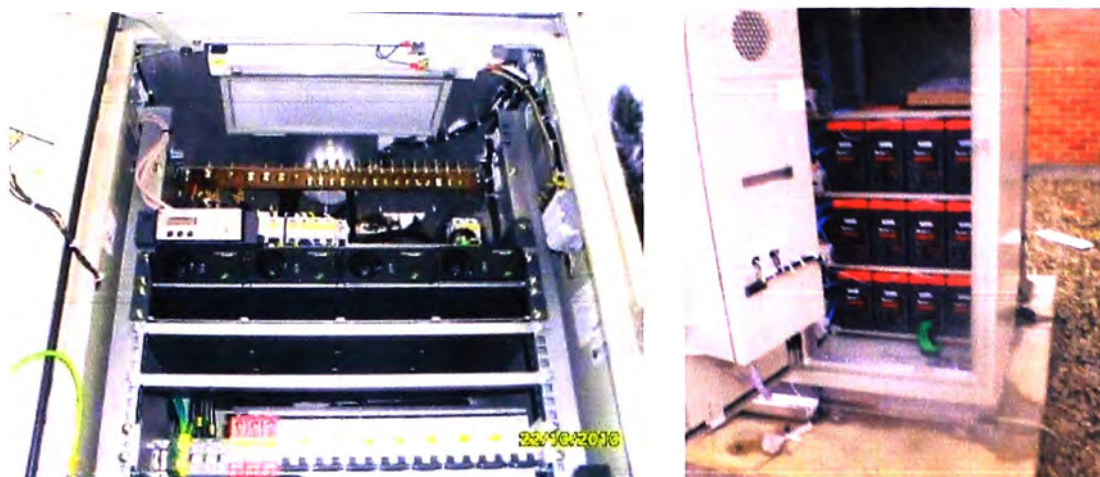


**Fig. 2.12. Gabinete BTS Ultrasite (Izq.) y Flexi (Der.)**

- **Rectificador de Energía:**

Gabinete con dos divisiones en su interior: la parte superior conocido como Power Core, donde se ubican los módulos rectificadores que convierten energía AC en DC, dependiendo de la capacidad de la celda se pueden configurar varios módulos rectificadores hasta cumplir con la potencia necesaria para alimentar con energía DC a las TRX del Gabinete BTS y el equipo Microondas (MW); en la parte inferior del gabinete rectificador se ubican los bancos de baterías, que brindan autonomía a la estación para seguir operando en la ausencia de energía AC, esta sección también es configurable dependiendo de la capacidad de la celda y el tiempo de autonomía que se quiera brindar.



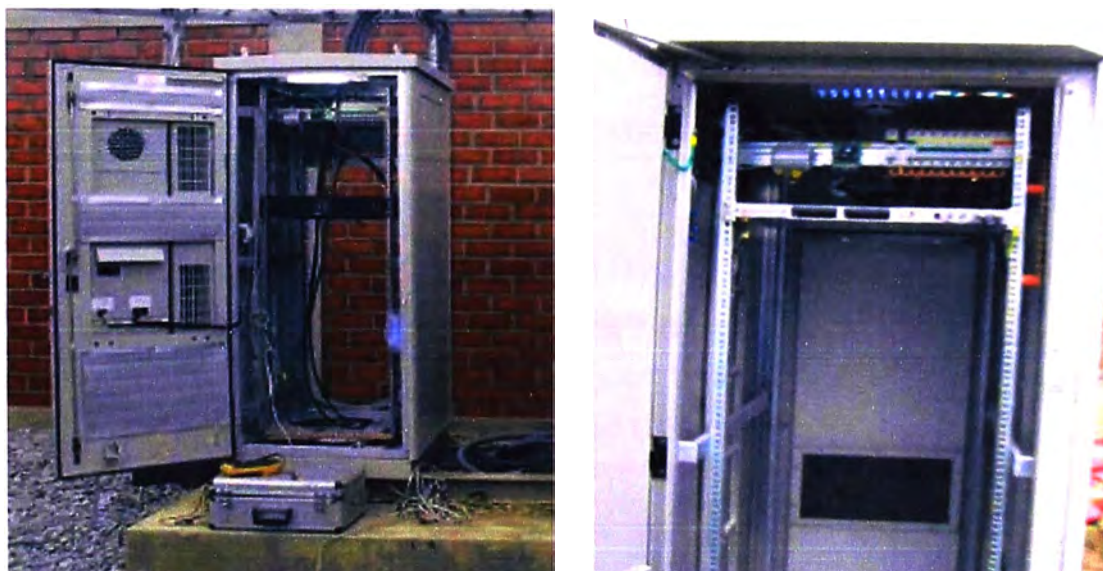


**Fig. 2.13. Gabinete Rectificador**

- **Gabinete de Transmisiones:**

Gabinete raqueable con aire acondicionado cuando se instala en exteriores (outdoor), alberga los equipos de transmisiones que requiere protección de las condiciones externas (IDU – InDoor Unit).

Los equipos instalados en el gabinete de transmisión son alimentados por energía -48 VDC, brindado por el rectificador por medio de un PDB (Distribuidor de Energía, arreglo de llaves termomagneticas) incluido en el gabinete mencionado. Podemos encontrar instalados las IDU's correspondientes a los links: Microondas y/o Satelital.



**Fig. 2.14. Gabinete de Transmisiones**

### 2.8.2.b) Sistema Radiante:

Equipos y cableado instalados en torre o mástil, brindan comunicación entre los equipos móviles de los usuarios y la BTS por medio de ondas de radiofrecuencia (RF)

Se pueden configurar en sectores y dividir según las frecuencias de operación; por ejemplo: una estación con tres sectores en frecuencia 1900MHz o una estación con 2 sectores de 1900MHZ y 3 sectores de 850MHZ.



Dependiendo del estudio de campo realizado y el alcance del servicio a brindar, pueden estar compuestos de las siguientes partes:

- **Antenas de Radiofrecuencia:**

Antenas que trabajan en la frecuencia según concesión del operador.

Por su configuración de puertos pueden ser antenas: single (un puerto), xpol (dos puertos), quad (cuatro puertos), hexa (seis puertos)

Por la banda de operación pueden ser: single band (una frecuencia) dual band (dos frecuencias), tri band (tres frecuencias) o cuatri band (cuatro frecuencias)

Cada sector tiene una configuración singular en azimuth y tilt (elevación), los mismos que son definidos según estudio de campo realizado previamente a la zona a dar servicio.

Generalmente se implementan a tope de torre o mástil para ganar altura y brindar mejor cobertura:



**Fig. 2.15. Implementación de Sistema Radiante – 3 Sectores**

Para estaciones camufladas se ha optado por antenas trisectores, las cuales asemejan la chimenea de las viviendas que albergan la Estación Base.





**Fig. 2.16. Antena Trisector implementada en Estación Mimeticada**

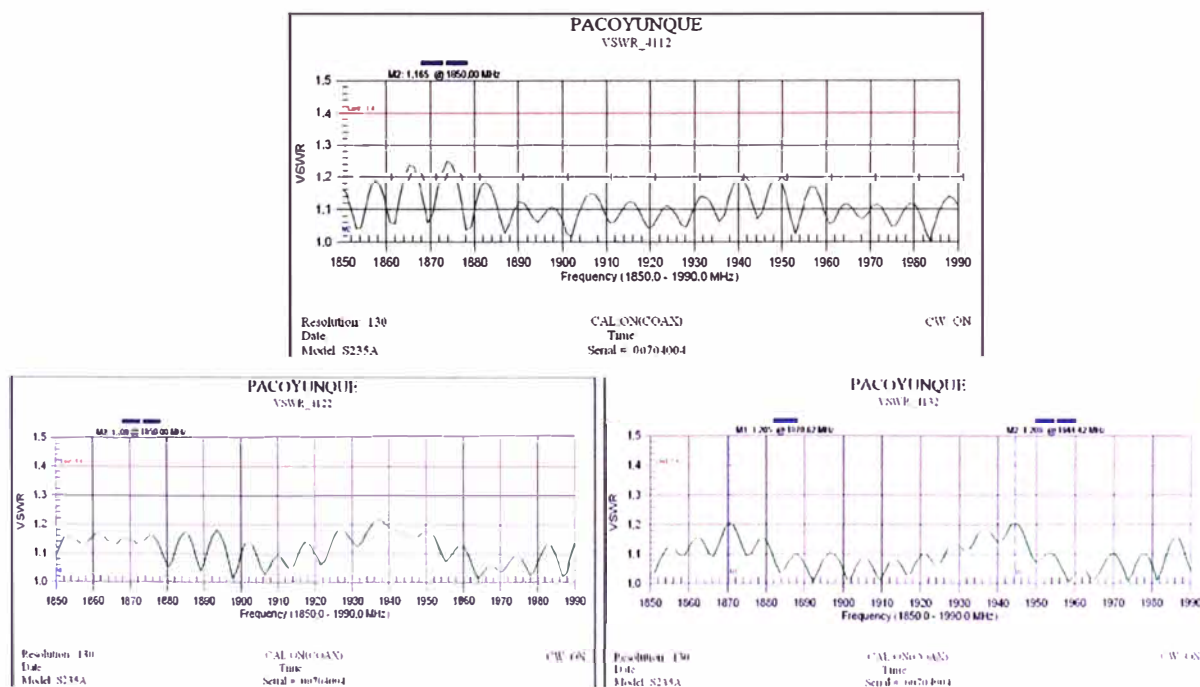
- **Feeder:**

Guía de onda que brinda comunicación entre la BTS y las Antenas RF.

Dependiendo de la altura de implementación para las Antenas RF, este cable puede ser de varios calibres:

- ✓ Feeder de ½" → empleado para alturas hasta 18mts
- ✓ Feeder de 7/8" → empleado para alturas entre 21mts y 30mts
- ✓ Feeder de 1 ¼" → empleado para alturas entre 42mts y 72mts
- ✓ Feeder de 1 5/8" → empleado para alturas mayores a 72mts

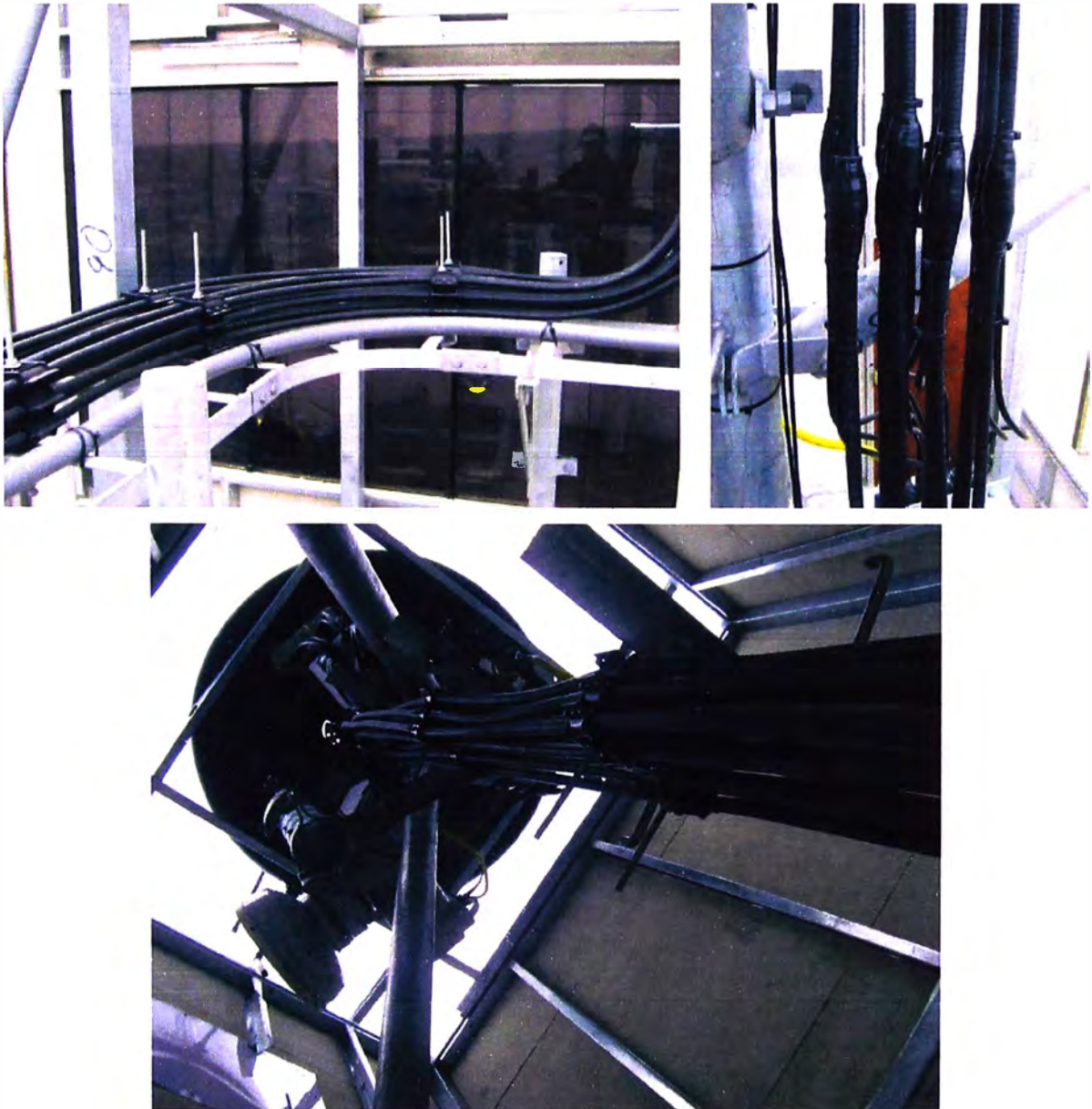
Como medida de calidad, los operadores fijan una tolerancia al parámetro de pérdida por retorno (VSWR o ROE), el cual para el caso de este informe de suficiencia fijaremos en < 1.4dB



**Fig. 2.17. Mediciones de ROE para los tres Sectores de una Estación Base**

Los feeder por standard se deben aterrarse cada 20mts para garantizar el correcto rendimiento de los equipos. Se emplean grounding kits (GK) de diversos tamaños para trabajos en cada calibre de feeder según sea el caso. Es recomendable que el GK se instale en el tramo recto del feeder antes de una curva.

La instalación del GK es un trabajo sumamente delicado debido a la vulnerabilidad del feeder, puesto a que se tiene que descubrir el apantallado exterior y empalmar por contacto la lamina del GK, para luego brindarle protección con material aislante y vulcanizante.



**Fig. 2.18. Recorrido Horizontal y Vertical de feeder, con GK antes de la curva.**

- **MHA:**

Amplificador de radiofrecuencia empleado solo en zonas donde requiera mayores niveles de recepción. La presencia de este equipo viene indicada desde el diseño de la Estación Base.



**Fig. 2.19. Implementación de MHA**

### 2.8.2.c) Link de Transmisión:

El canal de transmisión puede darse de varias maneras, se enumeran las siguientes:

- ✓ Link MW: corresponde a un análisis de factibilidad para ejecutar dicha implementación; donde se indica la existencia de la Línea de Vista, facilidades tanto técnicas como estructurales para la correcta implementación.
- ✓ Link Satelital: conexión directa a BSC por medio del rebote satelital, esta solución se emplea en lugares alejados y de difícil acceso, donde un link MW no puede ser implementado ya sea por cuestiones técnicas o sociales.

Para ambos casos el proceso de implementación es similar:

- ✓ Instalación de equipos en torre o losa
- ✓ Configuración de equipos, brindado por el operador por contar con frecuencia y capacidad diseñada para cada celda.
- ✓ Alineamiento de link, en busca de la potencia recibida de mayor nivel.
- ✓ Pruebas de BER por 24Hrs, a lo largo del link.





**Fig. 2.20. Implementación Link MW (Izq) y Link SAT (Der)**

✓ Link con FO: ahora mayormente empleado en estaciones base Rooftop, donde el operador cuenta con presencia de fibra óptica (FO). Generalmente empleado para estación con tecnologías 3G.

#### **2.8.2.d) Sistema de Puesta a Tierra (SPAT):**

Todo sistema de telecomunicaciones debe contar con un buen Sistema de Puesta a Tierra, el cual debe incluir: Pozos a tierra, barras de conexión a tierra y Sistema pararrayos

Para equipos de telecomunicaciones a brindar protección, el sistema a tierra debe ofrecer como máximo  $5\Omega$ .

#### **2.8.2.e) Tablero de Energía:**

Corresponde al punto de conexión desde donde energizaremos el rectificador para poner en operación nuestros equipos.

Aparte, el tablero de energía en una estación base concentra los diversos interruptores para habilitar servicios secundarios dentro de la estación base como: luminarias, tomas de corriente, etc.

En sí, el tablero de energía es el punto de interconexión eléctrica entre los equipos (rectificador) y el suministro de energía de la concesionaria local (medidor de energía)

### CAPITULO III DETERMINACION DE LAS NECESIDADES

En esta sección revisaremos las necesidades y limitaciones que han llevado a los operadores a implementar estaciones base mimetizadas; partiendo del simple hecho de brindar mejor cobertura a las zonas urbanas donde brindan servicio.

Luego de plantear soluciones a la necesidad inicial, se analizaran las limitaciones inherentes de la zona que restringen el plan de acción a tomar por la operadora de servicios móviles; por lo cual se debe idear una estrategia para dar viabilidad a la solución planteada; y así satisfacer la necesidad inicial y las secundarias (derivadas de la inicial)

#### 3.1. Necesidades de los Operadores Móviles

Las necesidades que presentan los operadores de servicios móviles en nuestro país que han motivado el implementar mas estaciones base en zonas urbanas, se han identificado como:

##### 3.1.1. Mejorar Capacidad de Servicio:

El servicio de telefonía móvil en nuestro país se ha visto en crecimiento desde 1993 año en el que se puso en servicio la primera estación base, hasta nuestros días; pasando el índice de densidad de 0.16 líneas por cada 100 habitantes en 1993 a 97.96 hasta marzo del 2011 (último reporte emitido por el MTC)

Indicadores Generales	1993	1998	2005	2006	2007	2008	2009	2010	Mar-2011
Densidad en Telefonía Fija	2.9	6.1	8.3	8.7	9.6	10.0	10.1	9.96	10.0
Densidad en Telefonía Móvil	0.2	2.9	20.5	31.7	55.6	72.9	83.4	98.26	97.96
Densidad en Telefonía Publica	0.4	2.0	5.6	5.7	6.2	6.9	6.6	7.0	7.0

**TABLA N° 3.1. Indicadores Generales del Sector Telecomunicaciones**

Esto indica que la cantidad de abonados ha crecido súbitamente y tiende a seguir creciendo, lo cual significa que las Estaciones Base deben estar preparadas para brindar una mayor capacidad de servicio a las zonas donde se encuentran operando.

### 3.1.2. Ampliar Servicios Brindados:

En la actualidad la tendencia tecnológica apunta a brindarle movilidad a la mayor cantidad de servicios personales; por lo que los servicios móviles consolidan voz, video y data, siendo la parte de data la que demanda mayor ancho de banda debido a los diversos aplicativos multimedia que brindan el acceso a internet móvil. La TABLA 3.2. muestra el ancho de banda que demanda cada aplicativo móvil.

Aplicación	Tipo de Aplicación	Ancho de Banda
Juegos Interactivos	Juegos Interactivos	50 – 85 kbps
VOIP, Videoconferencia	VOIP	4 – 64 kbps
	Video llamada	32 – 384 kbps
Medio de Transmisión	Música/Voz	5 – 128 kbps
	Video Clips	20 – 384 kbps
	Transmisión de Video	>2Mbps
Tecnologías de la Información	Mensajes instantáneos	< 250 bytes x mensaje
	Navegador Web	>500 kbps
	Email (con archivos adjuntos)	>500 kbps
Descarga de contenido multimedia	Datos masivos, Descarga de películas	>1 Mbps
	Punto a Punto	>500 kbps

**TABLA N° 3.2. Demanda de Ancho de Banda por Aplicativo Móvil**

Las operadoras brindan diversos paquetes de servicios ya sea voz, mensajería y/o datos, con el fin de generar mayor consumo de sus servicios e incrementar su tráfico, lo cual a la larga se ve traducido en ingresos (dinero).

Este consumo masivo en la red llega a saturar la capacidad que tiene cada estación base, la cual reporta dicha indisponibilidad como una falla en la accesibilidad a la red, que al ser más frecuentes dan pie a la necesidad de ampliar la capacidad de servicio en la red.

### 3.2. Planteamiento de Soluciones

De las dos necesidades previamente señaladas (Mejorar Capacidad de Servicio y Ampliar Servicios Brindados) podemos indicar que si la red celular no ha sido diseñada

para ser flexible y adecuarse ante los parámetros indicados, las únicas soluciones para cubrir la demanda emergente de servicio y abonados sería:

- Ampliar capacidad en las EBC's
- Implementación de nuevas EBC's, que compensen la demanda actual y futura.

La primera solución es viable hasta cierto punto, dependiendo del servicio a brindar y/o la capacidad proyectada, se tendría de realizar cambio de tecnología o ampliación de tarjetas TRX (Transceivers), lo cual tiene muchas limitantes debido a: la capacidad máxima de los equipos instalados, los espacios arrendados (negativa de los propietarios), límite de carga en azotea de edificación (para EBC Rooftop), rechazo de la población por impacto visual a las antenas celulares, etc.

La segunda opción es viable dependiendo de la zona donde se desee mejorar el servicio; de no existir problemas con los pobladores y/o el municipio por la presencia de antenas celulares en su comunidad, se puede trabajar tranquilamente la nueva EBC Greenfield o Rooftop; pero si la población se ve reacia a la presencia de antenas celulares, por más que se cuente con licencia municipal para la construcción, la implementación no será viable a menos que se camufle la EBC.

Las dos soluciones indicadas se vienen ejecutando constantemente por los operadores de servicios móviles en zonas urbanas; siendo muy común en estos últimos años la implementación de EBC camufladas. Nosotros examinaremos este último caso para análisis del mejoramiento de los índices de accesibilidad a la red en un cambio de camuflaje ejecutado, lo cual es el motivo del presente informe de suficiencia.

### **3.3. Limitaciones a la Solución Planteada**

De las dos soluciones planteadas, la segunda opción (Implementación de nuevas EBC's) es la que tiene mayor dificultad de llevar a cabo en las zonas urbanas debido a diversos factores que impiden la implementación de las EBC's; podemos mencionar como limitantes las siguientes premisas:

- Poca disponibilidad para implementar EBC Greenfield; por ser zona urbana es poco probable encontrar terrenos amplios donde ubicar una torre lo suficientemente elevada para implementar la torre de una EBC, por lo que la solución se limita a implementar EBC Rooftop.
- Negativa de la población por las Antenas Celulares; la población al creer que las antenas celulares les ocasionan daños irreparables a su salud, se organizan para realizar marchas y protestas en contra de las EBC en construcción, llegando hasta el punto de agredir a los trabajadores y/o al mismo propietario del local donde se implementara la EBC.
- Existencia de otra EBC en los alrededores; como existe una EBC cerca al punto



donde se pretende construir una nueva, los pobladores se oponen a su construcción alegando que no permitirán que se instale mas antenas en su comunidad porque les ocasionara problemas de salud al igual que la ya existente.

A raíz de estos problemas se da como solución para hacer viable la implementación de nuevas EBC es la ejecución del camuflado en las EBC's, lo cual ya se describió en el Capítulo 2 del presente informe.

#### **3.4. Solución a los Problemas Inherentes**

Hemos detectado que la solución al problema inicialmente planteado es implementar EBC camufladas, lo cual ya se ha venido realizando en nuestro país, teniendo al típico tanque de agua elevado como solución práctica y casi imperceptible al impacto visual en la zona.

Pero dicha solución (muy difundida hasta el último año) no ha sido de total satisfacción para el operador debido a los altos índices de Drops (TCH Drops, SDCCH Drops) presentados en la EBC implementada, lo cual ocasiona que la accesibilidad a la EBC se vea degradada, esto se refleja en el incremento de las llamadas no inicializadas o no concluidas.

Este efecto trae como consecuencia: los reclamos por parte de los usuarios, multas a la operadora por parte de la entidad reguladora, desafiliación de abonados debido al mal servicio y perdidas económicas para la operadora.

Luego de realizar pruebas de campo y comparativas con EBC no camufladas, se detectó que el material empleado para realizar el camuflaje afectaba la radiopropagación de las antenas sectoriales, distorsionando su patrón de radiación lo cual genera interferencia entre los sectores de una misma EBC.

En el afán de obtener mejores resultados, los laboratorios de antenas de radiofrecuencia realizaron estudios con diversos materiales para camuflaje, a solicitud de las operadoras, para que se garantice la correcta radiopropagacion en la interface de acceso (última milla); el resultado de dicho estudio arrojó parámetros mínimos obligatorios a considerar en toda EBC camuflada; así se garantiza mejorar los niveles de accesibilidad a la EBC.

Lo ideal es no tener obstáculos frente a las antenas sectoriales, tal como se observa en los estaciones Greenfield o Rooftop (no mimetizadas), pero a consecuencia de los problemas sociales y trabas por parte de las autoridades de la zona descritos al inicio de este capítulo, se ha optado por el uso del material PVC para camuflar el sistema radiante de las EBC, siempre y cuando se respeten las distancias mínimas de separación entre Antenas Sectoriales, PVC y Estructuras cercanas.

#### **3.5. Estrategia para Viabilidad de Solución**

Para hacer viable la implementación de una EBC en zonas donde existe contingencia social (problemas con la población descritos en el punto anterior) se ha optado por esconder la parte visible de la EBC en un camuflaje que asemeja la estructura de la edificación.

A menudo se va haciendo cada vez más conocida por los pobladores este tipo de solución empleada por los operadores de servicios móviles, lo cual también es una limitante para la implementación de una EBC camuflada; por lo que se requiere de una estrategia para impedir se trunque la EBC.

A continuación las buenas prácticas que empleamos para la ejecución de una EBC camuflada:

- **Adquisición:** La adquisición del sitio debe realizarse con la mayor discreción posible; se deben de confirmar los parámetros de radiopropagación deseados antes de realizar la búsqueda respectiva, para que la elección del candidato sea la idónea y evitemos estar proliferando en la zona la construcción de una EBC.
- **Construcción:** La etapa de construcción de la EBC es la más larga, generalmente entre 25 a 45 días, tiempo en el cual se realiza la adecuación e instalan la ferretería necesarios para instalar los equipos de telecomunicaciones. Antes del ingreso de los equipos a la EBC, esta última debe de contar como mínimo con el camuflaje exterior de la EBC que impida la visualización de la torre, las antenas de radiofrecuencia y los gabinetes a instalar en las estructuras metálicas.
- **Implementación de Equipos:** El ingreso de los equipos y del personal a la EBC camuflada es la parte más delicada de todo el proceso constructivo; por lo que debemos de tener presente lo siguiente:
  - El ingreso al local de los equipos de telecomunicaciones a instalar en la EBC camuflada debe realizarse de madrugada para que nadie se entere del ingreso de equipos.
  - El ingreso del personal al local donde se ubica la EBC también debe ser con suma cautela, puesto a que la población se encuentra muy sensible respecto a las antenas y están al pendiente de los trabajos que se vienen realizando en la EBC sin saberlo a ciencia cierta.
  - El personal que realiza los trabajos debe estar concientizado que no debe estar haciendo bulla en exceso dentro de la EBC, de lo contrario pondría al descubierto los trabajos que vienen realizando.
- Debemos lograr contar con la confianza del propietario con quien coordinaremos todo ingreso y salida; lo cual es crítico en este tipo de trabajos. Así mismo, el será cómplice para confirmarnos si la zona está “caliente” o ya se calmaron los ánimos de sus

vecinos como para retomar trabajos.

Como se puede apreciar, trabajar en una EBC camuflada es sumamente delicado, se debe armar una buena estrategia de trabajo desde la primera etapa del proyecto para minimizar los riesgos y evitar enfrentamiento con los pobladores de la zona; las buenas prácticas indicadas líneas arriba son medidas que han demostrado ser eficaces para estos trabajos, lo cual puede variar dependiendo del nivel de rechazo por parte de la población.

## **CAPITULO IV INGENIERIA DEL PROYECTO**

En el presente capítulo definiremos los parámetros constructivos, tipo de material y parámetros de aceptación para una EBC mimetizada que minimice los índices de accesibilidad a la red.

Para ello revisaremos los siguientes puntos:

- Criterios de Radiopropagación brindados por el fabricante de las Antenas Sectoriales.
- Análisis de Atenuación realizado al material no conductor propuesto para elaborar camuflaje.
- Variación de los índices de accesibilidad a la EBC.

### **4.1. Criterios de Radiopropagación según Fabricante de Antenas Sectoriales**

Se realizó la consulta al proveedor de Antenas de Radiofrecuencia más empleadas en nuestro país, acerca de nuestro problema de calidad de señal en la EBC mimetizada; pidiendo que nos recomiende el entorno bajo el cual su antena RF presente un patrón de radiación aceptable para una correcta radiopropagación.

En base a lo solicitado, el proveedor emitió un informe técnico donde muestra niveles mínimos de separación entre las antenas que provee y cualquier obstáculo que se presente, para mantener estable el patrón de radiación de la antena.

#### **4.1.1. Criterios del fabricante para obstáculos conductivos**

A continuación veamos los criterios utilizados por el proveedor que sustentan sus indicaciones para obstáculos conductivos como columnas, muros, azotea, metales, etc.:

Consideraciones del análisis:

- La antena analizada es de un patrón de radiación horizontal con apertura de 90°, que opera a 880MHz
- El análisis fue realizado en los laboratorios del proveedor de antenas de radiofrecuencia, en base a estudios de campo que nos brindaron los espectros mostrados.
- El proveedor considero 4 puntos alrededor del lóbulo principal de la antena, que de colocar obstáculo en dichos puntos afectarían severamente el patrón de radiación, por lo que se propone distancias mínimas para aplacar la distorsión en el lóbulo y obtener la

máxima ganancia posible.

## 90° Horizontal Pattern

No Obstacle

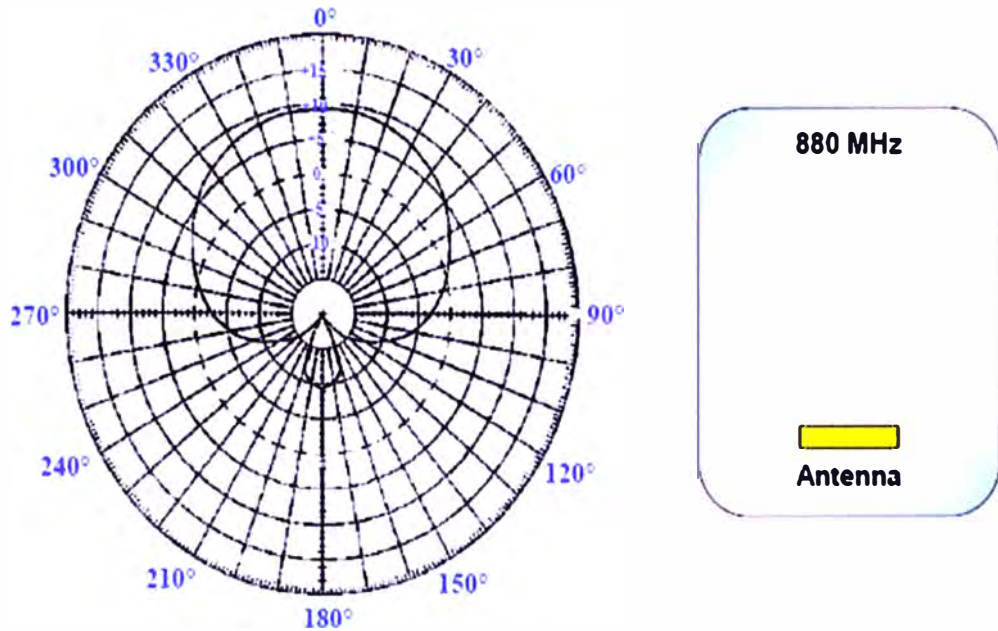


Fig. 4.1. Patrón de Radiación sin presencia de Obstáculo

## 90° Horizontal Pattern

$0.51\lambda$  Diameter Obstacle @  $0^\circ$

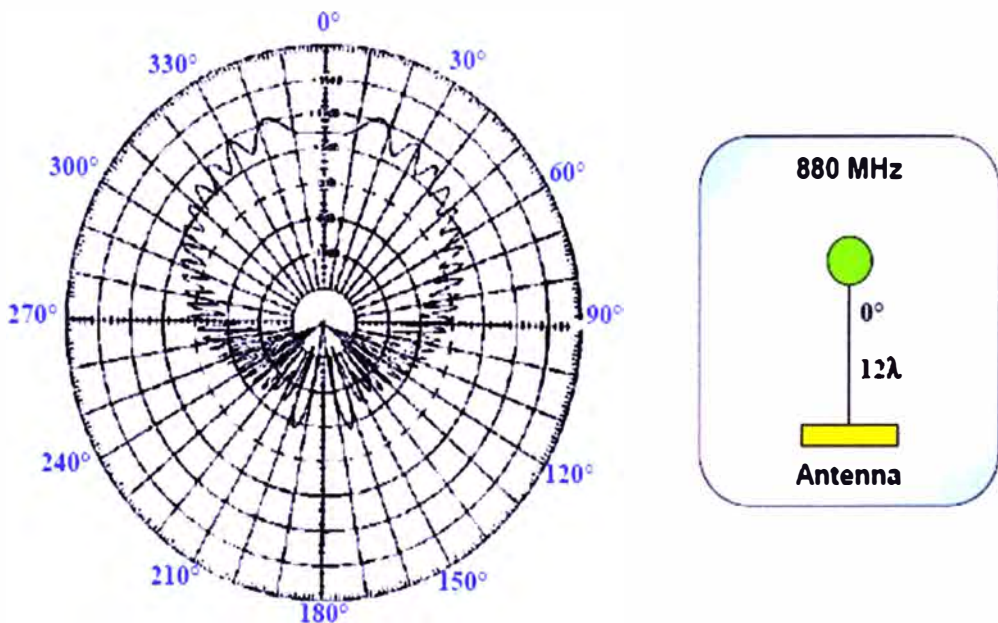


Fig. 4.2. Patrón de Radiación con presencia de Obstáculo a  $0^\circ$

# 90° Horizontal Pattern

0.51 $\lambda$  Diameter Obstacle @ 45°

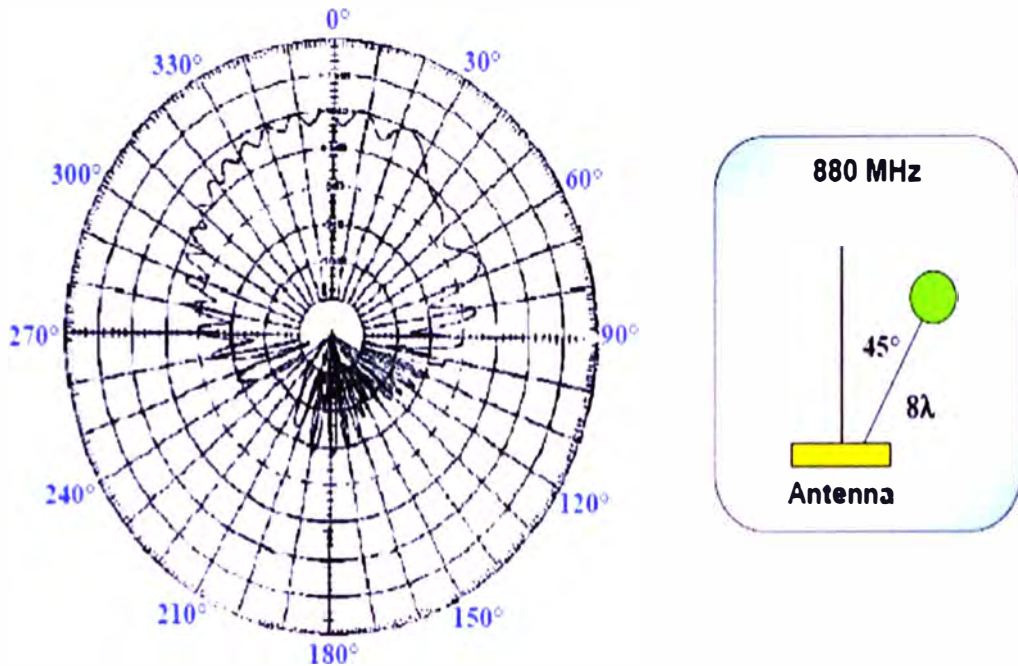


Fig. 4.3. Patrón de Radiación con presencia de Obstáculo a 45°

# 90° Horizontal Pattern

0.51 $\lambda$  Diameter Obstacle @ 60°

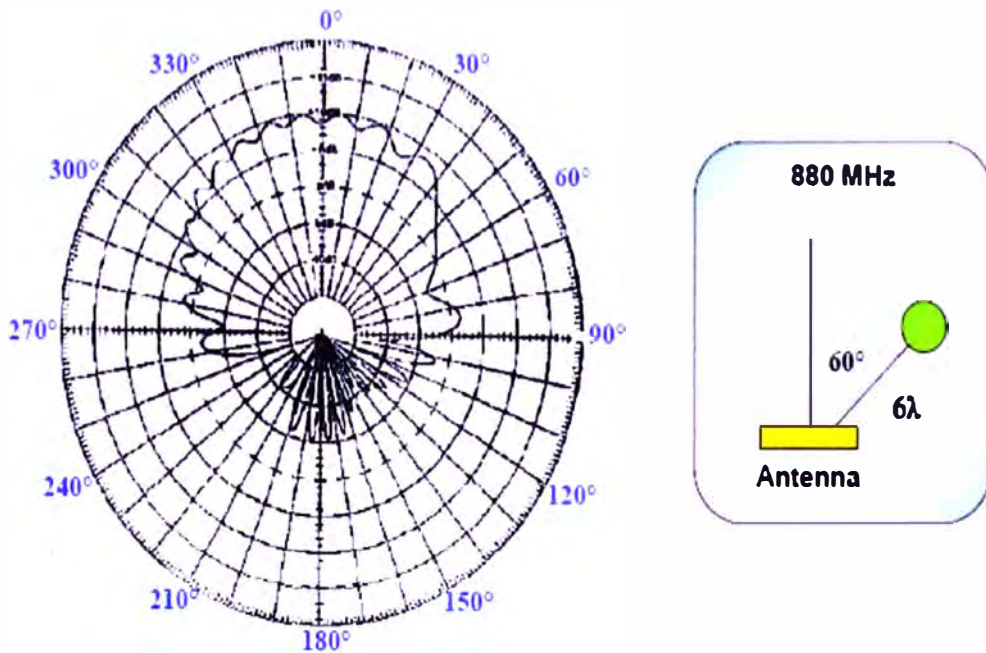


Fig. 4.4. Patrón de Radiación con presencia de Obstáculo a 60°

# 90° Horizontal Pattern

0.51 $\lambda$  Diameter Obstacle @ 80°

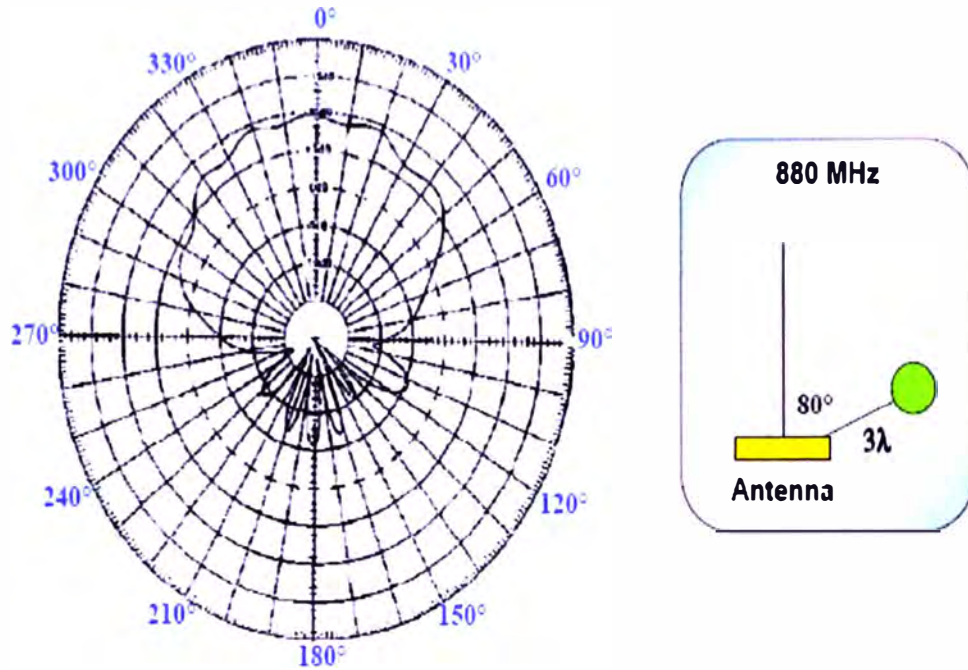


Fig. 4.5. Patrón de Radiación con presencia de Obstáculo a 80°

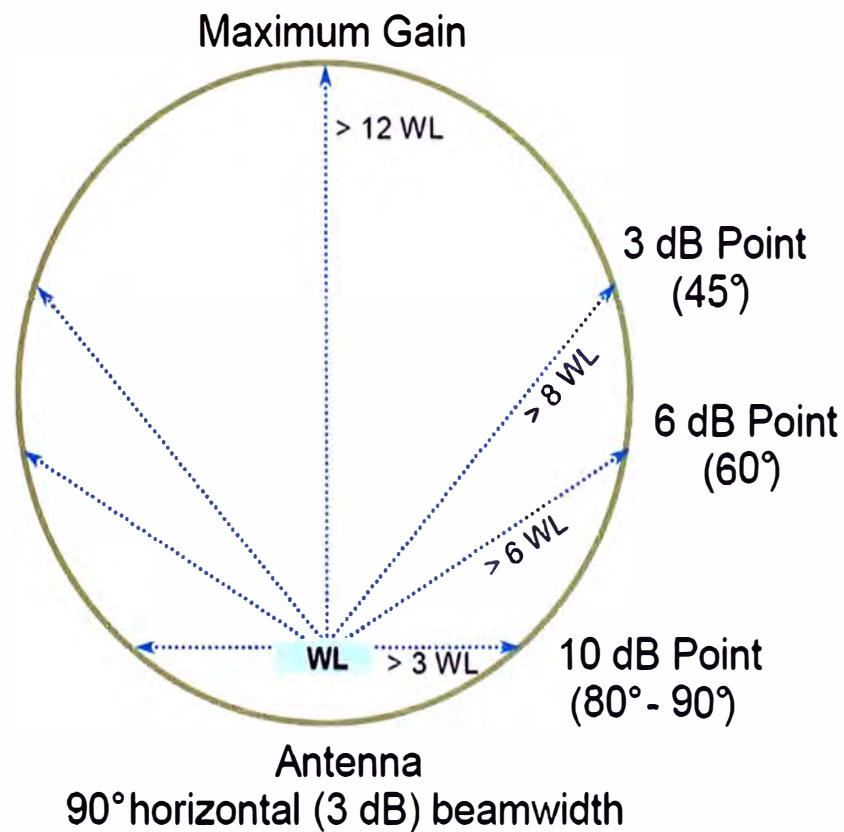
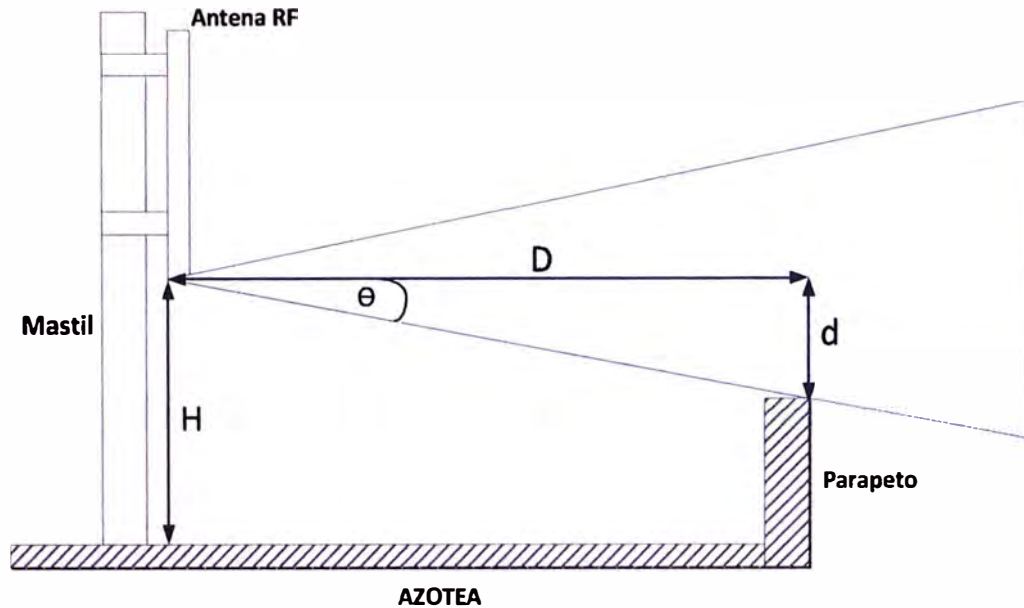


Fig. 4.6. Criterios de Separación entre Antena RF y obstáculos cercanos

Aplicando lo recomendado por el proveedor a un EBC rooftop, tendremos el siguiente escenario:



**Fig. 4.7. Ubicación distancia de obstáculo conductivo**

Donde:

D: es la distancia horizontal entre la antena RF y un obstáculo cercano

d: es la distancia vertical entre la antena RF y el mismo obstáculo anterior

H: es la Altura de instalación inferior de la Antena RF

$\theta$ : Angulo de apertura vertical (típicamente  $< 10^\circ$ )

$$d = D \times \tan \theta \quad (4.1)$$

Según lo propuesto por el proveedor tenemos:

$D = 12 \text{ WL}$ , que para una antena que opera a 850MHz (banda licenciada en nuestro país para servicios móviles), entonces:

$$\text{WL} = c / f = 3 \times 10^8 / 850 \times 10^6 = 0.35 \text{ mts}$$

$$D = 4.23 \text{ mts}$$

$$d = 4.23 \text{ mts} \times \tan \theta$$

Como  $\theta$  es típicamente menor que  $10^\circ$ , consideremos el peor caso  $\theta = 10^\circ$

$$d = 0.745 \text{ mts}$$

De lo que concluimos que las Antenas RF no deben de tener ningún obstáculo por lo menos los 0.745mts debajo de su nivel inferior, con ello se garantizan cumplir con lo recomendado por el proveedor.

#### **4.1.2. Criterios del fabricante para obstáculos no conductivos**

El proveedor de antenas RF nos muestra dos parámetros importante a considerar para dimensionar la separación entre las antenas RF y toda estructura no conductiva cuya atenuación no sea mayor a 4dB; estos parámetros son:



- Apertura Horizontal, que para nuestro caso venimos analizando el de  $90^\circ$
- VSWR (Voltage Standing Wave Ratio), en nuestro caso asumiremos niveles menores a 1.4, tal y como lo exige el operador de telecomunicaciones en nuestro país.

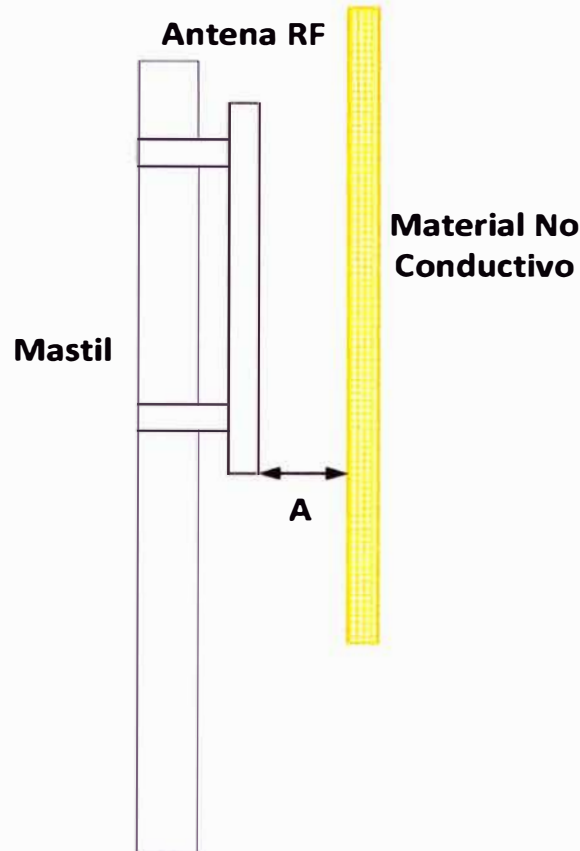


Fig. 4.8. Ubicación de Distancia Antena RF y Material No Conductivo (Camuflaje)

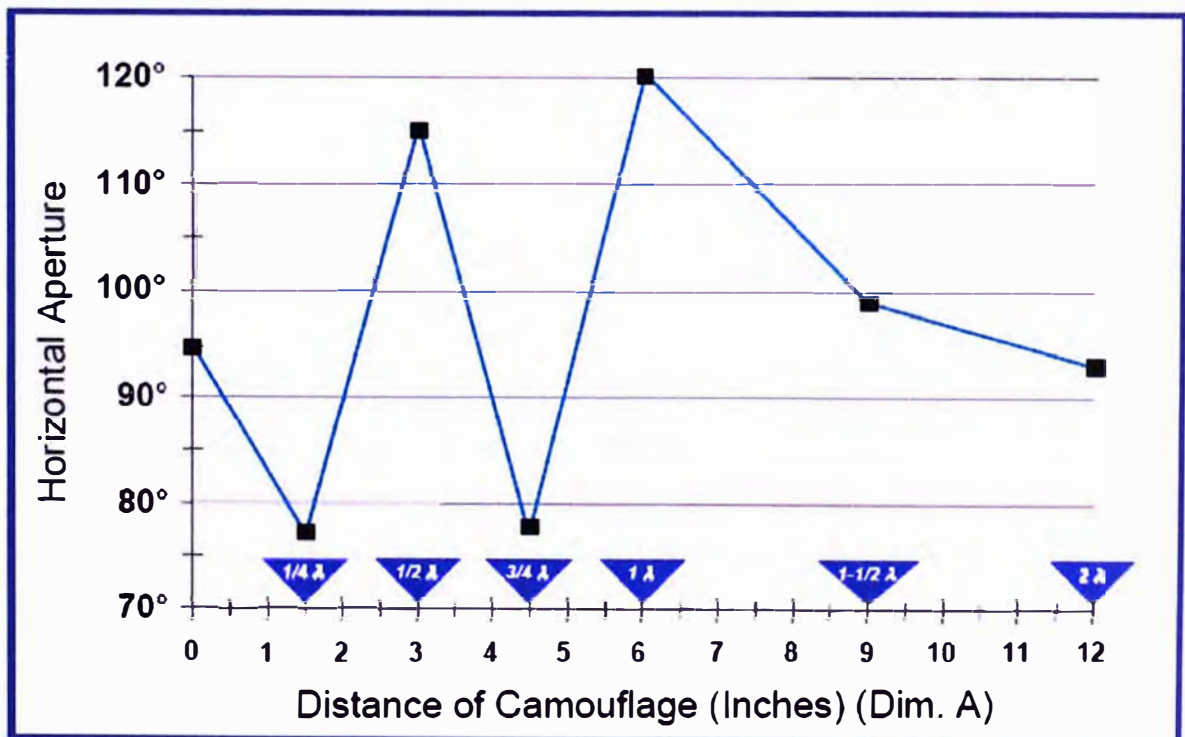
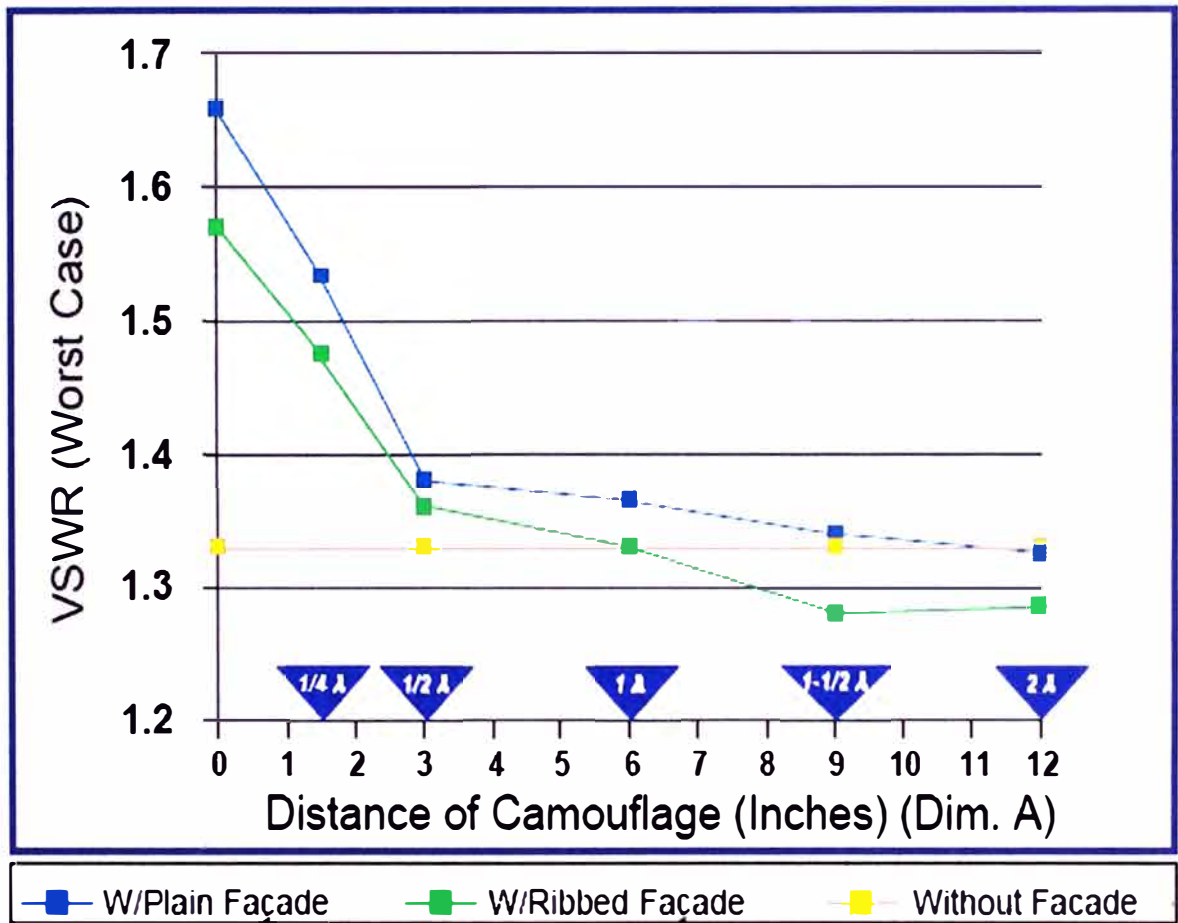


Fig. 4.9. Apertura Horizontal vs Distancia al Camuflaje

De lo observado en el grafico anterior tenemos que para una apertura horizontal de la antena RF de 90° debemos de guardar distancia con obstáculos no conductivos (camuflaje) de por lo menos 2WL (wavelength).



**Fig. 4.10. VSWR vs Distancia al Camuflaje**

Observamos en la figura 4.10 que para la distancia de 2 WL asignada de la figura 4.9, se cumple lo solicitado por el operador de telecomunicaciones  $VSWR \leq 1.4$ .

Para nuestro caso tendremos que la distancia de separación entre la Antena RF y el obstáculo no conductivo es:

$$A = 2 \text{ WL} \quad (4.2)$$

Siendo que para una antena que opera a 850MHz (banda licenciada en nuestro país para servicios móviles), tendremos:

$$A = 2 \times 0.35\text{mts}$$

$$A = 0.70\text{mts}$$

Con este resultado podemos concluir que se requiere como mínimo una separación de 70cm entre la antena RF y el obstáculo no conductivo para garantizar el cumplimiento de lo recomendado por el proveedor.

#### 4.2. Análisis de Atenuación al material de Camuflaje

En el mercado existen diversos materiales no conductivos que se pueden emplear

para realizar determinadas estructuras donde camuflar las antenas sectoriales de una EBC; pero al momento de realizar la elección predominan dos factores muy cruciales como son:

- Costos
- Atenuación

El siguiente cuadro muestra el comparativo de características entre los materiales más comunes que podemos emplear para realizar la tarea en mención:

<b>Característica \ Material</b>	<b>Polímero (fibra de vidrio)</b>	<b>PVC</b>
Costo	Elevado	Bajo
Atenuación	≈ 1.0dB (850MHz)	≈ 2.5dB (850MHz)
Rigidez	Buena	Buena
Peso	Medio	Bajo
Mano de Obra	Especializada	Sencilla
Estructuras	Base y Montantes de madera	Solo base de Madera
Tiempo de armado	2 ~ 3 días	1 día
Mantenimiento	Anual	No requiere

**TABLA N° 4.1. Comparativo Características Material No Conductivo**

De lo señalado en el cuadro anterior y para efectos de análisis del presente informe, se ha optado por el PVC, al cual se le han realizado diversas pruebas de campo para validar a ciencia cierta sus niveles de atenuación para una antena cubierta del camuflaje a base de PVC.

#### **4.2.1. Equipamiento empleado para realizar pruebas:**

Las pruebas fueron realizadas en el Laboratorio del Inictel – UNI a solicitud de una Empresa proveedora del material para camuflaje.

Las pruebas demandaron el uso del siguiente equipamiento:

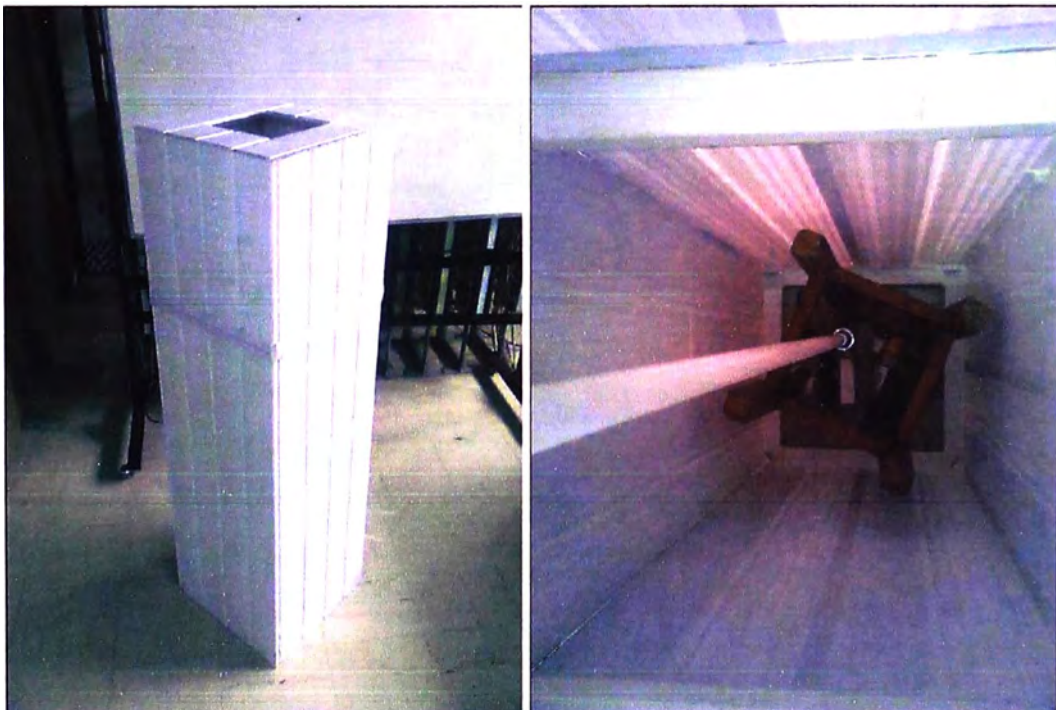
- Receptor: Analizador de Espectros Marca Anritsu, Modelo: MS2721B.
- Antena de Recepción: Antena Omnidireccional en la Banda de 2.4 - 2.5 GHz.
- Transmisor: Radio Dual Multibanda Pre- Wimax Marca Netkrom, Modelo: MB-ROMB V3.
- Antena de Transmisión: Antena Omnidireccional en la Banda de 2.4 - 2.5 GHz.

- Computadora portátil.
- Muestra del material de camuflaje con las siguientes dimensiones:
  - a. Largo : 40 cm
  - b. Ancho : 40 cm
  - c. Altura : 140 cm
  - d. Descubierta en la parte inferior.
  - e. Cubierta en la parte superior, con un orificio de 20 cm de diámetro.

#### 4.2.2. Procedimiento para Medición de Atenuación al Material de Camuflaje:

El procedimiento adoptado fue el siguiente:

- Montar el transmisor, el receptor (analizador de espectros) y la antena respectiva. La separación entre transmisor y receptor se ha considerado en 5 metros.
- Cubrir la antena transmisora con la muestra del material de camuflaje.
- Medir los niveles de potencia recepcionados con el analizador de espectros al transmitir en 04 niveles de potencia distintos (10, 15, 20 y 24 dBm) y almacenarlos en formato digital.
- Se repiten estos pasos para 03 frecuencias diferentes en la banda de 2 GHz (2.412 , 2.437 y 2.462 GHz)
- Retirar la muestra del material de camuflaje y proceder según lo descrito en el punto 3.



**Fig. 4.11. Antena Transmisora Camuflada con Material PVC**

Las mediciones se efectuaron con la antena libre y después con el material puesto sobre la antena. La diferencia en la lectura de los niveles recibidos, nos indica la pérdida

en dB que produce el material frente a variaciones de potencia y frecuencia en el equipo radio asociado a la antena.

Potencia De Tx (dBm)	Frecuencia Central (GHz)	Rango de Frecuencia (GHz)	Nivel Rx SIN camuflaje (dBm)	Nivel Rx CON camuflaje (dBm)	Perdidas del Material (dB)
10	2.412	2.402 – 2.422	-69.92	-70.57	0.65
	2.437	2.427 – 2.447	-69.43	-73.02	3.59
	2.462	2.252 – 2.472	-69.55	-72.79	3.24
15	2.412	2.402 – 2.422	-63.14	-64.84	1.70
	2.437	2.427 – 2.447	-66.63	-67.90	1.27
	2.462	2.252 – 2.472	-65.47	-67.19	1.72
20	2.412	2.402 – 2.422	-58.00	-61.91	3.91
	2.437	2.427 – 2.447	-60.66	-63.51	2.85
	2.462	2.252 – 2.472	-61.06	-63.83	2.77
24	2.412	2.402 – 2.422	-55.96	-56.43	0.47
	2.437	2.427 – 2.447	-57.96	-60.68	2.72
	2.462	2.252 – 2.472	-56.90	-56.96	0.06
<b>PROMEDIO:</b>					<b>2.08</b>

**TABLA N° 4.2. Cuadro de Pruebas Atenuación al Material PVC**

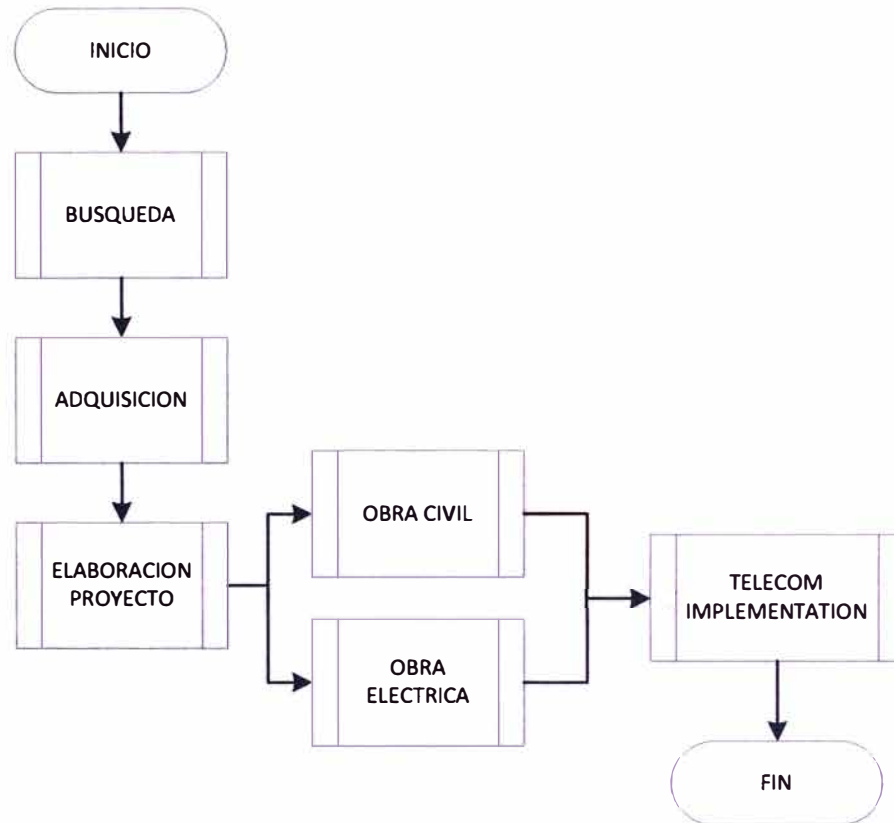
Para el caso específico del material PVC, los resultados obtenidos nos muestran valores de pérdida variables en función de la variación de potencia y frecuencia, obteniéndose en promedio un factor de un poco más de 2 dB. El mayor de los valores no llega a alcanzar los 4 dB, factor de pérdida aceptable para este tipo de materiales, por lo que el material PVC adecuado para el camuflaje de antenas RF es apto para su uso.

#### **4.3. Parámetros constructivos a considerar en una EBC Mimetizada**

Luego de contar con la validación del PVC como material no conductor con poca absorción de potencia y teniendo presente las distancias a guardar entre las antenas RF y los obstáculos, ambos temas revisados en los puntos anteriores, ya podemos plantear parámetros claves a tener siempre presente cuando se elaboren los proyectos de toda

## EBC Mimetizada.

Primero analicemos que sub-procesos del proceso Construir Estación Base se verán alterados por las condiciones revisadas en los puntos anteriores:



**Fig. 4.12. Diagrama de Bloques Proceso Construir EBC**

### 4.3.1. Búsqueda y Adquisición de Sitio:

Ambos procesos van de la mano, nos brindan como resultado un contrato cerrado con los dueños del local que arrendaran su predio para construir la EBC, y una licencia municipal donde se autorice la construcción de la EBC.

Los insumos necesarios para dar inicio a este proceso son:

- Anillo de Búsqueda emitido por el Área de Planificación de RF
- Autorización o Poder para realizar trámites a nombre del operador

Las herramientas a usar para llevar a cabo este proceso son:

- Realizar visitas en conjunto con personal del Área de Planificación de RF para definir candidatos.
- Negociación de Área a arrendar.
- Conciliar acuerdos económicos, legales y de acceso a la infraestructura para cerrar contrato.
- Gestiones ante entidades públicas y privadas para trámites de documentación pertinente para arrendar y construir infraestructura de telecomunicaciones en zonas urbanas.

Los entregables del proceso:

- Contrato cerrado con arrendatario.
- Licencia de Construcción.

Estos procesos no se ven afectados por los parámetros de construcción de EBC Mimetizadas, salvo que el entregable de Licencia de Construcción puede no aplicar cuando la EBC es mimetizada, esto depende de los requisitos propios de cada municipio.

#### **4.3.2. Elaboración del Proyecto**

El elaborar un proyecto para construir una EBC difiere mucho cuando la EBC es mimetizada; a diferencia de los dos procesos anteriores, al momento de elaborar el proyecto se debe tener en cuenta las alturas, azimuth y frecuencias de las antenas sectoriales, material para realizar el camuflado de sistema radiante y las distancias mínimas permisibles para no perjudicar la radiopropagacion de las antenas RF.

La finalidad de este proceso es elaborar los planos constructivos de: Arquitectura, Estructuras, Electricidad y Sanitarias para construir la EBC conforme a los requerimientos de la operadora de servicios móviles.

Los insumos necesarios para dar inicio a este proceso son:

- Informe de Visita Técnica realizada al sitio adquirido.
- Data Técnica emitida por el Área de Planificación de RF.
- Informe de Factibilidad para el Enlace de Transmisión de datos.

Las herramientas a usar para llevar a cabo este proceso son:

- Normas Técnicas de Construcción para Edificaciones en nuestro país.
- Manejo del Código Nacional de Electricidad.
- Conocimiento de Análisis Estructural y Diseño de Torres.
- Conocimiento de los Sistemas de Comunicaciones Móviles: GSM y UMTS.

Los entregables del proceso:

- Planos Constructivos de: Arquitectura, Estructuras, Electricidad y Sanitarias.
- Detalle de los materiales y acabados.
- Presupuesto y Metrados de los trabajos a realizar.

Consideraciones adicionales para diseño de mimetizado óptimo para minimizar problemas de radiopropagacion:

- Material para camuflaje de sistema radiante: Planchas de PVC
- Estructura para soporte de camuflaje: listones de madera.
- Base para soporte de camuflaje: Madera.
- Separación mínima entre Antena Sectorial y camuflaje: para Antenas RF que operan en 850MHz, se requiere un mínimo de 70cm de separación.

- Altura mínima de instalación Antenas RF: para Antenas RF que operan en 850MHz, cada sector debe ubicarse a no menos de 0.745mts el nivel inferior de la antenna, con respecto a cualquier obstáculo cercano.

A continuación, se muestran los planos de una EBC mimetizada donde se toman en consideración lo mencionado anteriormente:

**ENGINEERING DATA**

<b>EQUIPMENT</b>	NOKIA FLEXI MULTIRADIO					
<b>ANTENNA</b>	SECTOR 1	SECTOR 2	SECTOR 3	SECTOR 4	SECTOR 5	SECTOR 6
Antenna Code:	MG D3-800TV	MG D3-800TV	MG D3-800TV			
Antenna Code2:						
TRX No:	8	6	6			
Espacios Reservados :	2	2	2			
Antenna Height:	21	21	21			
Pole Height:	6	6	6			
Azimuth:	60	200	270			
TOTAL Tilt :	6	8	8			
Fee der:	1/2"	1/2"	1/2"			
<b>Combiner Type:</b>	2-Way	2-Way	2-Way			
<b>MH Amplifier</b>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>Tower Model:</b>	6m. Mastil					
<b>Type:</b>	Macrocell					
<b>BTS Configuration:</b>	6 - 6 - 6					

Fig. 4.13. Data Técnica brindada por el Área de Planificación RF

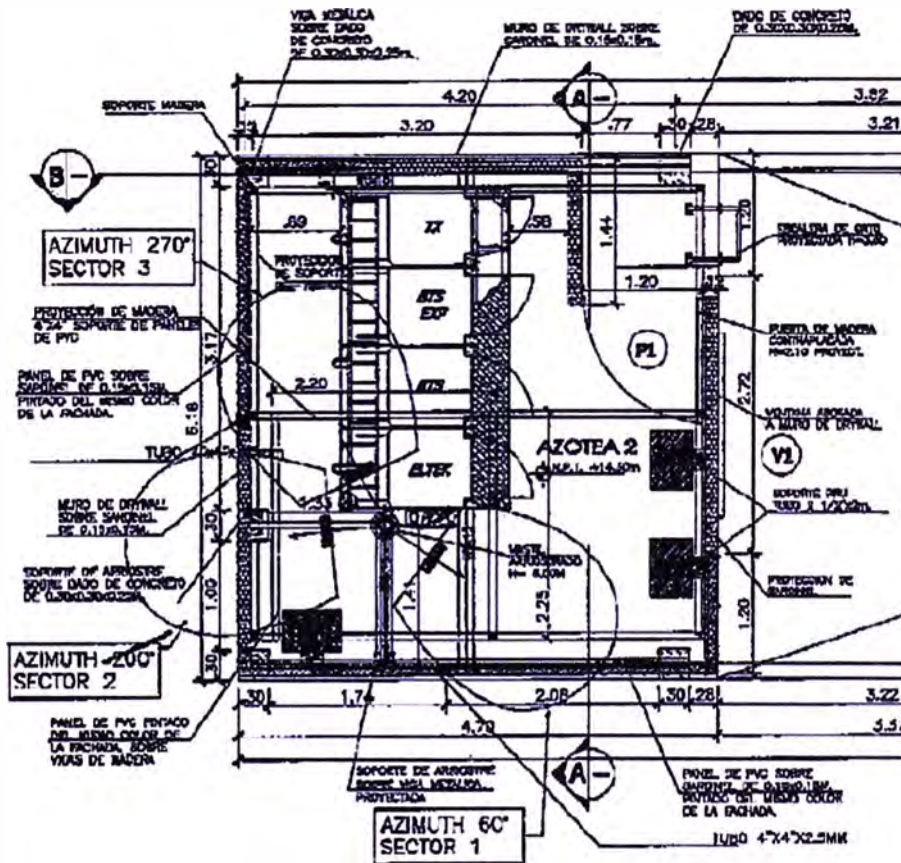
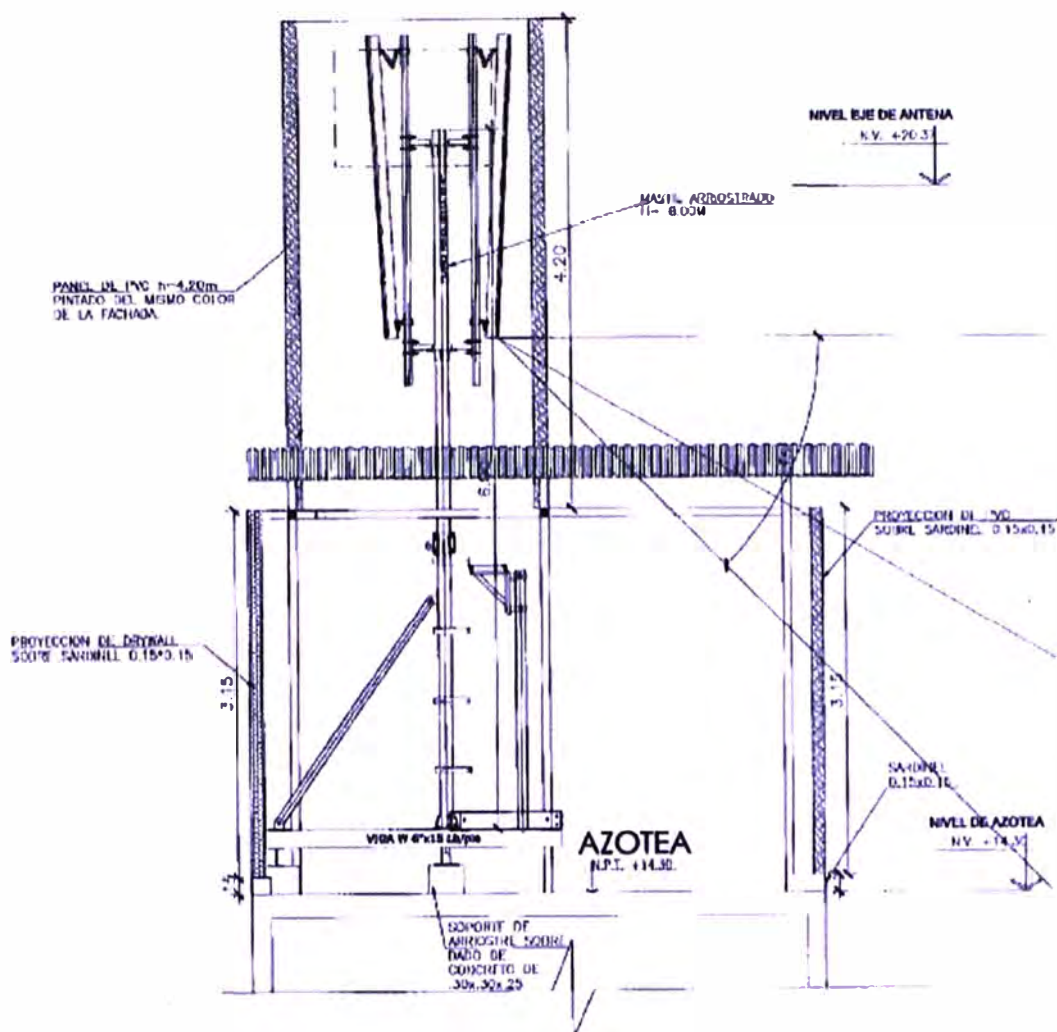


Fig. 4.14. Plano de Planta para un EBC Mimetizada







**Fig. 4.17. Plano de Corte para el 3° Sector**

### 4.3.3. Construcción de Obra Civil y Obra Eléctrica

Luego de elaborados los planos de construcción y concluida la adquisición del sitio, se procede a iniciar las obras en campo; estas obras son adecuaciones que permiten instalar los equipos en la EBC según los requisitos de las Áreas de Planificación de RF y de Transmisiones.

Tanto obra civil como obra eléctrica deben estar concluidas al 100% para iniciar con los trabajos de instalación de equipos, debido a lo delicado del manejo del equipamiento a nivel y en altura.

La obra civil es el subproceso que se ve afectado en gran parte (al igual que la elaboración del proyecto) debido a los parámetros de mejoramiento de mimetizados que deben seguir, lo cual ocasiona que:

- La logística se complica por la adquisición del material poco usual para este tipo de trabajos (listones de madera y paneles de PVC),
- Los tiempos de ejecución se amplían, y
- Los costos de construcción se elevan no solo en materiales sino en mano de obra

especializada.

Los insumos necesarios para dar inicio a este proceso son:

- Planos Constructivos de: Arquitectura, Estructuras, Electricidad y Sanitarias.
- Presupuesto y Metrados de los trabajos a realizar.
- Contrato cerrado con arrendatario.
- Licencia de Construcción.

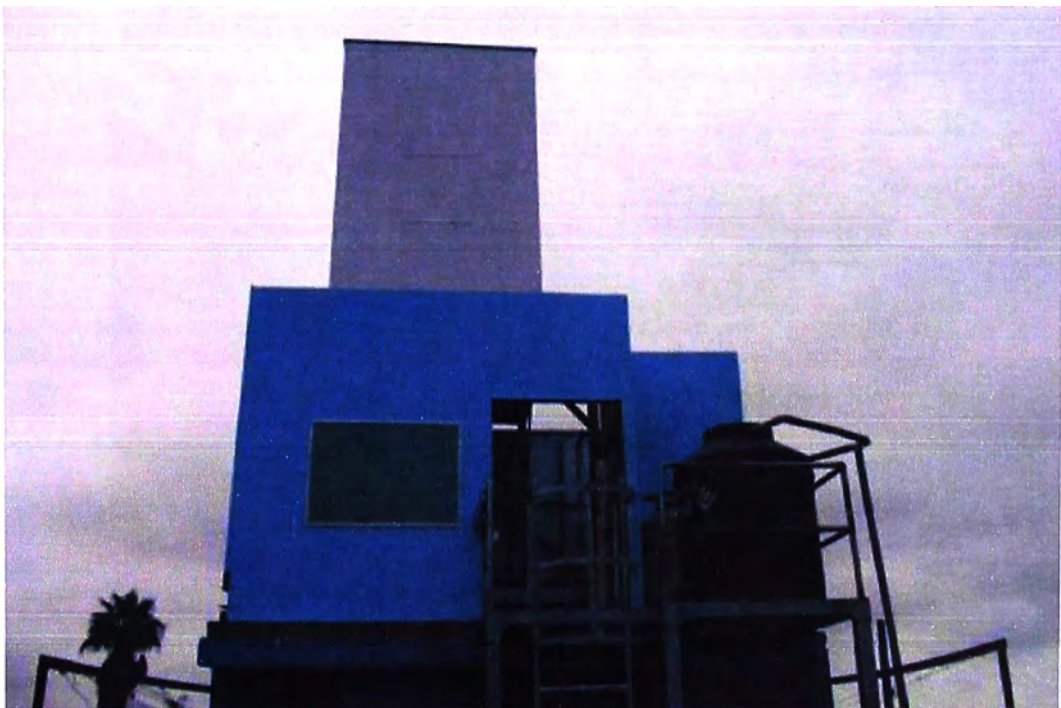
Las herramientas a usar para llevar a cabo este proceso son:

- Normas Técnicas de Construcción para Edificaciones en nuestro país.
- Manejo del Código Nacional de Electricidad.
- Conocimiento de Análisis Estructural y Diseño de Torres.
- Gestión de Proyectos.
- Manejo de Personal.
- Supervisión constante en sitio.

Los entregables del proceso:

- Torre con soportes para antenas instaladas.
- Plataforma para instalación de equipos instalada.
- Tablero para toma de energía AC instalada.
- Sistema de Protección a Tierra instalada.
- Caseta cercada que albergue los equipos a instalar.

A continuación, se muestran algunas fotos de las adecuaciones realizadas a la EBC que se mostró en los planos de la sección anterior:



**Fig. 4.18. Caseta donde se Implementara EBC Mimetizada**



**Fig. 4.19. Plataforma de Equipos instalada**



**Fig. 4.20. Mástil y Pararrayos instalados en cajón de PVC**



**Fig. 4.21. Tablero de Energía instalado y cableado**

#### 4.3.4. Implementación de Equipos

El proceso final para la ansiada puesta en servicio de la EBC por parte del operador de servicios móviles, se inicia cuando todas las adecuaciones de infraestructura y energía están culminadas. Se procede a instalar, conectar, energizar, configurar y habilitar los equipos dispuestos para brindar el servicio de telefonía en la EBC.

Los parámetros de instalación del equipamiento no se ven afectados por que la EBC sea mimetizada o no; solo se debe tener presente la verificación de separaciones indicadas en los procesos precedentes.

Los insumos necesarios para dar inicio a este proceso son:

- Planos Constructivos de: Arquitectura, Estructuras, Electricidad y Sanitarias.
- Obras Civiles y Eléctricas concluidas.

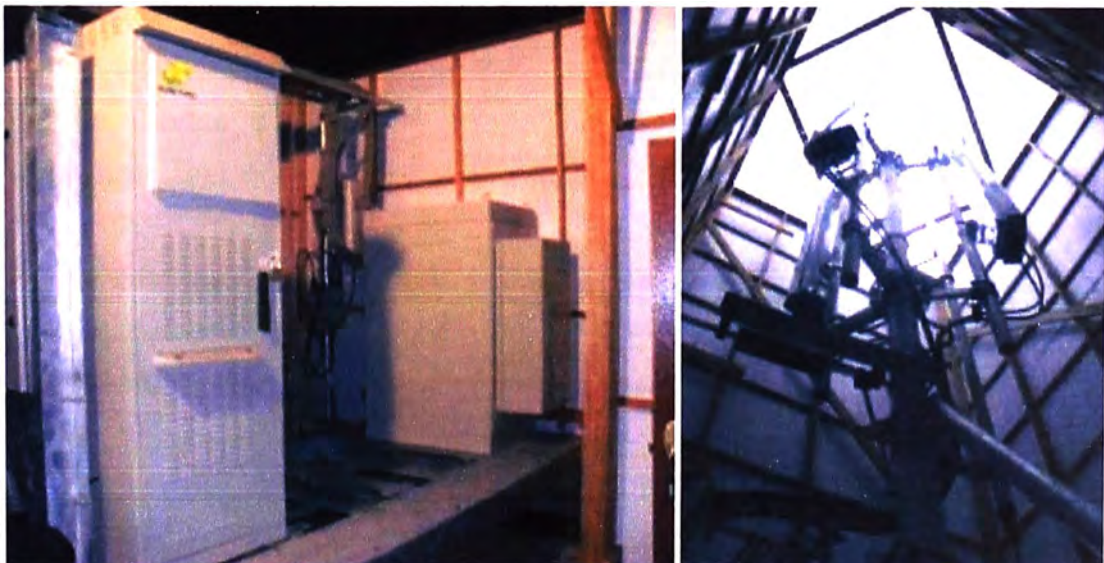
Las herramientas a usar para llevar a cabo este proceso son:

- Manejo del Código Nacional de Electricidad.
- Conocimiento de los Sistemas de Comunicaciones Móviles: GSM y UMTS.
- Conocimiento de Sistemas de Transmisión de Datos.
- Manuales e Instructivos de Instalación de Equipos por parte del Fabricante.
- Gestión de Proyectos.
- Manejo de Personal.
- Supervisión constante en sitio.

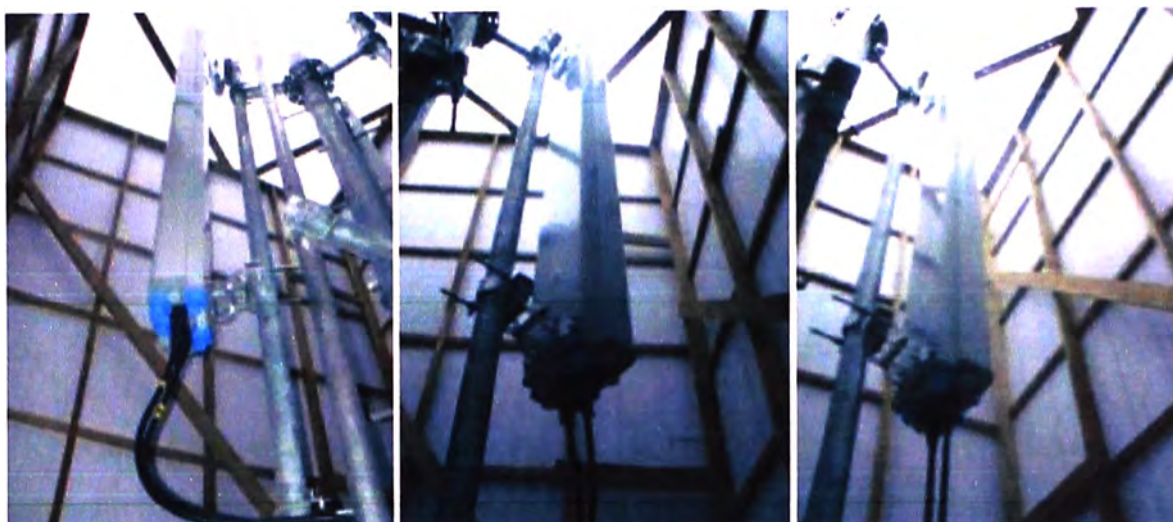
Los entregables del proceso:

- Estación Base en servicio comercial.

Luego de tener a la estación en servicio comercial, se procede a dar seguimiento a los índices de accesibilidad a la EBC, para con ello estimar que mejoras se han mostrado en comparación al anterior criterio de construcción para las EBC mimetizadas.



**Fig. 4.22. Equipos Instalados en plataforma y mástil**



**Fig. 4.23. Antenas Sectoriales: 1°, 2° y 3° Sector**

#### **4.4. Variación de los índices de accesibilidad en una EBC mimetizada**

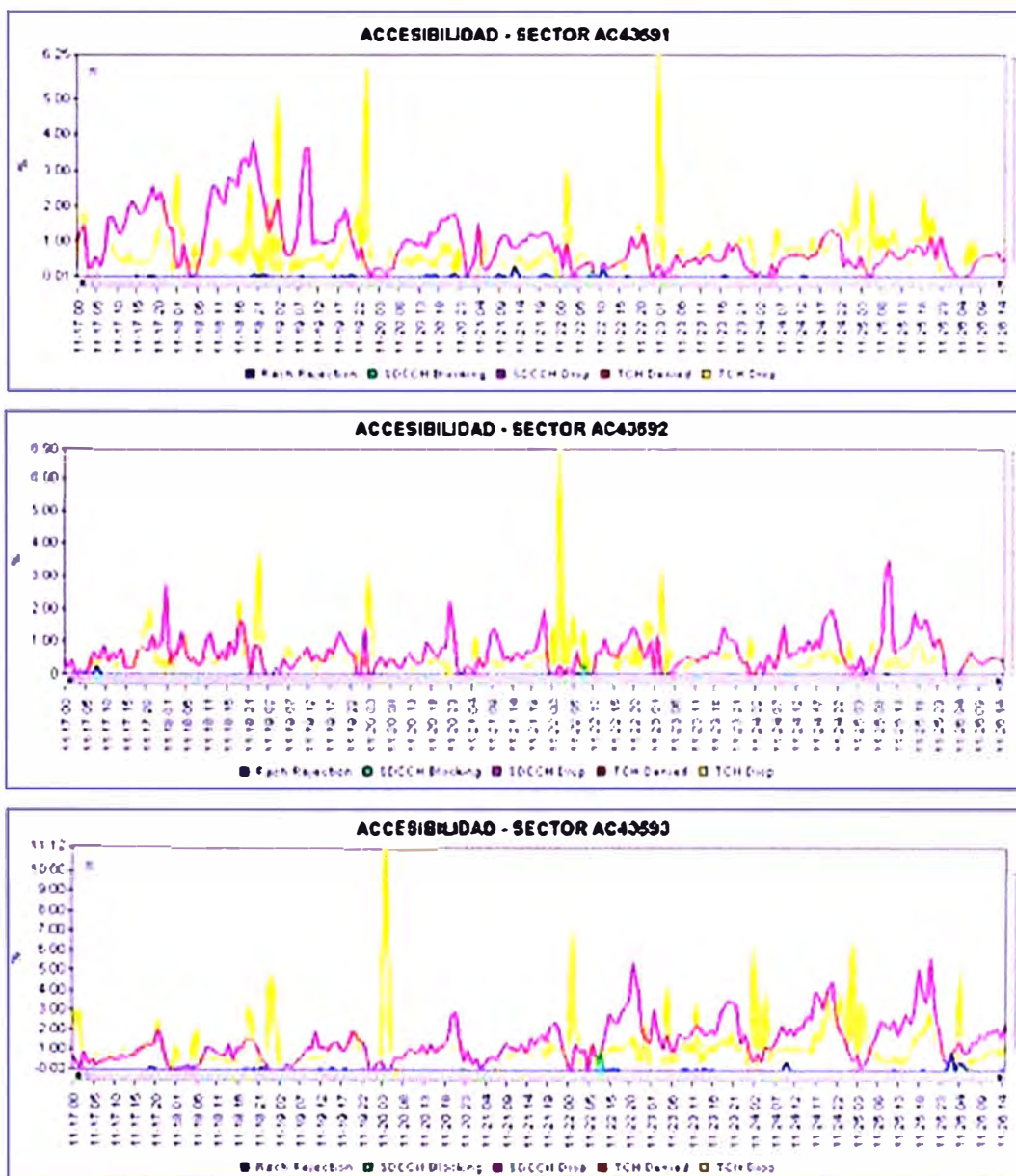
El índice de accesibilidad a una EBC es el indicador que nos cuantifica que tan disponible se encuentra nuestra EBC para iniciar una comunicación; y viene influenciado por los parámetros: tasa de completación de llamadas, la tasa de no completación de llamadas, la tasa de bloqueo de canales de señalización SDCCH (SDCCH Blocking), la tasa de caídas de canales SDCCH (SDCCH Drops), la tasa de bloqueo de canales de tráfico TCH (TCH Denied) y la tasa de fallas de asignación (TCHs Drop), si estos parámetros aumentan quiere decir que la accesibilidad a la EBC va a decaer porque no se estarían completando las llamadas.

- **Tasa de Completación de Llamadas:** Tasa de establecimiento exitoso de llamadas con respecto a llamadas extremo a extremo. Solo contabiliza las llamadas rechazadas debidas al BSS; las llamadas rechazadas por el SMSS pueden ser por IMEI-Checking, IMSI Checking, y cifrado.
- **Tasa de No Completación de Llamadas:** Tasa total de fallas en el establecimiento de llamadas con respecto a llamadas extremo a extremo.
- **Tasa de Caídas de Canales SDCCH (SDCCH Drops):** Tasa de conexiones perdidas durante una conexión a un canal SDCCH con respecto al número total de asignaciones SDCCH.
- **Tasa de Bloqueo de Canales SDCCH (SDCCH Blocking):** Tasa de bloqueos de SDCCH tomando como referencia todos los SDCCHs ocupados. Afecta directamente en el establecimiento de la llamada, se aumenta el KPI call setup failure.
- **Tasa de Caída de Canales TCH (TCH Drops):** Es el cociente entre el número de llamadas caídas sobre el total de las llamadas cursadas. Se consideran llamadas caídas aquellas en las que se produce su desconexión por causas anormales (el usuario no ha cortado la comunicación) cuando la llamada ya tiene un canal de tráfico asignado.

Dependiendo del gestor de monitoreo que se emplee, el NOC (Network Operation Center) puede visualizar la accesibilidad de la EBC sector por sector y en un rango de tiempo especificado (ideal para análisis de comparativas).

A continuación se muestran las gráficas de accesibilidad para una EBC de nuestro operador de telefonía móvil tomada sector por sector, podremos observar que el comportamiento de cada sector es distinto.

Los gráficos están representados de la siguiente manera: en el eje "y" los porcentajes registrados de los parámetros que influyen en la accesibilidad a la EBC, y en el eje "x" la fecha y hora en la que se recopiló la muestra de los parámetros, se aprecia que el muestreo se realiza mediante intervalos de 5 horas, por lo que se requiere muestrear por lo menos un par de días a la EBC para obtener una gráfica que podamos analizar y definir el comportamiento de la accesibilidad.



**Fig. 4.24. Grafica de Accesibilidad para los 3 Sectores de una EBC**

Del gráfico anterior podemos observar que:

- Sector 1 (AC43591): Ha mejorado la accesibilidad debido a que los SDCCH Drops han disminuido considerablemente y los TCH Drops aumentaron ligeramente.
- Sector 2 (AC43592): La accesibilidad se mantiene casi igual, los SDCCH Drops y TCH Drops aumentaron ligeramente.
- Sector 3 (AC43593): Ha empeorado la accesibilidad debido a que los SDCCH Drops y TCH Drops aumentaron a simple vista.

Ahora, analizaremos el comportamiento de los parámetros de accesibilidad mencionados en una EBC mimetizada, en la cual se tuvo la cobertura inicial de camuflaje (tanque de agua elevado con caseta de drywall) y finalmente se migro a camuflaje de PVC.



**Fig. 4.25. EBC Mimetizada: Tanque de Agua vs PVC**

Site	Sector	KPI ENERO 2012 Mimetizada Inicial			KPI NOVIEMBRE 2012 Mimetizada Final		
		% Sdcch Drop	% TCH Denied	% Accesibilidad	% Sdcch Drop	% TCH Denied	% Accesibilidad
A	1	1.02%	0.00%	<b>98.98%</b>	0.46%	0.00%	<b>99.53%</b>
	2	15.01%	0.00%	<b>84.99%</b>	5.88%	0.00%	<b>94.12%</b>
	3	3.66%	0.00%	<b>96.34%</b>	3.08%	0.00%	<b>96.92%</b>

**TABLA N° 4.3. Cuadro Comparativo Accesibilidad a corto plazo**



Site	Sector	KPI 2010			KPI 2012		
		Mimetizada Inicial			Mimetizada Final		
		% Sdcch Drop	% TCH Denied	% Accesibilidad	% Sdcch Drop	% TCH Denied	% Accesibilidad
B	1	2.67%	0.07%	<b>97.26%</b>	0.00%	0.00%	<b>100.0%</b>
	2	3.11%	0.00%	<b>96.89%</b>	0.17%	0.00%	<b>99.83%</b>
	3	1.81%	0.00%	<b>98.19%</b>	0.29%	0.00%	<b>99.71%</b>

**TABLA N° 4.4. Cuadro Comparativo Accesibilidad a largo plazo**

La tabla n° 4.3. muestra valores de accesibilidad tomados en una EBC donde los trabajos para el cambio del camuflaje se realizaron entre marzo y octubre del año 2012. Del cuadro se observa que la modificación a la infraestructura redujo el porcentaje de SDCCH Drops en la EBC, lo cual tuvo una gran variación en el 2° Sector a raíz del cumplimiento de los parámetros constructivos desarrollados en el presente informe de suficiencia. Los otros dos sectores no presentaron mucha variación al parecer porque inicialmente cumplían de cierta forma con los parámetros constructivos, mas no con el material no conductivo recomendado. Siendo el 2° sector el sector crítico en esta EBC.

La tabla n° 4.4 muestra valores de accesibilidad tomados en una EBC donde los trabajos para el cambio de camuflaje se realizaron entre Enero y Junio del 2011, siendo los valores mostrados para el 2010 y 2012, valores promedios obtenidos durante el año mencionado en cada columna. De igual manera que para a tabla anterior, se observa la reducción del SDCCH Drop, que mejora el índice de accesibilidad en los tres sectores muestreados.

La diferencia entre ambas tablas es que la tabla n° 4.4 no muestra enorme diferencia entre el antes y el después, esto puede deberse a que en el Site B antes de realizar el cambio del camuflaje, de alguna manera las distancias entre las antenas RF y los obstáculos se asemejaban a los parámetros constructivos desarrollados en el presente informe, y la diferencia entre el 2010 y 2012 se debe primordialmente al cambio en el tipo de material no conductivo.

## CAPITULO V COSTOS DEL PROYECTO

En el presente capítulo revisaremos la rentabilidad de dos escenarios que se pueden presentar en el ambiente de las EBC Mimetizadas:

- Comparativa de costos entre implementar una EBC mimetizada de PVC y otra con el mimetizado típico (tanque de agua elevado)
- Costo de la Migración del Mimetizado en una EBC, del mimetizado típico al mimetizado con PVC.

Analizaremos, en base a la mejora de accesibilidad revisada en el capítulo anterior, cuando se recupera la inversión realizada en ambos escenarios mencionados.

Identificaremos el Costo – Beneficio de realizar la migración del mimetizado en una EBC, analizando el tiempo del retorno de inversión.

### 5.1. Comparativa de Costos Implementación EBC Mimetizado

Primero revisemos que necesitamos para construir una EBC Mimetizada, para ello identificamos las siguientes partes que constituyen el mimetizado en sí:

- i. Cerco perimétrico de drywall para cubrir estación base, incluye perfiles metálicos para armar estructura que soporte el drywall (metrado variable dependiendo del área que ocupe la EBC)
- ii. Puerta de madera contraplacada para acceso a EBC.
- iii. Base para soporte de mimetizado sistema radiante
- iv. Cerco para mimetizar el sistema radiante (incluye estructuras de soporte para el material a emplear)
- v. Tanque de agua elevado (para cubrir el tope de mástil donde se instalan las antenas sectoriales)

Los ítems i e ii son comunes para los dos tipos de mimetizados a revisar; los ítems iii, iv y v varían en costos dependiendo del tipo de material a emplear en la EBC a mimetizar, a continuación identificamos el material requerido para cada caso a analizar:

Item	Mimetizado Típico	Mimetizado con PVC
iii	Base de estructuras metálicas para soporte de drywall	Base de vigas de maderas para soporte de paneles de PVC

iv	Cerco a media altura del Sistema Radiante compuesto de planchas de drywall, soportadas por perfiles metálicos.	Cerco desde base de madera hasta tope de mástil, compuesto de plantas embonables de PVC, soportadas por listones de madera.
v	Tanque de agua de polietileno de 1100Lts de capacidad	No aplica, Antenas Sectoriales cubiertas por planchas de PVC.

**TABLA N° 5.1. Cuadro Comparativo Materiales para el Mimetizado**

#### 5.1.1. Costo Construcción Mimetizado Típico

Los montos indicados a continuación son referenciales, considerando metrados para una EBC Mimetizada que contiene un mástil metálico de 4" diámetro x 6mts de altura, y montos acordes al mercado actual.

Solo se considera los ítems que se ven involucrados directamente con la cobertura del sistema radiante de la EBC.

Item	Mimetizado Típico	Unidad	Cantidad	Monto Unitario	Monto Final
iii	Base de estructuras metálicas para soporte de drywall	Glb	1	....	....
iv	Cerco a media altura del Sistema Radiante compuesto de planchas de drywall, soportadas por perfiles metálicos. Inc Item iii	M2	51.78	S/. 101.85	S/. 5,273.79
v	Tanque de agua de polietileno de 1100Lts de capacidad	Und	1	S/. 472.52	S/. 472.52
<b>COSTO TOTAL MIMETIZADO SISTEMA RADIANTE::</b>					<b>S/. 5,746.31</b>

**TABLA N° 5.2. Costo del Camuflaje para el Sistema Radiante de una EBC con Mimetizado Típico**

#### 5.1.2. Costo Construcción Mimetizado con PVC

De igual manera que para el punto anterior, se han considerado metrados y montos referenciales, acordes al mercado actual y orientado a instalar un mástil metálico de 4" diámetro x 6mts de altura.

Item	Mimetizado Típico	Unidad	Cantidad	Monto Unitario	Monto Final
iii	Base de vigas de maderas para soporte de paneles de PVC	Glb	1	....	....
iv	Cerco desde base de madera hasta tope de mástil, compuesto de plantas embonables de PVC, soportadas por listones de madera, Inc. Ítem iii	M2	73.94	\$/ 236.58	\$/ 17,492.72
v	No aplica, Antenas Sectoriales cubiertas por planchas de PVC.	....	....	....	....
<b>COSTO TOTAL MIMETIZADO SISTEMA RADIANTE::</b>					<b>\$/ 17,492.72</b>

**TABLA N° 5.3. Costo del Camuflaje para el Sistema Radiante de una EBC con Mimetizado de PVC**

Por lo observado en las tablas N° 5.2 y 5.3, el costo del mimetizado con PVC es casi el triple del monto empleado para realizar la construcción del mimetizado típico.

A continuación revisaremos como podemos cubrir esta diferencia para hacer atractiva, ante los inversionistas de la Operadora de Servicios Móviles, el construir EBC con Mimetizado de PVC.

### 5.1.3. Análisis Costear Nuevo Mimetizado EBC

De las Tablas N° 4.3 y 4.4 obtenemos un promedio de **2.91%** en la mejora de accesibilidad a la red; esto quiere decir que más llamadas serán completadas en la EBC por lo que aumentará la productividad de dicha EBC, lo cual se verá reflejado en un incremento de ingresos para la Operadora de Servicios Móviles.

Supongamos una EBC ubicada en zona urbana, con una configuración de 8+8+8 (24 TRX), donde cada TRX posee 8 canales (7 de voz + 1 de control); lo cual hace que la EBC tenga capacidad máxima de 168 llamadas en simultaneo.

Ahora consideremos que el rendimiento promedio diario de una EBC urbana es del 85%, con lo cual el número de llamadas simultaneas promedio diario seria 142.

Consideremos que la EBC mantiene el promedio de su rendimiento en el horario de 8:00am a 10:00pm (14Hrs), tendremos un total de 142 x 14 x 60 minutos = 119,280 minutos diarios de tráfico en la estación.

Siendo los minutos obtenidos el 100% del tráfico en la estación, tendremos que para un EBC con Mimetizado de PVC habrá un 2.91% más de llamadas que en una EBC con Mimetizado típico, lo cual se traduce en **3,471 minutos**.

Según los tarifarios brindados por los operadores de servicios móviles, la tarifa por minuto depende del plan contratado, así tenemos:

- Servicio Pre-Pago: S/. 0.45 x minuto
- Servicio Post Pago: S/. 0.15 x minuto

La incidencia de cada servicio en la EBC está ligado a la cantidad de abonados por cada servicio, siendo el de mayor penetración en nuestro país el servicio pre-pago con una correspondencia de 4 a 1 con respecto al servicio post-pago (fuente de información OSIPTEL). Con ello podemos hallar una tarifa ponderada que podamos emplear para nuestro análisis:  $0.45 \times 0.80 + 0.15 \times 0.20 = \text{S/. } 0.39 \text{ x minuto}$ .

En conclusión, tenemos que el monto diario adicional percibido por una EBC mimetizada con PVC es de:  $3471 \times 0.39 = \text{S/. } 1,353.69$ .

Si lo expresamos por mes tendremos: **S/. 40,610.70**

Ahora revisemos las tablas N° 5.2 y 5.3, observamos que la diferencia de inversión para construir una EBC mimetizada con PVC es de **S/. 11746.41**, lo cual en base al análisis de rendimiento realizado, puede recuperarse en **9 días** de operación de la EBC.

## 5.2. Costo Migración de Mimetizado en una EBC

Este escenario se presenta cuando tenemos una EBC con mimetizado típico existente, y el operador de servicios móviles desea realizar el cambio del mimetizado a PVC; esta tarea es muy ardua y delicada debido a que la EBC en ningún momento debe ser descubierta, por lo que los trabajos deben contemplar adecuaciones previas al desmontaje del mimetizado típico para dejar siempre cubiertos los equipos instalados en la estación.

Para ello identificamos los trabajos a realizar y costeamos en base a metrados promedios y precios del mercado.

Item	Mimetizado Típico	Unidad	Cantidad	Monto Unitario	Monto Final
i	Gestión y Adecuaciones previas	Glb	1	S/. 560.00	S/. 560.00
ii	Desmontaje de Drywall y Tanque elevado	M2	9.07	S/. 68.67	S/. 622.84

iii	Suministro e Instalación de planchas de PVC, incluye accesorios para instalación.	M2	73.94	S/. 236.58	S/. 1,7492.72
iv	Cambio de perfiles metálicos por listones de madera	M2	5.98	S/. 113.77	S/. 680.34
v	Eliminación de material con vehículo	Glb	1	S/. 360.00	S/. 360.00
<b>COSTO TOTAL MIMETIZADO SISTEMA RADIANTE::</b>					<b>S/. 19,715.90</b>

**TABLA N° 5.4. Cuadro Costos Migración Mimetizado**

De lo revisado en la sección 5.1. el monto diario promedio adicional percibido por una EBC Mimetizada con PVC es **S/. 1,353.69**.

Si el costo promedio por ejecutar el cambio de mimetizado en una EBC es el indicado en la Tabla N° 5.4., entonces podemos afirmar que en **15 días** de operativa la EBC se recuperaría la inversión realizada en la migración de mimetizado.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. Luego de haber revisado los 5 capítulos del presente informe de suficiencia, podemos concluir que las Estaciones Base Mimetizadas brindan una solución práctica al problema de conflicto social que presentan algunos pobladores de las zonas donde se planean implementar EBC para mejorar la capacidad y/o cobertura del servicio móvil en el lugar.
2. En toda EBC Mimetizada, el factor primordial que influye en el rendimiento de dicha EBC es el material empleado para camuflar el sistema radiante y las consideraciones técnicas de instalación de dicho material. Si deseamos obtener un buen rendimiento para nuestra EBC tenemos que emplear un buen material NO CONDUCTIVO, que no atenúe las ondas electromagnéticas, dos buenas opciones son las revisadas en el presente informe: Polímero y PVC.
3. Según lo revisado en el Capítulo 5, es una buena inversión para el operador de servicios móviles, realizar la migración del camuflaje en las EBC Mimetizadas donde se haya usado algún material que no sea NO CONDUCTIVO (Drywall, Tanque de Agua, Perfiles Metálicos, etc.), puesto a que el retorno de la inversión se culminará en 15 días calendarios.
4. También se puede considerar realizar la EBC Mimetizada con PVC desde un inicio, lo cual mejoraría los tiempos de ejecución pero aumentaría el presupuesto de obra; lo cual se puede recuperar luego de 9 días calendario de puesto en servicio la EBC.
5. De los materiales mencionados para realizar el camuflaje en una EBC, revisamos que el PVC ofrece mejores beneficios técnicos (mantenimiento, instalación y mano de obra), lo cual fue fundamental para elegir este material para efectos de estudio, a pesar de contar con otro material que ofrece menor atenuación pero detalles técnicos que complican su instalación y mantenimiento.
6. Hemos brindado parámetros constructivos que garantizan la correcta radiopropagación de las Antenas Sectoriales, estos alcances se brindaron para materiales NO CONDUCTIVOS y CONDUCTIVOS, los cuales se deben de respetar y aplicar para las bandas licenciadas en nuestro país (850MHz y 1900MHz)
7. Los índices de accesibilidad en un EBC que se ven afectados por el material de

camuflaje son: SDCCH Drop y TCH Drop, estadísticas muy susceptibles a la variación del tráfico en zona, daño total o parcial al Equipo BTS, tipo de material empleado para mimetizar EBC, etc. Para ello se han definido parámetros constructivos en el presente informe de suficiencia que ayudan a aplacar, mas no solucionar por completo, este problema de calidad en la red

8. Lo más recomendable es no tener obstáculos delante de las Antenas Sectoriales (EBC No Mimetizadas) lo cual se podría lograr con la difusión por parte de las autoridades de la zona, el estado o las mismas operadoras de servicio móvil, acerca de los beneficios que las EBC brindarían a la localidad (trabajo, desarrollo, educación y progreso) y dejar en claro que las ondas electromagnéticas propagadas en las EBC no afectan la salud como muchas personas creen; solo así se lograra el objetivo de mejorar la cobertura de servicio móvil nacional.



**ANEXO A**  
**GLOSARIO DE TÉRMINOS**

**A/A:** Aire Acondicionado  
**AC:** Corriente Alterna  
**ACCH:** Associated Control Channel  
**AGCH:** Access Grant Channel  
**ARFCN:** Absolute Radio Frequency Channel Number  
**ASCII:** American Standard Code for Information Interchange  
**AUC:** Autentication Center  
**BCCH:** Broadcast Control Channel  
**BER:** Bit Error Rate  
**BSC:** Base Station Controller  
**BSS:** Base Station Sub-System  
**BTS:** Base Transceiver Station  
**BTSM:** Base Transceiver Station Management  
**CC:** Country Code  
**CCCH:** Common Control Channel  
**CCH:** Control Channels  
**CM:** Communications Management  
**dB:** Decibeles  
**DC:** Corriente Discreta  
**DCCH:** Dedicated Control Channel  
**DPC:** Control Dinámico de Potencia  
**EBC:** Estacion Base Celular  
**EIR:** Equipment Identity Register  
**FAC:** Final Assemnbly Code  
**FACCH:** Canales de Control Asociados Rápidos  
**FDMA:** Frecuency Division Multiple Access  
**FH:** Frecuency Hopping  
**GHz:** Giga Hertz  
**GK:** Grounding Kit  
**GMSC:** Gateway Mobile Switching Centre  
**GMSK:** Gaussian Minimum Shift Keying  
**GSM:** Global System for Mobile communications  
**HLR:** Home Location Register  
**IDU:** InDoor Unit  
**IMEI:** International Mobile Equipment Identity  
**IMSI:** International Mobile Suscriber Identity

**IMSI:** Temporary Mobile Subscriber Identity  
**ISDN:** Integrated Services Digital Network  
**LAPD:** Link Access Protocol for D-channel  
**LAPm:** Link Access Procedure for Modems  
**MCC:** Mobile Country Code (2 o 3 cifras)  
**MCC:** Mobile Network Code (2 cifras)  
**ME:** Mobile Equipment  
**MHA:** Mast head Amplifier  
**MHz:** Mega Hertz  
**MM:** Mobility Management  
**MMS:** Servicio de mensajes multimedia  
**MS:** Mobile Station  
**MSC:** mobile Switching Center  
**MSIN:** Mobile Station Identification Number (máximo 13 cifras)  
**MSISDN:** Mobile Station ISDN Number  
**MTC:** Ministerio de Transportes y Comunicaciones  
**MTP:** Message Connection Control  
**MW:** Microwave  
**NDC:** National Destination Code  
**NOC:** Network Operation Center  
**NSS:** Network Sub-System  
**ODU:** OutDoor Unit  
**OSI:** Open System Interconnection  
**PCH:** Canal de Búsqueda  
**PDN:** Public Data Network  
**PLMN:** Public Land Mobile Network  
**PSTN:** Public Switched Telephone Network  
**PVC:** Policloruro de Vinilo  
**RACH:** Canal de Acceso Aleatorio  
**RF:** Radiofrecuencia  
**ROE:** Relación de Ondas Estacionarias  
**RR:** Radio Resource  
**RX:** Recepcion  
**SACCH:** Canal de Control Asociado Lento  
**SCCP:** Signalling Connection Control Part  
**SDCCH:** Canales de Control Dedicados

**SIM:** Subscriber Identity Module

**SMS:** Servicio de mensajes cortos

**SN:** Subscriber Number, número que identifica al usuario móvil.

**SNR:** Serial Number

**SP:** Cifra Suplementaria de reserva

**SPAT:** Sistema de Puesta a Tierra

**SS7:** sistema de señalización 7

**TAC:** Type Approval Code, determinado por el cuerpo central del GSM (6 cifras)

**TCH/F:** Canal de Tráfico a Velocidad Completa

**TCH/F2.4:** Canal de Tráfico a Velocidad Completa para Datos a 2.4 kbps

**TCH/F4.8:** Canal de Tráfico a Velocidad Completa para Datos a 4.8 kbps

**TCH/F9.6:** Canal de Tráfico a Velocidad Completa para Datos a 9.6 kbps

**TCH/FS:** Canal de Tráfico a Velocidad Completa para Voz

**TCH/H:** Canal de Tráfico a Velocidad Mitad

**TCH/H2.4:** Canal de Tráfico a velocidad mitad para datos a 2.4 kbps

**TCH/H4.8:** Canal de Tráfico a Velocidad Mitad para Datos a 4.8 kbps

**TCH/HS:** Canal de Tráfico a Velocidad Mitad para Voz

**TCH:** Traffic Channels

**TDMA:** Time Division Multiple Access

**TDX:** Discontinuos Transmission

**TMSI:** Temporary Mobile Subscriber Identity

**TRX:** transmisores/receptores

**TS:** Time Slot

**TX:** Transmision

**UMTS:** Universal Mobile Telecommunications System

**VAD:** Voice Activity Detection

**VLR:** Visitor Location Register

**VOIP:** Voz sobre IP

**VSWR:** Voltage Standing Wave Ratio

**WL:** wavelength

## **BIBLIOGRAFIA**

1. Joachim Tisal, "La Red GSM", Thonsom Paraninfo SA – España, 2000.
2. Otto Alberto Melchor Mejia, "Comunicaciones Moviles GSM", Universidad Francisco Marroquin – Guatemala, 2002.
3. Alvaro Pachón de la Cruz, "Evolución de los Sistemas Moviles Celulares GSM", Universidad Icesi – Colombia, 2004
4. Erick Amaya, "Estandar de Instalacion BTS Flexi Multiradio 2G", Nokia Siemens Network – Peru, 2011.
5. Hassaf Arellano Chaidez, "Manual Construir Proyecto: Radiobases", Carso Infraestructura y Construcción – México, Rev. 05 2012.
6. Javier Rabello, "Pattern Distortion", Rymsa Telecom Group – U.S.A., 2011.
7. Eduardo M. Rodriguez Avila, "Mediciones de Atenuación de Señal en Material utilizado parra Mimetización de Antenas", Universidad Nacional de Ingeniería – Perú, 2010.
8. Gerencia de Políticas Regulatorias, "Compendio de Estadísticas de los Mercados de Servicios Públicos de Telecomunicaciones en el Perú al 2006", OSIPTEL – Perú, 2007.