

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA**



**TECNICAS DE BALANCEO DE TRAFICO DE VOZ COMO  
PARTE DE LA OPTIMIZACION DE UNA RED GSM DUAL  
BAND 850/1900MHZ**

**INFORME DE SUFICIENCIA**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO DE TELECOMUNICACIONES**

**PRESENTADO POR:**

**JUAN CARLOS PORRAS MEDINA**

**PROMOCIÓN  
2005 - II**

**LIMA – PERÚ  
2009**

## **DEDICATORIA**

.... A mis padres por el apoyo de siempre

**TECNICAS DE BALANCEO DE TRAFICO DE VOZ COMO  
PARTE DE LA OPTIMIZACION EN UNA RED GSM DUAL  
BAND 850/1900MHZ**

## **SUMARIO**

En el presente trabajo se dará a conocer técnicas y métodos en la optimización diaria de una Red GSM, técnicas especialmente enfocadas al balance de tráfico de Voz con el fin de optimizar los recursos de red.

Se comenzara primero dando a conocer teoría general del sistema GSM para poder comprender conceptos de esta tecnología como también parámetros a nivel de software que llevaran al balance de tráfico de voz, lo cual es el tema principal de este informe.

Más adelante se detallara las acciones tomadas para mejorar el performance de esta red dual band 850/1900MHZ, en el cual se mostraran resultados reales de antes y después de aplicar las técnicas de balanceo de tráfico de voz, todo esto basado en estadísticas reales de una red comercial GSM.

Finalmente se darán conclusiones y recomendaciones que deben seguir los operadores para una mejor optimización en una red GSM dual band 850/1900MHZ.

## INDICE GENERAL

<b>INTRODUCCION</b> .....	1
<b>CAPITULO I.</b>	
<b>PLANTEAMIENTO DE INGENIERÍA DEL PROBLEMA</b> .....	2
1.1. Descripción del Problema.....	2
1.2. Objetivos del Trabajo.....	2
1.3. Limitaciones del Trabajo.....	2
1.4. Síntesis del Trabajo.....	2
<b>CAPITULO II.</b>	
<b>MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL</b> .....	4
2.1. Arquitectura Del Sistema GSM.....	4
2.2. La Unidad Móvil o Estación Móvil (MS).....	5
2.3. El Subsistema de la Estación Base (BSS).....	5
2.4. El Centro de Conmutación para Servicios Móviles (MSC).....	6
2.5. Base de datos en GSM .....	6
2.5.1. Home Location Register o registro local .....	6
2.5.2. Centro de Autenticación .....	6
2.5.3. Visitor Location Register o Registro de Usuarios Visitantes .....	7
2.5.4. Registro de Identidad de Equipo (EIR) .....	7
2.5.5. OMC (Operations and Maintenance Center) .....	7
2.6. La interfaz de radio en GSM.....	7
2.6.1. Esquema de modulación.....	7
2.6.2. Estructura FDMA/TDMA.....	9
2.6.3. Bandas de Frecuencias.....	10
2.7. Sincronización en GSM.....	10
2.8. Jerarquía de Tramas y Numero de Tramas.....	11
2.9. Canales físicos y lógicos.....	13
2.9.1. Broadcast Control Channels BCCH .....	14
2.9.2. Common Control Channels CCCH .....	14

2.9.3. Dedicated Control Channel DCCH .....	15
2.10. Handover.....	16
2.11. Handover Intracell - Intra BSC .....	17
2.12. Handover Intercell - Intra BSC .....	17
2.13. Handover Intercell - Inter BSC.....	18
2.14. Handover Inter MSC.....	19
2.15. DTX- Transmisión Discontinua.....	19
2.16. Codificación de la Voz y la Señalización en GSM.....	20
2.16.1. Codificación del Canal de Voz.....	20
2.17. Mapeo de la Voz y Señalización Sobre la Estructura de la Trama.....	21
2.18. La Trama SID.....	22
2.19. Valores FULL vs. SUB.....	22
2.20. RXQUAL.....	23
2.21. Calculando el valor de BER .....	23
2.22. FER (Frame Erasure Rate).....	24

### **CAPITULO III.**

<b>TÉCNICAS PARA LA SOLUCIÓN AL PROBLEMA DE CONGESTION.....</b>	<b>27</b>
3.1. Hierarchical Cell Structure (Estructura de Jerarquía de Celda ) – HCS .....	27
3.1.1. Concepto general.....	27
3.1.2. Introducción a la técnica de Jerarquía de Celda (HCS).....	28
3.1.3. Redes en Capas Diferentes o Redes Superpuestas.....	29
3.1.4. Diseño de Capas.....	30
3.1.5. Definición de nivel de prioridades dentro de HCS.....	31
3.1.6. Establecimiento de parámetros de prioridad.....	32
3.1.7. Parámetros generales utilizados en el HCS.....	33
3.1.8. Proceso de planeamiento de prioridades.....	34
3.2. Procedimiento de selección de celda – Cell Selection (C1).....	34
3.3. Procedimiento de Re Selección de celda – Cell Reselection (C2).....	36
3.3.1. Temporary Offset – TEMPOFF.....	36
3.3.2. Temporizador – T.....	36
3.3.3. Tiempo de Penalización – PENTIME.....	36
3.3.4. Cell Reselect Offset – CRESOFF.....	37
3.4. Mejor celda para Handover (Better Cell Handover).....	37

3.5.	Funcionamiento de Handover en una estructura HCS.....	38	
3.5.1.	Descripción general.....	38	
3.5.1.	Detección de Handover.....	39	
3.5.3.	Generación de la lista de celda destino.....	39	
<b>CAPITULO IV.</b>			
<b>ANÁLISIS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.....</b>			40
4.1.	Descripción de la Red GSM dual band 850/1900MHZ Lima.....	40	
4.2.	Descripción de la Zona de Análisis.....	43	
4.3.	Utilización de Equipos de Drive Test.....	50	
4.4.	Ejecución de Cambios.....	51	
4.5.	Resultados estadísticos después de los Cambios de Parámetros.....	53	
4.6.	Resultados estadísticos de los cambios en la Estación INTI (Caso particular).....	58	
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>			61
<b>ANEXO.</b>			
<b>GLOSARIO DE TERMINOS.....</b>			64
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>			68

## INTRODUCCION

Como estándar global para las nuevas generaciones la mayoría de las compañías celulares alrededor del mundo han optado por el estándar GSM, teniendo como sistema antecesor a TDMA.

Actualmente el crecimiento acelerado de la demanda hacia las industrias de telefonía celular y el avance tecnológico en esta área lleva a buscar y ofrecer más y mejores servicios a los usuarios. Como resultado de este crecimiento es el desarrollo de nuevos features o técnicas que pueden tener un uso global.

Cuando hablamos de features, nos referimos a un conjunto de nuevos parámetros y/o aplicaciones el cual trae mejoras al rendimiento y desempeño de la red. Desarrollo de nuevos software dentro del estándar GSM que puedan ayudar a facilitar el buen funcionamiento de la red en el menor tiempo posible y a menores precios a largo plazo.

Teniendo presente los principios de propagación que a mayor frecuencia menor es la penetración de las señales, es por eso que en una red GSM Dual band 850/1900MHZ, la mayor absorción de tráfico de llamadas es dado por las celdas configuradas con una menor frecuencia, en este caso 850MHZ.

Por lo tanto las estaciones configuradas a una frecuencia menor en una red GSM dual band 850/1900MHZ en este caso 850MHZ, presentan una mayor área de cobertura por consecuencia un mayor absorción de trafico comparadas con las celdas configuradas a una frecuencias mayor en este caso 1900MHZ, Es por eso que las empresas fabricante de equipos (Siemens, Nokia, Ericsson, Motorola, etc.) han desarrollados nuevos algoritmos o técnicas de balanceo de tráfico, las cuales hacen posible direccionar el trafico a celdas con menor cobertura(configuradas a mayores frecuencias) sin que estas celdas sean alteradas físicamente (downtilt). El presente trabajo tiene como objetivo dar a conocer el funcionamiento de estos features y como estos pueden realizar el trabajo de balancear el tráfico de voz de una celda con mayor cobertura hacia otra con menor cobertura aun cuando sabemos la limitación de propagación de las celdas con mayor frecuencia, para absorber tráfico.

## **CAPITULO I. PLANTEAMIENTO DE INGENIERÍA DEL PROBLEMA**

### **1.1. Descripción del Problema**

En la implementación de una Red GSM dual band, en este caso 850MHZ / 1900MHZ, encontramos diferencias de cobertura entre celdas configuradas en banda 850MHZ y celdas configuradas en banda 1900MHZ debido a la propagación de las mismas, eso trae como consecuencias un desbalance de absorción en tráfico de voz en dichas celdas, por consiguiente esto podría causar congestión en las celdas configuradas en banda de 850MHZ. Por lo tanto debemos tomar acciones para un mejor balance de tráfico de voz y por ende una mejor optimización (evitar el bloqueo de llamadas).

### **1.2. Objetivos del Trabajo**

El presente trabajo tiene como objetivo en primer lugar dar a conocer una visión general del estándar GSM, para después entrar en detalle a las técnicas de balanceo de tráfico de voz (feature) como parte de la optimización, mediante parámetros y resultados estadísticos reales de una red GSM dual band 850/1900MHZ puesta en servicio comercial en la ciudad de Lima – Perú.

### **1.3. Limitaciones del Trabajo**

El presente trabajo, no muestra todas las técnicas o features que se tienen en cuenta a la hora de optimizar una red, pues este trabajo solo muestra el proceso de balanceo de tráfico de voz, dejando a lado algunos procesos como el de mejoramiento de calidad voz, mejoras de cobertura indoor, dimensionamiento de red, procesos de mejora en datos, planeamiento de frecuencias, etc.

También no se da a conocer una simulación del funcionamiento del algoritmo en sí, que llevan al balancear el tráfico de voz. Como también la limitación de saber el costo real en licencias por la activación de estas técnicas (features), debido a que algunos fabricantes toman el costo en función a la cantidad de celdas y otros en función a la cantidad de radios instalados o simplemente es algo que se define dentro del contrato de optimización.

### **1.4. Síntesis del Trabajo**

El Capítulo II, muestra una visión general de los conceptos de una red GSM, mostrando temas como interfaces, arquitectura, modulación, banda de trabajo, tipo de acceso al medio, tipos de handover's, Dtx, sincronización, tramas, etc.

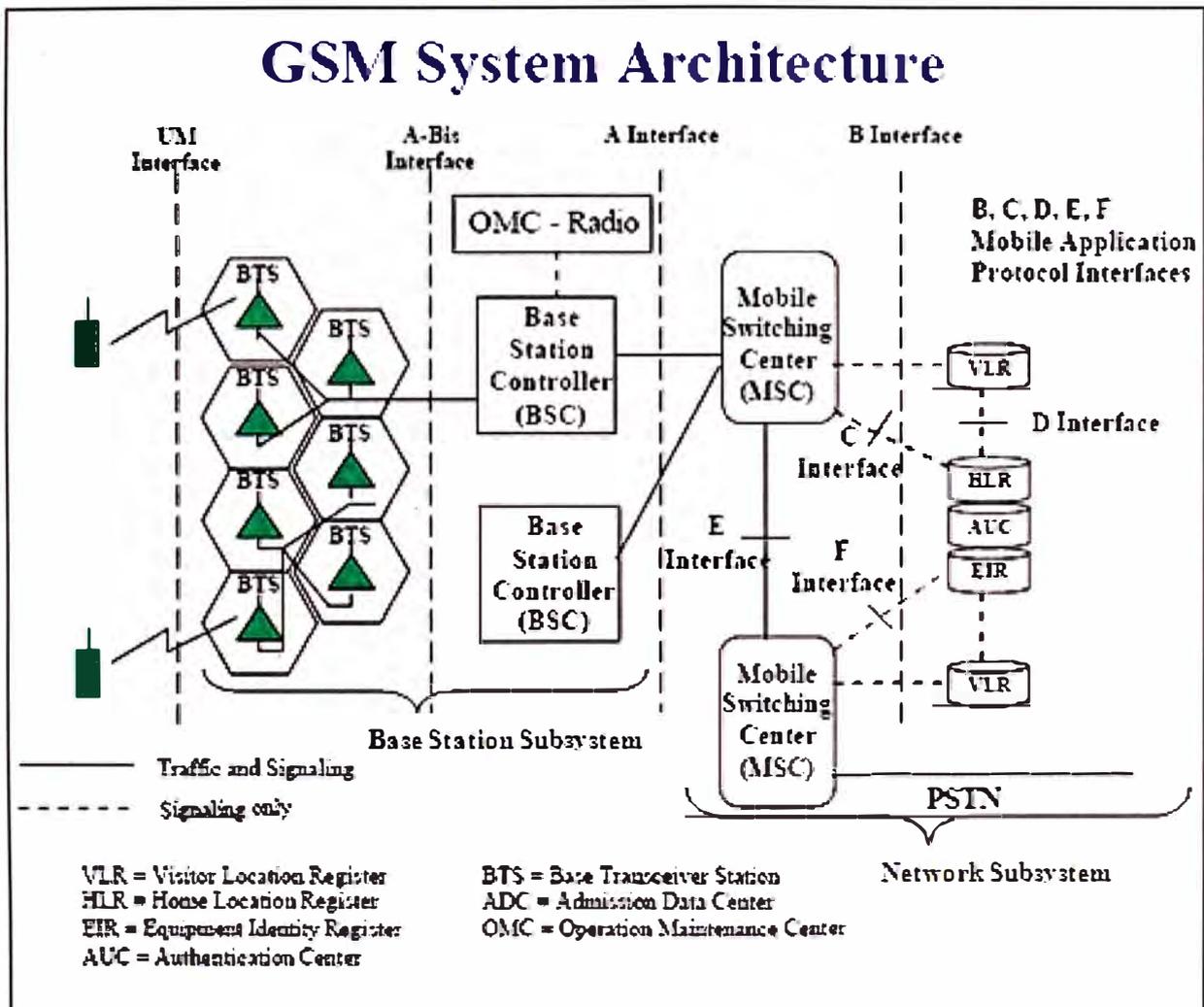
En el capítulo III, aquí se explicaran las técnicas de balanceo de tráfico que son, la jerarquía en llamada (Hierarchical Cell Structure - HCS) y la jerarquía cuando no se está en llamada (Cell Reselection - C2) para la solución planteada al problema de congestión o desbalance de tráfico en celdas configuradas en 850MHZ debido a su amplia cobertura y penetración en interiores, comparadas a las celdas configuradas en 1900MHZ. También se dará a conocer otros parámetros que acompañan a estas técnicas de balanceo de tráfico.

En el capítulo IV, aquí se dará a conocer resultados del análisis al problema de congestión o desbalance de tráfico, mediante estadísticas de tráfico real, también se mostrarán gráficos de ubicación de las estaciones celulares, en las cuales se podrá apreciar que en lugares de alta densidad de celdas estas técnicas tienen un mejor impacto. También se tomara un caso en particular de una celda (1 sector de una estación GSM) para el mejor entendimiento de los parámetros de las técnicas de balanceo y finalmente se mostrarán estadísticas de tráfico de la red en general.

Finalmente en la siguiente sección se darán a conocer las recomendaciones y conclusiones tomadas en base a los resultados y la interpretación de los mismos

## CAPITULO II. MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL

### 2.1. Arquitectura Del Sistema GSM



**Figura 2.1. La Arquitectura del Sistema GSM.**

La red GSM puede dividirse en tres grandes partes, la “Estación Móvil” que lleva el usuario consigo, el Subsistema de Estación Base que controla el radio enlace con la estación móvil y el Subsistema de Red. La parte principal de este último es el MSC (Mobile services Switching Center) el cual conmuta las llamadas entre los usuarios móviles y entre estos con los de la red fija. El MSC supervisa también las operaciones de manejo de movilidad.

El OMC (Operations and Maintenance Center), el cual supervisa el correcto funcionamiento y estado de la red.

La estación móvil y el subsistema de estación base se comunican a través de la interface "Um" conocida como interface de aire o radio enlace. El subsistema de estación base y el MSC se comunican a través de la interfaz "A".

## **2.2. La Unidad Móvil o Estación Móvil (MS).**

Un suscriptor utilizará su estación móvil para hacer y recibir llamadas vía la red GSM. La MS está compuesta de dos entidades diferentes, el SIM o subscriber identity module, que es una tarjeta inteligente removible la cual contiene toda la información que es específica para cada usuario, la otra entidad es el móvil en sí, que es en esencia el móvil sin su SIM. La unidad móvil se encuentra en la parte inferior de la figura 2.1.

En el SIM se almacena información específica para cada usuario de la red, entre ésta información se incluye el número único de identificación internacional del suscriptor o IMSI por sus siglas en inglés. Éste número se utiliza para identificar al usuario dentro de la red GSM y consta de no más de 15 dígitos decimales. Los primeros 3 dígitos forman el código de país y sirve para identificar la red local del usuario. Los cargos al usuario siempre serán por medio de su red local aunque incurra en gastos en redes externas.

Los siguientes dos dígitos del IMSI, forman el código de red móvil o MNC que identifica la red a la que el usuario está inscrito en su país. Gracias al SIM se pueden resolver algunos problemas de roaming, aunque GSM850 y DCS1900 son la misma red a diferentes frecuencias, un usuario de una de éstas redes no puede continuar con el servicio en la otra a menos que tenga una unidad con modo dual. Para solucionar esto se puede simplemente rentar unidad móvil de la región que se visite, utilizando el mismo SIM para conservar el número pero con la unidad móvil que es compatible con la red.

## **2.3. El Subsistema de la Estación Base (BSS)**

Una unidad móvil se comunica con un subsistema de la radio base, conocido como Subsistema Transceptor de la Radio Base, esa comunicación se da mediante la interfaz Um (Ver figura 2.1). Una BTS realiza todas las funciones de transmisión y recepción relacionadas con la interfaz de radio de GSM con algún grado de procesamiento de señales. El subsistema de la Radio Base se muestra en la figura 2.1 conformada por elementos como la BTS y BSC.

Las BTSs se utilizan para formar las células de cobertura en GSM y dependiendo de su ubicación determinan la cobertura y la capacidad del sistema.

A pesar de que la BTS se encarga de la transmisión y recepción de señales, para la distribución de los recursos de radio disponibles, necesita de la BSC o Controlador de la radio base. Entre las funciones de una BSC, se encuentran el manejo de los canales para los distintos móviles, determinar cuando un handover es necesario, e identificar una BTS para el móvil. Otra función importante, es la de controlar la potencia de transmisión del móvil, para que sea la mínima necesaria para alcanzar la BTS que la está sirviendo. Aunque cada BSC varía dependiendo de su producto, un BSC puede controlar a 40 BTS. La interfaz que existe entre BTS y BSC, toma el nombre de A-bis y está completamente definida por una especificación, por lo que se puede conectar independiente de quien sea el productor del equipo. Al conjunto de BTS y BSC se le conoce como subsistema de la radio base o BSS.

#### **2.4. El Centro de Conmutación para Servicios Móviles (MSC).**

Cada BSS se conecta a un MSC (Ver figura 2.1.). El MSC se encarga de conmutar las llamadas para y desde cada usuario móvil. Posee una gran capacidad de conmutación que varía dependiendo del fabricante, en general, un MSC puede manejar varias decenas de BSCs, lo que equivale a varias decenas de miles de usuarios. Para describir el área de cobertura de un MSC con sus asociados BTS y BSC dentro de una red GSM, se utiliza el término Área MSC dentro de la especificación de GSM. La interfaz entre un MSC y un BSS se conoce como interfaz A que está completamente definida.

La interfaz entre diferentes MSCs se conoce como interfaz E. Para obtener interoperabilidad, se puede dar la función de Gateway a un MSC determinado por el administrador de la red, este MSC cambia de nombre a GMSC. Mediante el GMSC llamadas originadas en sistemas distintos al que el usuario esté inscrito, son dirigidas hacia la correspondiente unidad móvil. Un GMSC funciona como interfaz entre algún PLMN y otras redes con la correspondiente red GSM.

#### **2.5. Base de Datos en GSM.**

##### **2.5.1. Home Location Register o registro local.**

Se utiliza para almacenar información de los usuarios pertenecientes a la red local, como pueden ser los servicios a los que pueden tener acceso, y cierta información acerca de la ubicación de cada usuario. La información puede ser consultada utilizando el IMSI. Todo usuario de la red estará registrado en el HLR de su red local. La interfaz entre MSC y HLR es conocida como Interfaz C. El HLR se puede observar en la figura 2.1.

##### **2.5.2. Centro de Autenticación.**

Otra base de datos que guarda la red es el centro de autenticación o AuC.

Éste se utiliza únicamente para cuestiones de seguridad de la red. Contiene información para identificar al usuario y la encriptación utilizada. Siempre está en comunicación con el MSC y hace esto mediante la Interfaz H. Ver figura 2.1.

### **2.5.3. Visitor Location Register o Registro de Usuarios Visitantes.**

Esta es una base de datos, que cuenta de manera temporal con la información de un usuario que no pertenece a su región, esto con la finalidad de evitar consultar de manera continua al HLR del usuario que se encuentra en roaming. En GSM esto tiene una gran importancia, debido a que en gran parte del mundo ya se cuenta con este tipo de red y gracias a este registro se puede localizar el móvil en la eventualidad de recibir una llamada. La interfaz entre HLR y VLR se conoce como Interfaz D, entre MSC y VLR Interfaz B, entre diferentes VLR Interfaz G (Ver figura 2.1).

### **2.5.4. Registro de Identidad de Equipo o EIR.**

Es otra base de datos de la red. Esta base de datos se compone de tres listas, primero la lista blanca, que contiene los IMEI o identidad internacional del equipo móvil (15 dígitos) de los móviles que pueden utilizar la red GSM, la lista negra que contiene los equipos que pueden estar con algún mal funcionamiento o equipos robados, y por último la lista gris que es para los equipos que están siendo monitoreados para evaluación. La interfaz entre el MSC y el EIR es la Interfaz F, el EIR se muestra en la figura 2.1.

### **2.5.5. OMC (Operations and Maintenance Center).**

Este sub-sistema incluye la operación y el mantenimiento del equipo y soporta la interface de red del operador. Está conectado a todos los equipos en el sistema de conmutación y a las BSC, realiza también operaciones como facturación en un país, mantenimiento de la HLR, también realiza la gestión de las alarmas y del estado del sistema con posibilidad de efectuar varios tipos de test para analizar las prestaciones y verificar el correcto funcionamiento del mismo, también visualiza la configuración de la red con posibilidad de cambiarla por control remoto.

También administra a los abonados y da la posibilidad de poder conocer su posición dentro del área de cobertura.

## **2.6. La Interfaz de Radio de GSM.**

### **2.6.1. Esquema de modulación.**

GSM usa un formato de modulación digital llamado 0.3GMSK (Gaussian Minimum Shift Keying). El 0.3 describe el ancho de banda del filtro Gaussiano con relación a la velocidad de bits.

GMSK es un tipo especial de modulación FM digital. Los unos y ceros se representan cambiando la portadora de RF en más o menos 67.708kHz. Las técnicas de modulación que emplean dos frecuencias para representar unos y ceros se denotan como FSK (Frequency Shift Keying). En el caso de GSM, la velocidad de datos de 270.833kbit/seg se selecciona para ser exactamente cuatro veces el cambio de frecuencia de RF. Esto tiene el efecto de minimizar el espectro de modulación y mejorar la eficiencia del canal. La modulación FSK, en donde la velocidad de bits es exactamente cuatro veces el cambio de frecuencia se denomina MSK (Minimum Shift Keying). El espectro de modulación se reduce aún más aplicando un filtro Gaussiano de pre modulación. Esto frena las rápidas transiciones de frecuencia que de lo contrario dispersarían la energía hacia los canales adyacentes. 0.3GMSK no es una modulación de fase. La información no es transportada por estados de fase absoluta, como en QPSK por ejemplo. Es el cambio de frecuencia, o cambio de estado de fase lo que transfiere la información. Sin embargo, en ocasiones resulta útil tratar de visualizar a GMSK en un diagrama I/Q. Sin el filtro Gaussiano, si un flujo constante de 1's está siendo transmitido, MSK permanecerá efectivamente 67.708kHz sobre la frecuencia central de la portadora. Si la frecuencia central de la portadora se toma como una referencia de fase estacionaria, la señal de +67.708kHz causará un aumento constante de fase. La fase girará +360 grados a una velocidad de 67,708 revoluciones por segundo.

En un periodo de un bit ( $1/270.833\text{kHz}$ ) la fase avanzará una cuarta parte de la distancia alrededor del diagrama I/Q o 90 grados. Los unos se ven como un aumento de fase de 90 grados. Dos unos causan un aumento de fase de 180 grados; tres unos 270 grados y así sucesivamente. Los ceros causan el mismo cambio de fase en la dirección opuesta. La adición del filtro Gaussiano no afecta esta transición promedio de 90 grados para unos y ceros. Dado que el cambio de velocidad de bits y de frecuencias está asociado por un factor de 4, la filtración no puede afectar las relaciones de fase promedio. La filtración no disminuye la rapidez de cambio de velocidad de fase (la aceleración de la fase). Cuando se aplica la filtración Gaussiana, la fase realiza cambios de dirección más lentos, pero puede adquirir velocidades pico más elevadas para alcanzar nuevamente su posición. Sin la filtración Gaussiana, la fase realiza cambios instantáneos de dirección, pero se mueve a una velocidad constante.

La trayectoria exacta de la fase es controlada muy estrechamente. Los radios GSM necesitan utilizar filtros digitales y moduladores de señales I/Q o FM digital para generar

con precisión la trayectoria correcta. La especificación GSM no permite más de 5 grados rms y 20 grados de desviación pico a partir de la trayectoria ideal.

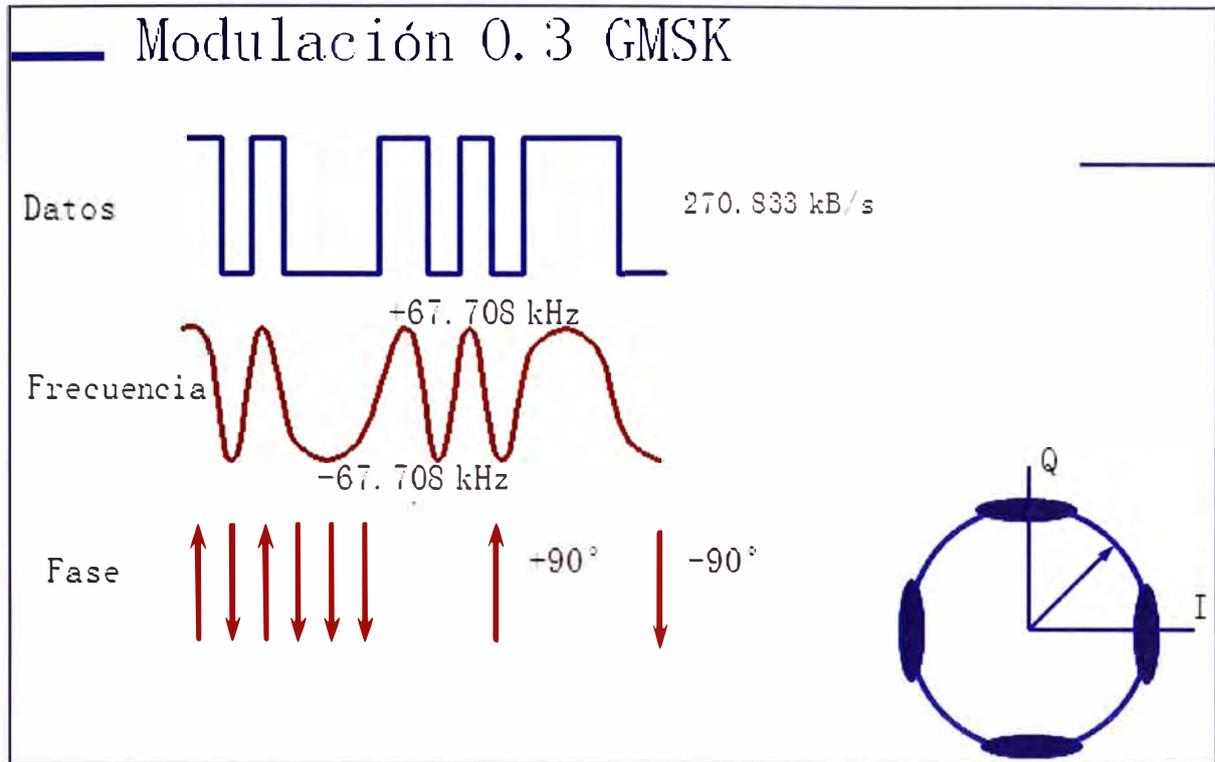


Figura 2.2. Modulación 0.3 GSM.

### 2.6.2. Estructura FDMA/TDMA

GSM usa TDMA (Acceso Múltiple por División en el Tiempo) y FDMA (Acceso Múltiple por División de la Frecuencia). Las frecuencias disponibles se dividen en dos bandas. El enlace de ascenso es para la transmisión del móvil, mientras que el enlace de descenso es para la transmisión de la radio base. La diapositiva muestra parte de una de estas bandas. Cada banda se divide en ranuras de 200kHz denominadas ARFCN (Número de Canal de Frecuencia de Radio Absoluta). Al igual que dividimos la frecuencia, también segmentamos el tiempo. Cada ARFCN se divide entre 8 móviles, cada uno de los cuales la usa por turnos. Cada móvil usa la ARFCN para una TS (ranura de tiempo) y después espera su turno para regresar nuevamente. Los móviles obtienen el uso de la ARFCN una vez por trama TDMA.

En la siguiente figura 2.3 tenemos por ejemplo 4 TCH (Canales de Tráfico). Cada uno de los TCH usa un ARFCN y Ranura de Tiempo particular. Tres de los TCH están en la misma ARFCN, usando diferentes ranuras de tiempo. El cuarto TCH está en una ARFCN diferente. La combinación de un número de TS y una ARFCN se denomina canal físico. No existe mucho espacio entre las ranuras de tiempo y las ARFCN.

Es importante para el móvil o radio base transmitir sus impulsos TDMA exactamente en el momento correcto y con exactamente la frecuencia y amplitud correctas. Demasiado pronto o demasiado tarde y el impulso puede tener una colisión con un impulso adyacente. Un espectro de modulación mal controlado o espuria causará interferencia con una ARFCN adyacente.

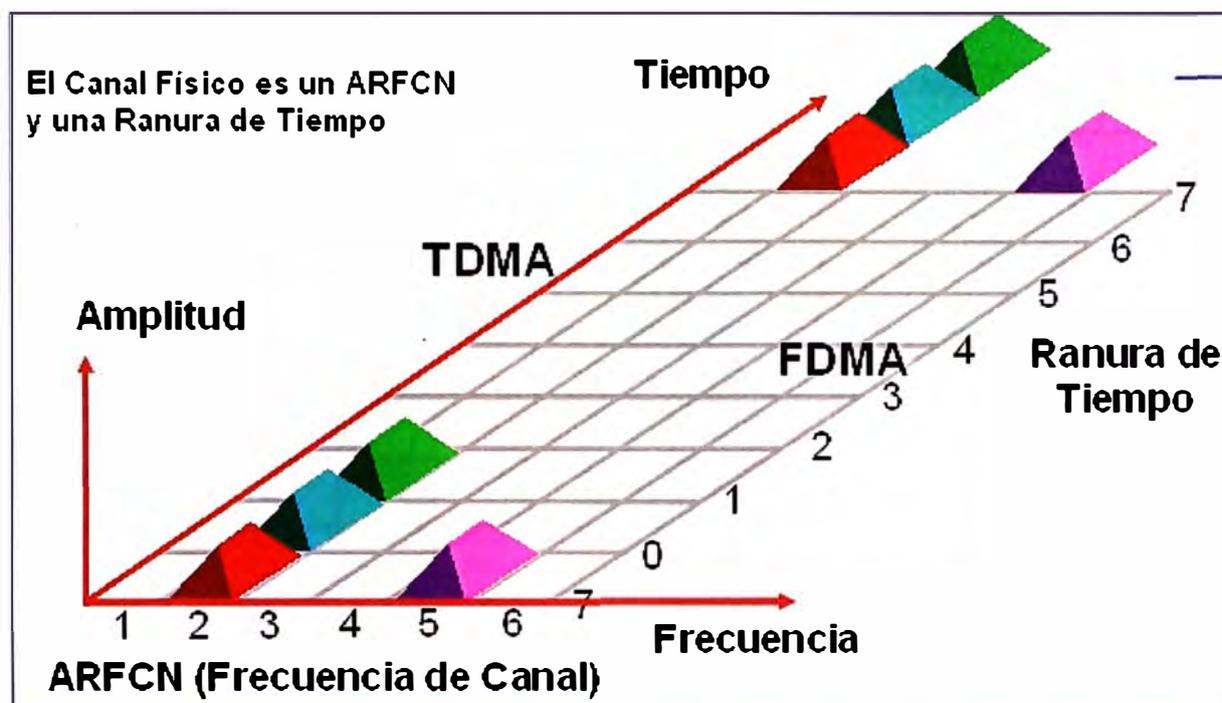


Figura 2.3. La estructura FDMA/TDMA de GSM.

En otros sistemas que solo consideran FDMA, la frecuencia es asignada al usuario durante toda la llamada. En casos de alta demanda esto trae problemas de sobrecarga. En una configuración Full Rate 8 timeslots (TSs) son mapeados sobre una frecuencia; en una configuración Half Rate hay 16 TSs por frecuencia.

### 2.6.3. Bandas de Frecuencias.

En la tabla 2.1 se muestran las bandas de frecuencia en las cuales se implementa GSM y los países en los cuales utilizan GSM en estos rangos de frecuencia. El primer rango que aparece en la tabla es para los enlaces de subida y el segundo rango corresponde a los enlaces de bajada.

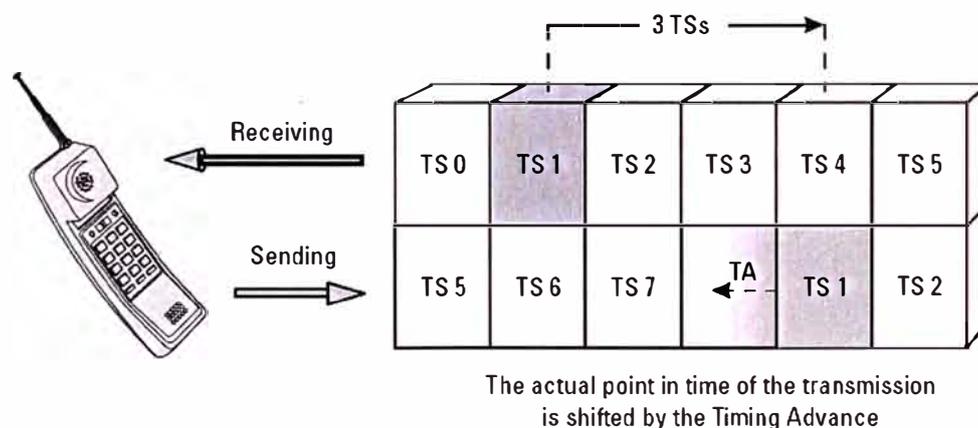
### 2.7. Sincronización en GSM

Por razones técnicas, es necesario que el MS y la BTS no transmitan simultáneamente. Por lo tanto, el MS transmitirá tres TSs después que la BTS. El tiempo entre enviar y recibir datos es usado por el MS para realizar varias mediciones de la calidad de la señal de las celdas vecinas.

Como se muestra en la figura 2.4, el MS realmente no envía exactamente tres TSs después de recibir los datos de la BTS. Dependiendo de la distancia entre ellos, es necesario tener en cuenta un retardo de propagación. Este retardo conocido como Timing Advance (TA), requiere que el MS transmita sus datos un poco antes de lo que determina la regla de los tres TSs.

**Tabla 2.1. Frecuencias de GSM.**

Banda de frecuencia	Bandas disponibles	Disponibilidad
400 MHz	450.4 - 457.6 MHz / 460.4 - 467.6 MHz 478.8 - 486.0 MHz / 488.8 - 496.0 MHz	Europa.
800 MHz	824 - 849 MHz / 869 - 894 MHz	América.
900 MHz	880 - 915 MHz / 925 - 960 MHz	Europa. Asia. Pacífico, África.
1800 MHz	1710 - 1785 MHz / 1805 - 1880 MHz	Europa. Asia. Pacífico, África.
1900 MHz	1850 - 1910 MHz / 1930 - 1990 MHz	América



**Figura 2.4. Recepción y envío desde la percepción del móvil.**

## 2.8. Jerarquía de Tramas y Número de Trama

Dado que GSM es un sistema TDMA y hay 8 usuarios en un par de frecuencia, cada usuario debe encender su transmisor solamente en el momento permitido y apagar su transmisor a tiempo de manera que no interfiera con otros usuarios en las ranuras de tiempo adyacentes. Debido a esta necesidad, GSM ha especificado una envoltura de amplitud para el impulso de RF de las ranuras de tiempo como muestra la figura 2.5. También existe una estricta especificación de condición plana para la parte activa de los bits útiles en la ranura de tiempo. La envoltura de amplitud tiene un rango dinámico

superior a 70dB pero necesita medir menos de  $\pm 1$ dB en sentido plano sobre la parte activa de la ranura de tiempo. Todo esto sucede a través del periodo de  $577\mu\text{s}$  de una ranura de tiempo. A mayor distancia entre el MS y la BTS mayor será el TA.

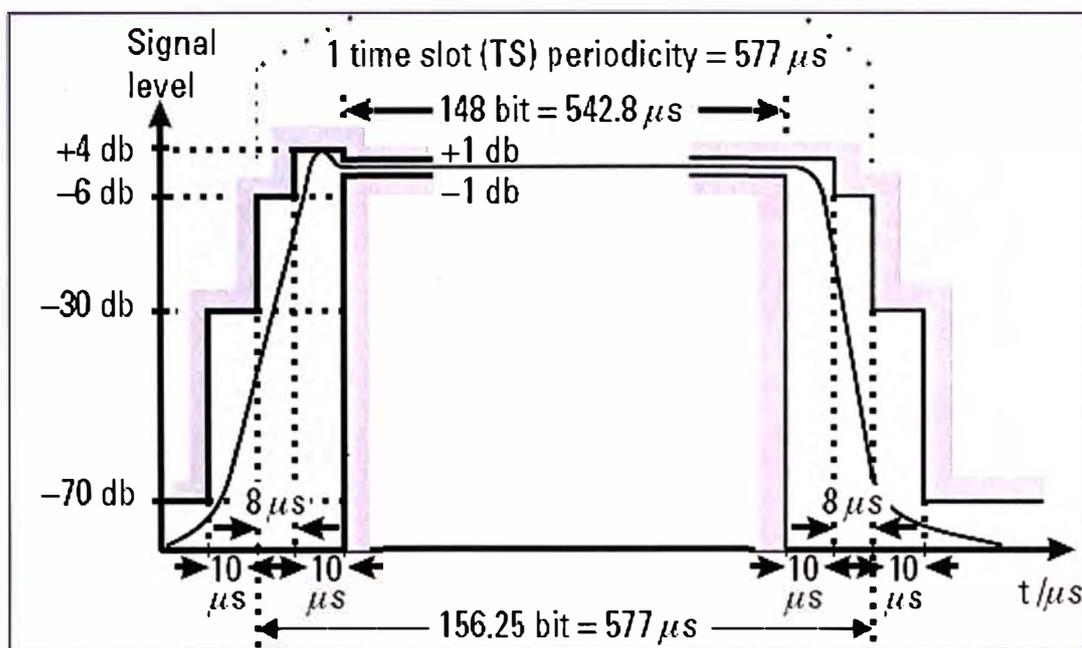


Figura 2.5. Impulso de Potencia GSM-TDMA.

El sistema GSM es un sistema múltiplex por división en el tiempo. La unidad más pequeña dentro de ese sistema son los bits individuales de datos. Cada bit de datos tiene  $3.69\mu\text{s}$  de largo. Una ranura de tiempo, la cantidad de tiempo que tiene cada móvil para transmitir o recibir información, tiene un periodo de tiempo igual a  $156.25$  de estos bits de datos. Como existen 8 usuarios en cada frecuencia, hay 8 ranuras de tiempo por trama. El patrón se repite brindando a los usuarios otra ranura de tiempo en cada trama. El periodo de la trama es de  $4.615\text{ ms}$ . Las tramas se agrupan en estructuras de mayor magnitud denominadas multitramas. Existen dos tamaños de multitramas, multitramas de 26 tramas y multitramas de 51 tramas. TCH usa multitramas de 26 tramas, mientras que BCH usa pares de multitramas de 51 tramas acopladas extremo a extremo para constituir una secuencia de 102 tramas. Una supertrama consiste de 51 o 26 multitramas y una hipertrama está compuesta por supertramas.

Estas estructuras de multitramas son necesarias para permitir la partición de canales físicos (una ARFCN y una ranura de tiempo) en canales lógicos. Un canal lógico es simplemente un conducto de extremo a extremo para información. En otras diapositivas veremos cómo el TCH se utiliza principalmente para transportar datos de habla. Una vez por multitrama, una de las ranuras de tiempo de canal físico del TCH se usa para

transportar información de control. Este canal de control lógico que comparte el mismo canal físico con el TCH se denomina SACCH. También existen largos patrones de repetición en el BCH. Se apartan tiempos para permitir que diferentes tipos de canales lógicos coexistan en el mismo canal físico.

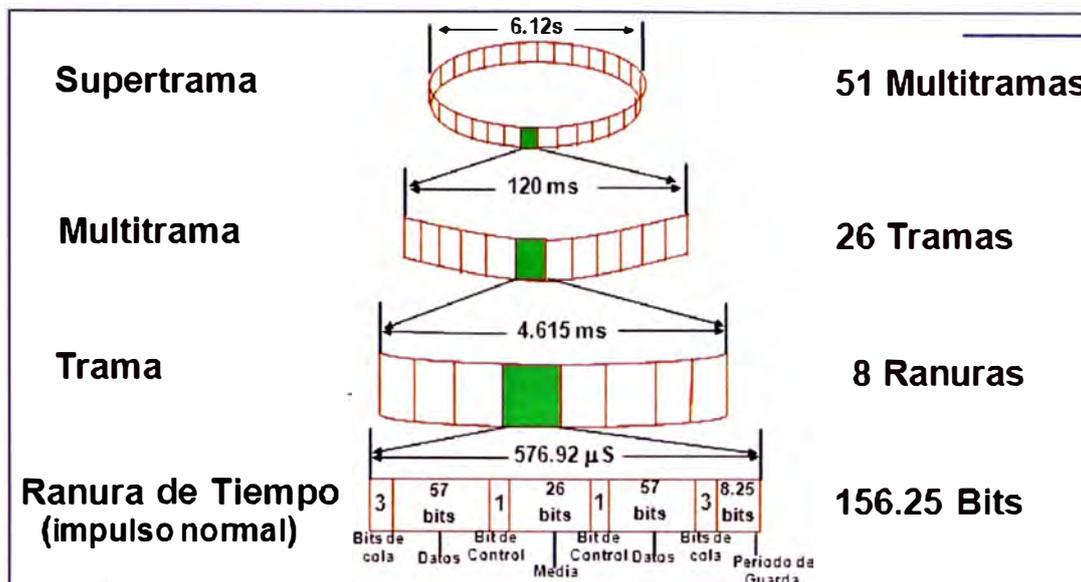


Figura 2.6. Tramas y multitramas.

## 2.9. Canales físicos y lógicos.

Canales físicos son todos los TSs disponibles de la BTS, mientras que cada TS corresponde a un canal físico. Los canales lógicos se mapean en estos canales físicos. En cualquier instante en particular una frecuencia/ranura de tiempo puede ser ya sea un canal de tráfico o algún canal de control o señalización. Un canal lógico describe la función de un canal físico en ese punto en el tiempo.

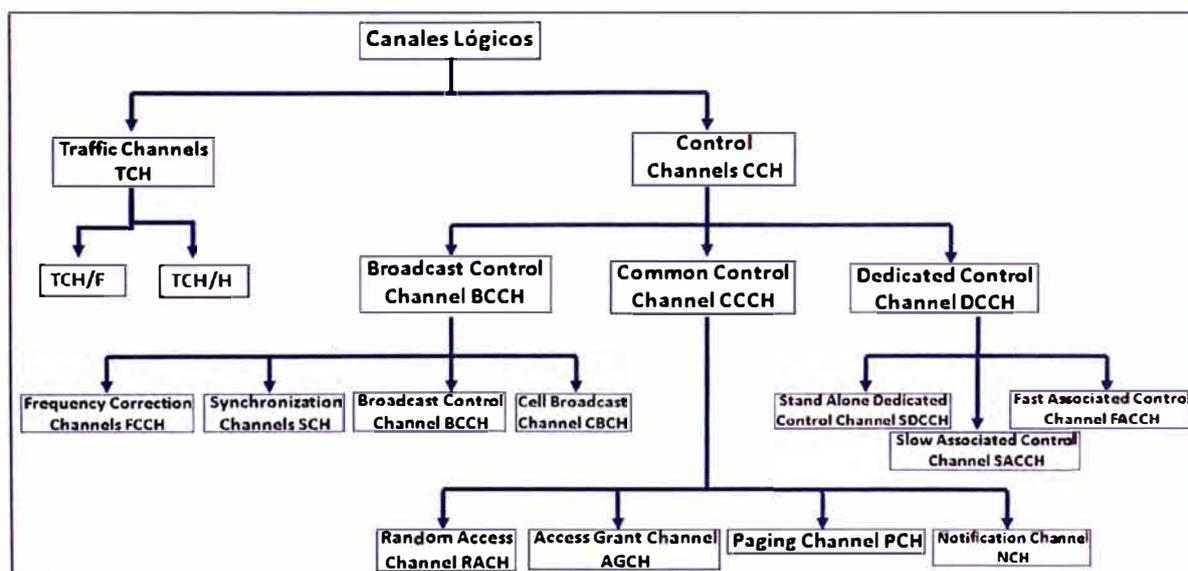


Figura 2.7. Distribución de Canales lógicos.

### **2.9.1. Broadcast Control Channels BCCH**

**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.

**FCCH:** El canal de corrección de frecuencia 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.

**SCH:** El canal de sincronización 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.

**CBCH:** Broadcast de short messages: Tráfico, tiempo, datos (informaciones que no sean del sistema).

### **2.9.2. Common Control Channels CCCH**

**RACCH:** El canal de Random Access 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.

AGCH: El canal de Access Grant 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 (downlink).

PCH: El canal de Paging 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. (downlink)

NCH: Busca de MS en todas las celdas de una área de grupos de llamadas de voz para ejecutar el ASCI (Advanced Speech Call Items) (downlink)

### **2.9.3. Dedicated Control Channel DCCH**

SDCCH: El canal dedicado lento del control 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.

SACCH: Canal asociado lento del control 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.

Este canal tiene 2 tipos de mediciones:

Downlink: Informaciones del sistema, control de potencia, TA.

Uplink: Medidas (nivel, calidad), short message service.

FACCH: El Canal asociado rápido de control lleva mensajes urgentes, y contienen esencialmente el mismo tipo de información que los SDCCH. Un FACCH se asigna cuando un SDCCH o TCH no se ha dedicado para un usuario particular y hay un mensaje urgente (como una respuesta o pedido de handover). El FACCH gana tiempo de acceso a un slot "robando" tramas del canal de tráfico al que está asignado.

TCH: Canal de tráfico utilizada para la transmisión de voz y datos.

## 2.10. Handover

Antes de explicar lo que es un handover tener presente 2 conceptos básicos, celda servidora y celda Vecina. La celda Servidora es celda en el cual el usuario esta enganchada realizando la llamada de voz Y la celda Vecina es la posible celda al cual la llamada puede ser enviada para el manteniendo de la comunicación.

En una red de comunicaciones móvil, el subscriptor puede estar en movimiento. Pero ¿Cómo podemos mantener la conexión en tales casos? Para entender esto, debemos estudiar el proceso de handover en las llamadas. Con la ayuda de la función de Handover es posible mantener la conexión de tráfico con movimiento del subscriptor.

El concepto básico es simple: Cuando un usuario se mueve del área de cobertura de una celda a otra, se tiene que establecer una nueva conexión con la celda destino y liberar la que se tenía con la celda anterior.

Existen dos razones para la ejecución de un Handover:

- a) **Handover debido a Mediciones**, ocurre cuando la calidad o la potencia de la señal de radio cae debajo de ciertos umbrales especificados en la BSC. Dicha deterioración de la señal es detectada por las constantes mediciones llevadas a cabo tanto por el MS y la BTS. Como consecuencia, la conexión es transferida a otra celda con mejor señal.
- b) **Handover debido a razones de Tráfico**, ocurre cuando la capacidad de tráfico de una celda ha alcanzado su máximo o se está aproximando al mismo. En tal caso las estaciones móviles cercanas a los bordes de la celda deber hacer handover a las celdas vecinas con menos carga de tráfico.



podemos decir que el handover fue exitoso.

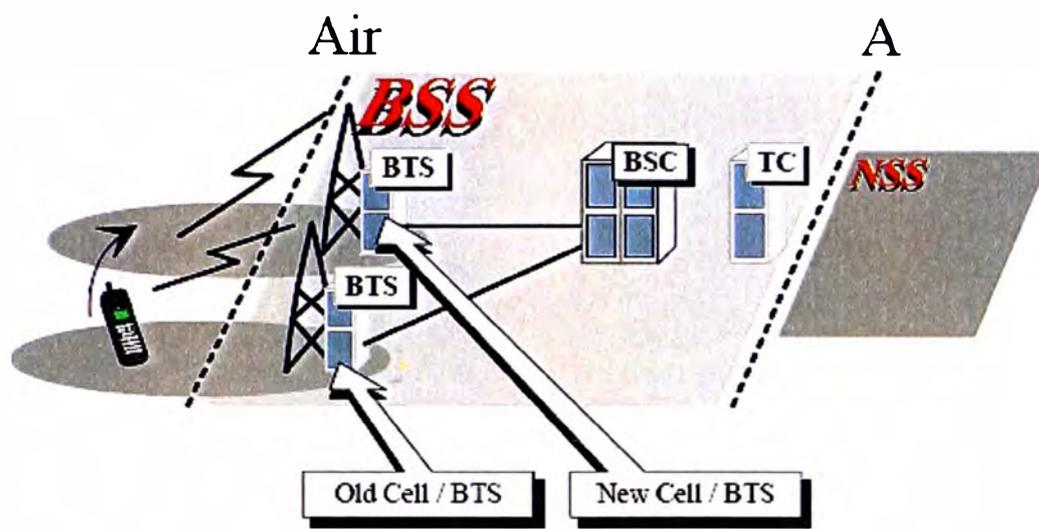


Figura 2.9. Handover Inter Cell - Intra BSC

### 2.13. Handover Intercell - Inter BSC

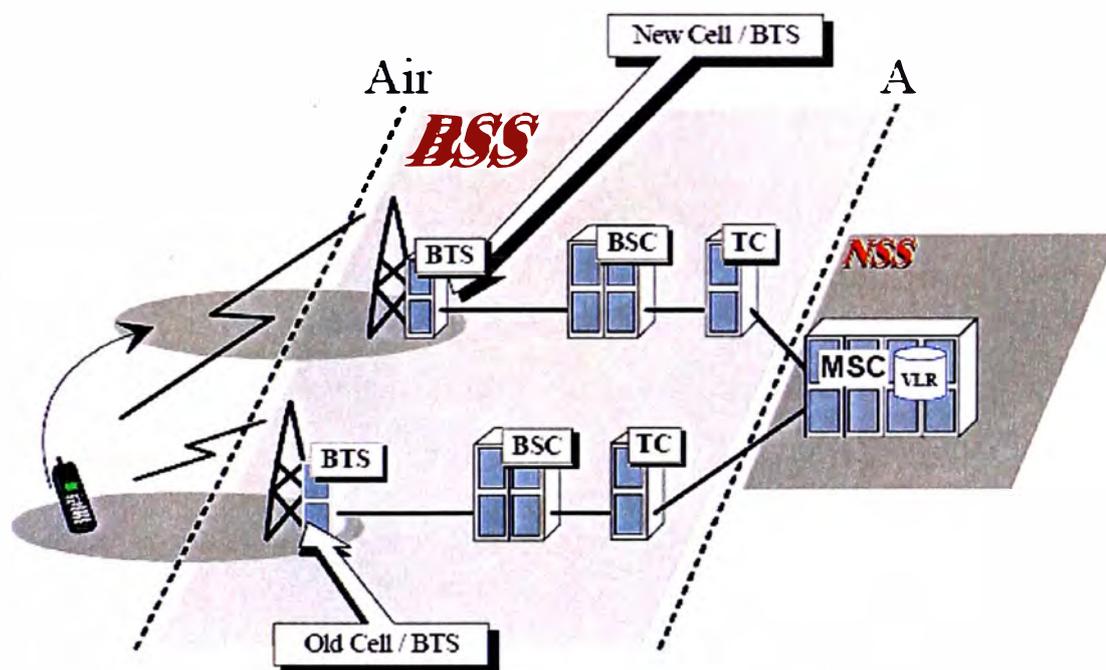


Figura 2.10. Handover Intercell - Inter BSC

El usuario se mueve de la celda 2 hacia la celda 3, la cual se encuentra en otra BSC. En este caso el proceso de handover es controlado por el MSC, pero la decisión para hacer el handover es realizado aún por el primer BSC. La conexión con el primer BSC (y BTS) es liberada cuando la conexión con la nueva BSC (y BTS) es establecida satisfactoriamente.

## 2.14. Handover Inter MSC

El usuario se mueve de una celda controlada por un MSC/VLR hacia otra celda en el dominio de otro MSC/VLR. Este caso es un poco más complicado. Considerando que el primer MSC/VLR está conectado con el GMSC vía un enlace que pasa a través de las líneas PSTN, es evidente que el segundo MSC/VLR no puede tomar al primero de manera sencilla.

El MSC/VLR actual da servicio al suscriptor, contacta al MSC/VLR final y la conexión de tráfico es transferida a este MSC. Como ambos MSCs pertenecen a la misma red, la conexión es establecida sin dificultades.

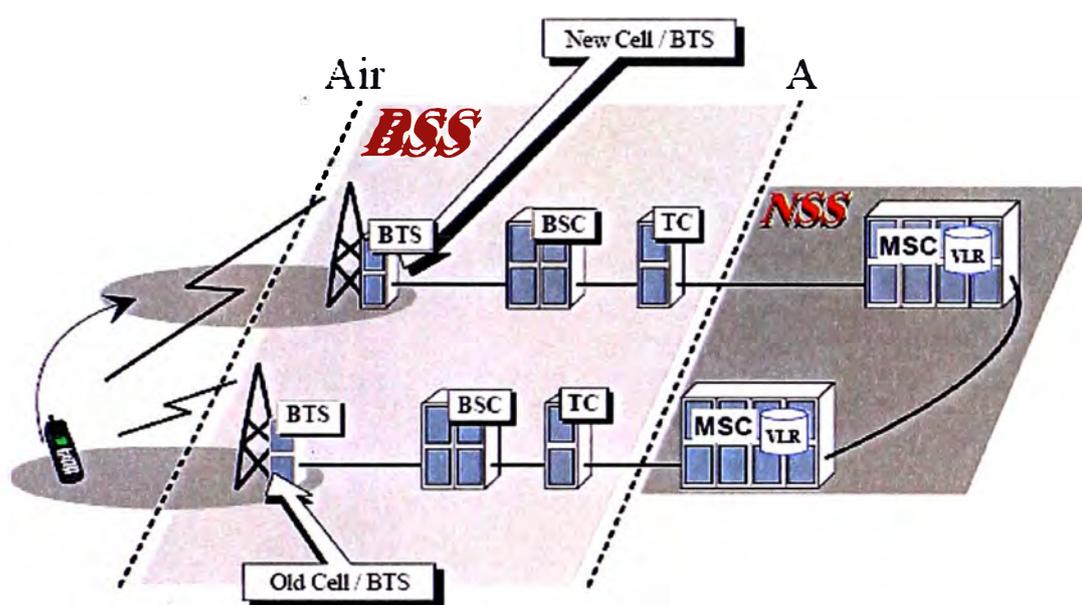


Figura 2.11. Handover Intercell - Inter MSC

## 2.15. DTX- Transmisión Discontinua

Minimizar la interferencia co-canal es una de las metas en todo sistema celular dado que permite un mejor servicio para un tamaño de celda dado o el uso de celdas más pequeñas lo cual incrementa la capacidad total del sistema. La transmisión discontinua (DTX) es un método que toma ventaja del hecho de que una persona habla menos de un 40% durante una conversación normal y por tanto el transmisor se apaga durante los periodos de silencio. Un beneficio extra es por tanto, el ahorro de potencia con lo cual una carga de las baterías del móvil dura por más tiempo.

El componente más importante del DTX es el VAD (Detector de actividad de Voz). Este debe distinguir entre la voz y el ruido como entradas, una tarea que no es tan trivial como aparenta considerando el siempre presente ruido de fondo. Si una señal de voz se

malinterpreta se apagará y en el extremo del receptor aparecerá el muy molesto efecto de “clipping” (entrecortado de la voz). Por otro lado, si el ruido se malinterpreta como voz, el transmisor estará encendido por mucho más tiempo lo cual hace decrecer el rendimiento del DTX de forma dramática. Otro factor a considerar es que dada la propia naturaleza digital de GSM, cuando el transmisor se apaga el receptor no escucha nada en absoluto. Para asegurar al receptor que la línea no está muerta se agrega en el receptor un “ruido de confort” tratando de igualarlo a las características del ruido de fondo presente en el transmisor.

## 2.16. Codificación de la Voz y la Señalización en GSM

En esta sección se explicara una breve introducción a la codificación del canal de voz en GSM y servirá como base para una explicación posterior de las mediciones del RXQUAL y el FER.

### 2.16.1 . Codificación del Canal de Voz

Antes de que la voz llegue al codificador de canal, ésta ha sido muestreada y segmentada en bloques de 20 ms de voz que ha sido comprimida en un codificador de voz para consistir de 260 bits. Los 260 bits son divididos en tres diferentes clases de acuerdo a su importancia, esto es manejado por el codificador de voz como se muestra en la figura 2.12.

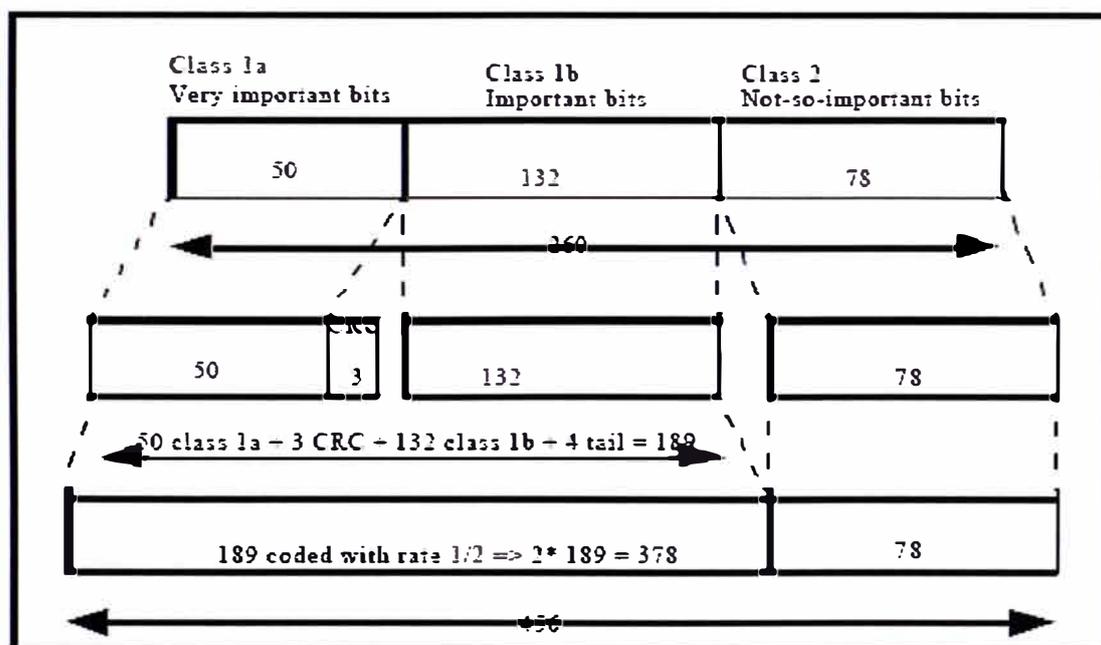


Figura 2.12. Codificación del canal en GSM para un canal de tráfico de voz en full rate.

Después del codificador de canal, los 456 bits de salida son entrelazados y segmentados en bursts, los cuales son enviados sobre la interface aire. En el receptor, un

decodificador de canal transformará los 456 a 260 bits, los cuales pasarán al decodificador de voz donde se convertirá nuevamente en sonido de 20 ms de duración tal como fue enviado.

**2.17. Mapeo de la Voz y Señalización Sobre la Estructura de la Trama**

Como vimos anteriormente, tanto las tramas de señalización como las de voz deberán terminar en 456 bits por trama. Estos 456 bits son luego separados en un número de bursts y mapeados en la estructura de la multitrama. Lo primero es separarlos en 8 partes que contienen 57 bits cada una como se muestra en la figura 2.13.

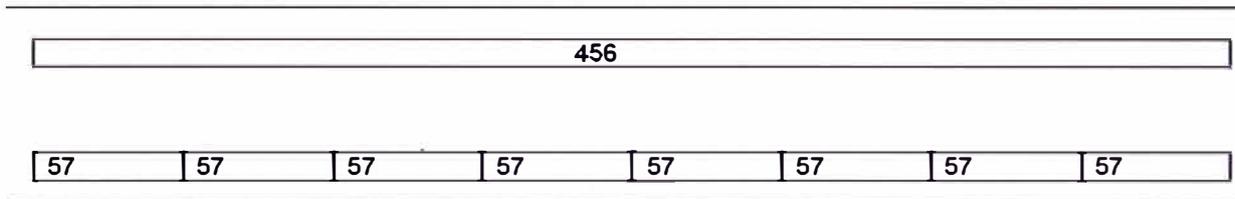


Figura 2.13. Los 456 bits que contienen voz o señalización son separados en ocho bloques de 57 bits.

La figura 2.14 muestra un burst normal de GSM. Como puede verse, un burst normal puede tomar dos bloques de 57 bits cada uno.

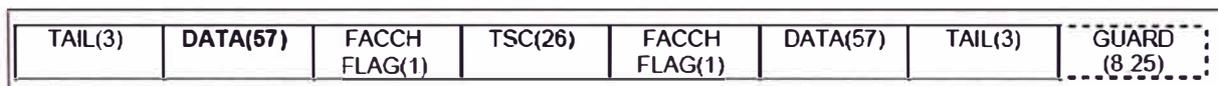


Figura 2.14. Estructura de un burst de tipo normal en GSM.

El siguiente paso es poner los bloques de 57 bits en bursts. Para voz, es utilizado un entrelazado sobre ocho half bursts mientras que para SACCH es utilizado entrelazado sobre cuatro bursts completos. El mapeo exacto se encuentra en la figura 2.15 debajo, a-z son tramas de voz y A es el bloque SACCH. Nótese que la primera parte de la primera trama de voz es transmitida en la multitrama SACCH previa y la trama z terminará en la multitrama SACCH siguiente.

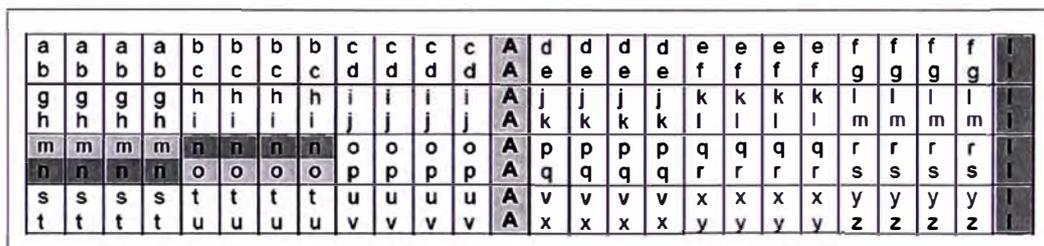


Figura 2.15. Mapeo de la Trama de Voz sobre la multitrama SACCH.

Cuatro timeslots SACCH conforman un bloque SACCH que contiene un mensaje SACCH (SYSTEM INFORMATION 5 o 6 en el canal de downlink, estación base a móvil

y MEASUREMENT REPORT en el canal de uplink).

Por cada multitrama SACCH es enviado MEASUREMENT REPORT a la estación base el cual contiene los valores de las mediciones hechas de las celdas servidora y vecinas durante la última multitrama SACCH. Los timeslots de IDLE son utilizados para la búsqueda del burst de SCH en las celdas vecinas que contiene los valores de Timing Advance y BSIC de la celda.

### **2.18. La Trama SID**

En la figura 2.15, los half bursts “n” que están sombreados contienen las llamadas tramas SID (Silence Description). La trama SID es utilizada cuando esta activada la transmisión discontinua (DTX) y contiene parámetros que representan el ruido de fondo que rodea al micrófono. Si la función de DTX en downlink esta activada en la red, el detector de actividad de voz (VAD) monitoreará continuamente cada trama de voz de 20 ms de duración. Si el VAD encuentra una trama silente, éste analizará el ruido de fondo en la trama y creara una trama SID que reemplazará dicha trama silente original.

Una trama SID es un bloque de voz de 260 bits que posee un patrón de identificación SID en el bit de posición 95, junto con parámetros que representan el ruido de fondo. En tanto el VAD no detecte ninguna conversación, no se transmitirá voz. Solo será enviada una trama SID por multitrama SACCH, que contiene una serie de parámetros que representan el ruido de fondo.

Notar que las tramas SID solo son transmitidas en los periodos de silencio. Durante conversaciones de voz, serán transmitidos bloques normales de voz en lugar de las tramas “n” de la figura 2.15.

### **2.19. Valores FULL vs. SUB**

En GSM existen dos tipos de valores presentados para RXQUAL, llamados RXQUAL FULL y RXQUAL SUB, El parámetro que representa la intensidad de la señal tiene también valores similares de FULL y SUB.

Los valores FULL están basados en todas las tramas de la multitrama SACCH, así hayan sido transmitidas desde la estación base o no. Esto significa que si el DTX DL ha sido usado, los valores de FULL no serán válidos para dicho periodo puesto que incluye mediciones de errores de bits cuando nada ha sido enviado resultando en un muy alto BER, en total 100 bursts (25 bloques) serán utilizados para los valores de FULL.

Los valores de SUB están basados en las tramas principales de la multitrama SACCH. Estas tramas siempre deben ser transmitidas. Existen dos tipos de tramas que satisfacen

este criterio y estas son el bloque SACCH (bursts “A” en la figura 2.15) y el bloque que contiene la trama SID (los bursts “n” en la figura 2.15). Si DTX DL no está en uso, la trama SID contiene una trama de voz ordinaria y será incluida en su lugar. En total 12 bursts (tres bloques) serán utilizados para valores SUB (cuatro bursts SACCH y ocho half bursts de voz).

## 2.20. RXQUAL

RXQUAL es un valor entre 0 y 7 en donde cada valor corresponde a un número estimado de errores de bits en un número de bursts.

Cada valor de RXQUAL corresponde a un valor estimado de bit error rate (BER) de acuerdo con la siguiente tabla, la cual ha sido tomada de la Especificación Técnica de GSM 05.80 sección 8.2.4:

**Tabla 2.2. Conversión de BER a RXQUAL**

RXQUAL	Bit Error Rate (BER)
0	BER < 0.2%
1	0.2% < BER < 0.4%
2	0.4% < BER < 0.8%
3	0.8% < BER < 1.6%
4	1.6% < BER < 3.2%
5	3.2% < BER < 6.4%
6	6.4% < BER < 12.8%
7	12.8% < BER

EL valor de BER es calculado sobre cuatro 26 multitramas (una multitrama SACCH), sobre cada bloque TCH ( $8/2 = 4$  bursts TCH) y sobre el bloque SACCH (cuatro bursts SACCH). Por cada bloque TCH, son utilizados 378 bits de clase 1a para el cálculo del BER y para el cálculo del bloque SACCH son usados 456 bits. Si un bloque de TCH es reemplazado por un mensaje FACCH, pueden ser usados 456 en lugar de 378 bits.

Número de bits de TCH = (número de 26 multitramas) \* (número de bloques TCH por 26 multitrama) \* (número de bits por bloque TCH) =  $(4 * 6 * 378)$

Esto nos da  $(4 * 6 * 378) + 456 = 9528$  bits en cada multitrama SACCH si es un canal de TCH, y  $3 * 456 = 1368$  bits si es un canal de SDCCH.

## 2.21. Calculando el valor de BER

Después de que el decodificador de canal ha obtenido el bloque de 456 bits, éste es nuevamente codificado usando el polinomio convolucional en el codificador de canal y los 456 bits resultantes son comparados con los 456 bits de entrada. El número de bits que difieren de entre estos dos bloques corresponde al número de bits errados en el bloque. El

número de bits errados es acumulado en una suma de BER para cada multitrama SACCH. La suma del BER es luego dividida por el total de número de bits por multitrama SACCH y el resultado es clasificado dentro del rango de 0 a 7 de acuerdo con la tabla de conversión 2.2.

Notar que el cálculo del BER no tomará en consideración si el bloque es descartado debido a un error en la protección CRC de los bits de clase 1a. También hay que notar que aún cuando el CRC indica un bloque de voz válido, la calidad de voz no es necesariamente buena. Los bits errados pueden aun permanecer en los bits de clase 1a y especialmente en los bits no protegidos de clase 2.

### **2.22. FER (Frame Erasure Rate)**

La tasa de FER es un valor entre 0 y 100% y es calculado una vez cada multitrama SACCH, al mismo tiempo que los valores de RXQUAL. Es decir, al igual que el RXQUAL, es calculado sobre los bloques de TCH y SACCH.

Como se muestra en la figura 2.12, tres bits de CRC protegen los 50 bits de clase 1a. El CRC sirve para chequeo de redundancia cíclica además trabaja como control de paridad y es usado para detección de errores en los bits de clase 1a. Cuando el decodificador de canal ha obtenido los 456 bits, es chequeado el CRC y, si es incorrecto, el bloque completo es descartado. En la especificación técnica 06.11 de GSM se da un ejemplo de cómo esto debe ser manejado en el receptor por una unidad ECU (Error Concealment Unit). El valor de FER está basado en el número de bloques que han sido descartados debido a un error en el CRC.

Por lo tanto la siguiente fórmula nos da un indicativo del cálculo del FER:

$$FER (\%) = (nro. de bloques con CRC incorrecto / total nro. de bloques) * 100$$

Así como con los valores de RXQUAL y RXLEV, son requeridos dos tipos de mediciones, FER FULL basado en todas las tramas y FER SUB basado solo en dos bloques principales.

#### **a) FER Full**

El número total de bloques en un canal de TCH full rate es 24 TCH + 1 SACCH = 25 bloques.

$$FER\_FULL (\%) = (número de bloques con CRC incorrecto / 25) * 100$$

Ejemplo 1 FER FULL:

a	a	a	a	b	b	b	b	c	c	c	c	A	d	d	d	d	e	e	e	e	f	f	f	f	l
b	b	b	b	c	c	c	c	d	d	d	d	A	e	e	e	e	f	f	f	f	g	g	g	g	l
g	g	g	g	h	h	h	h	i	i	i	i	A	j	j	j	j	k	k	k	k	l	l	l	l	l
h	h	h	h	i	i	i	i	j	j	j	j	A	k	k	k	k	l	l	l	l	m	m	m	m	l
m	m	m	m	n	n	n	n	o	o	o	o	A	p	p	p	p	q	q	q	q	r	r	r	r	l
n	n	n	n	o	o	o	o	p	p	p	p	A	q	q	q	q	r	r	r	r	s	s	s	s	l
s	s	s	s	t	t	t	t	u	u	u	u	A	v	v	v	v	x	x	x	x	y	y	y	y	l
t	t	t	t	u	u	u	u	v	v	v	v	A	x	x	x	x	y	y	y	y	z	z	z	z	l

Figura 2.16. Ejemplo con tres tramas erróneas (El CRC falló en las tramas f, i y k).

En la figura 2.16 las tramas f, i y k tienen CRC incorrecto. El FER FULL para esta multitrama SACCH es calculado como:

$$\text{FER\_FULL} = (3 / 25) * 100 = 12\%$$

Ejemplo 2 FER FULL:

a	a	a	a	b	b	b	b	c	c	c	c	A	d	d	d	d	e	e	e	e	f	f	f	f	l
b	b	b	b	c	c	c	c	d	d	d	d	A	e	e	e	e	f	f	f	f	g	g	g	g	l
g	g	g	g	h	h	h	h	i	i	i	i	A	j	j	j	j	k	k	k	k	l	l	l	l	l
h	h	h	h	i	i	i	i	j	j	j	j	A	k	k	k	k	l	l	l	l	m	m	m	m	l
m	m	m	m	n	n	n	n	o	o	o	o	A	p	p	p	p	q	q	q	q	r	r	r	r	l
n	n	n	n	o	o	o	o	p	p	p	p	A	q	q	q	q	r	r	r	r	s	s	s	s	l
s	s	s	s	t	t	t	t	u	u	u	u	A	v	v	v	v	x	x	x	x	y	y	y	y	l
t	t	t	t	u	u	u	u	v	v	v	v	A	x	x	x	x	y	y	y	y	z	z	z	z	l

Figura 2.17. Ejemplo con cuatro tramas erróneas (El CRC falló en las tramas c, q, r y A).

En la Figura 2.17 las tramas c, q, r y A tienen CRC incorrecto. El FER\_FULL para esta multitrama SACCH es calculado como:

$$\text{FER\_FULL} = (4 / 25) * 100 = 16\%$$

## b) FER Sub

El número total de bloques principales en un canal TCH full rate son 1 TCH + 1 SACCH = 2 bloques.

$$\text{FER\_SUB} (\%) = (\text{número de bloques con CRC incorrecto} / 2) * 100$$

Nota: El valor real del FER SUB está limitado a tres: 0%, 50% y 100%. No son posibles otros valores puesto que solo dos bloques forman la base de los cálculos.

Ejemplo 1 FER SUB:

En la Figura 2.18, las tramas c, q, r y A tienen CRC incorrecto, los mismos que en el

caso de FER FULL (ejemplo 2 del caso FER FULL).

a	a	a	a	b	b	b	b	c	c	c	c	A	d	d	d	d	e	e	e	e	f	f	f	f	l
b	b	b	b	c	c	c	c	d	d	d	d	A	e	e	e	e	f	f	f	f	g	g	g	g	l
g	g	g	g	h	h	h	h	i	i	i	i	A	j	j	j	j	k	k	k	k	l	l	l	l	l
h	h	h	h	i	i	i	i	j	j	j	j	A	k	k	k	k	l	l	l	l	m	m	m	m	l
m	m	m	m	n	n	n	n	o	o	o	o	A	p	p	p	p	q	q	q	q	r	r	r	r	l
n	n	n	n	o	o	o	o	p	p	p	p	A	q	q	q	q	r	r	r	r	s	s	s	s	l
s	s	s	s	t	t	t	t	u	u	u	u	A	v	v	v	v	x	x	x	x	y	y	y	y	l
t	t	t	t	u	u	u	u	v	v	v	v	A	x	x	x	x	y	y	y	y	z	z	z	z	l

Figura 2.18. Ejemplo con cuatro tramas erróneas (El CRC falló en las tramas c, q, r y A).

FER SUB solo toma en cuenta las tramas SACCH (A) y SID (n). En este caso está errada "A" pero no "n", así el FER SUB para esta multitrama SACCH es calculado como:

$$\text{FER\_SUB} = (1 / 2) * 100 = 50\%$$

En la Figura 2.19 las tramas e, g, h, k y l tienen CRC incorrecto. Puesto que el FER SUB solo cuenta las tramas SACCH (A) y SID (n) y ninguna de ellas está incorrecta, el FER SUB para esta multitrama SACCH es calculado como:

$$\text{FER\_SUB} = (0 / 2) * 100 = 0\%$$

Ejemplo 2 FER SUB:

a	a	a	a	b	b	b	b	c	c	c	c	A	d	d	d	d	e	e	e	e	f	f	f	f	l
b	b	b	b	c	c	c	c	d	d	d	d	A	e	e	e	e	f	f	f	f	g	g	g	g	l
g	g	g	g	h	h	h	h	i	i	i	i	A	j	j	j	j	k	k	k	k	l	l	l	l	l
h	h	h	h	i	i	i	i	j	j	j	j	A	k	k	k	k	l	l	l	l	m	m	m	m	l
m	m	m	m	n	n	n	n	o	o	o	o	A	p	p	p	p	q	q	q	q	r	r	r	r	l
n	n	n	n	o	o	o	o	p	p	p	p	A	q	q	q	q	r	r	r	r	s	s	s	s	l
s	s	s	s	t	t	t	t	u	u	u	u	A	v	v	v	v	x	x	x	x	y	y	y	y	l
t	t	t	t	u	u	u	u	v	v	v	v	A	x	x	x	x	y	y	y	y	z	z	z	z	l

Figura 2.19. Ejemplo con cinco tramas erróneas (El CRC falló en las tramas e, g, h, k y l).

## **CAPITULO III. TÉCNICAS PARA LA SOLUCIÓN AL PROBLEMA DE CONGESTION**

### **3.1. Hierarchical Cell Structure (Estructura de Jerarquía de Celda ) – HCS**

#### **3.1.1 Concepto general**

Dentro de una estructura de Jerarquía de celda que en adelante llamaremos HCS, el operador de la red es capaz de organizar su red en una red de múltiples capas. El incremento en la demanda de tráfico por kilómetro cuadrado implica el uso de una red con múltiples capas aun cuando se está operando con diferentes bandas de frecuencias (en nuestro caso 850/1900MHZ), para utilizar al máximo los recursos de radio. Nos referimos a recursos de radio a la cantidad de Trx para la realización de llamadas (times slot).

Una red de múltiples capas está construida con diferentes capas de coberturas (Radio coverage layers-RCL). Todas las celdas caracterizadas del punto de vista de radio (Umbrella, Macro, Micro, etc.), tienen definidas una capa de radio de cobertura (RCL). Cada RCL está normalmente operando en una banda de frecuencia, pero generalmente diferentes capas pueden operar en diferentes bandas, como es el caso de las redes GSM dual band (850MHZ y 1900MHZ). Esta Red dual band consiste de múltiples capas y bandas de trabajo diferentes como muestra la siguiente figura 3.1.

El escenario de la Figura 3.1, es construido por una celda Umbrella, nos referimos a celdas Umbrella como celdas de tipo teóricas de cobertura muy amplia conocidas también como celdas paraguas, observamos también en la figura 3.1 Macrocelas y Microcelas RCL en la banda GSM850MHZ o en GSM1900MHZ.

La celda pequeña como las Picoceldas RCL que también pueden operar en bandas GSM850MHZ o en GSM1900MHZ entrarán en caso falten recursos de radio. Para el manejo de esta red de múltiples capas, Siemens introduce una técnica de estructura de jerarquía de celdas (HCS). Como veremos más adelante las celdas y Capas son caracterizadas con niveles de prioridades modificables, hasta 16 niveles diferentes de prioridades pueden ser asignados a las diferentes capas y celdas respectivamente. Varios servidores de diferentes capas están disponibles en cualquier lugar de la red.

Lo que en todo momento se puede dar es un handover en un móvil y por lo tanto el tráfico puede ser enviado a una cierta capa incluso si varios servidores están sirviendo bien en cierto lugar.

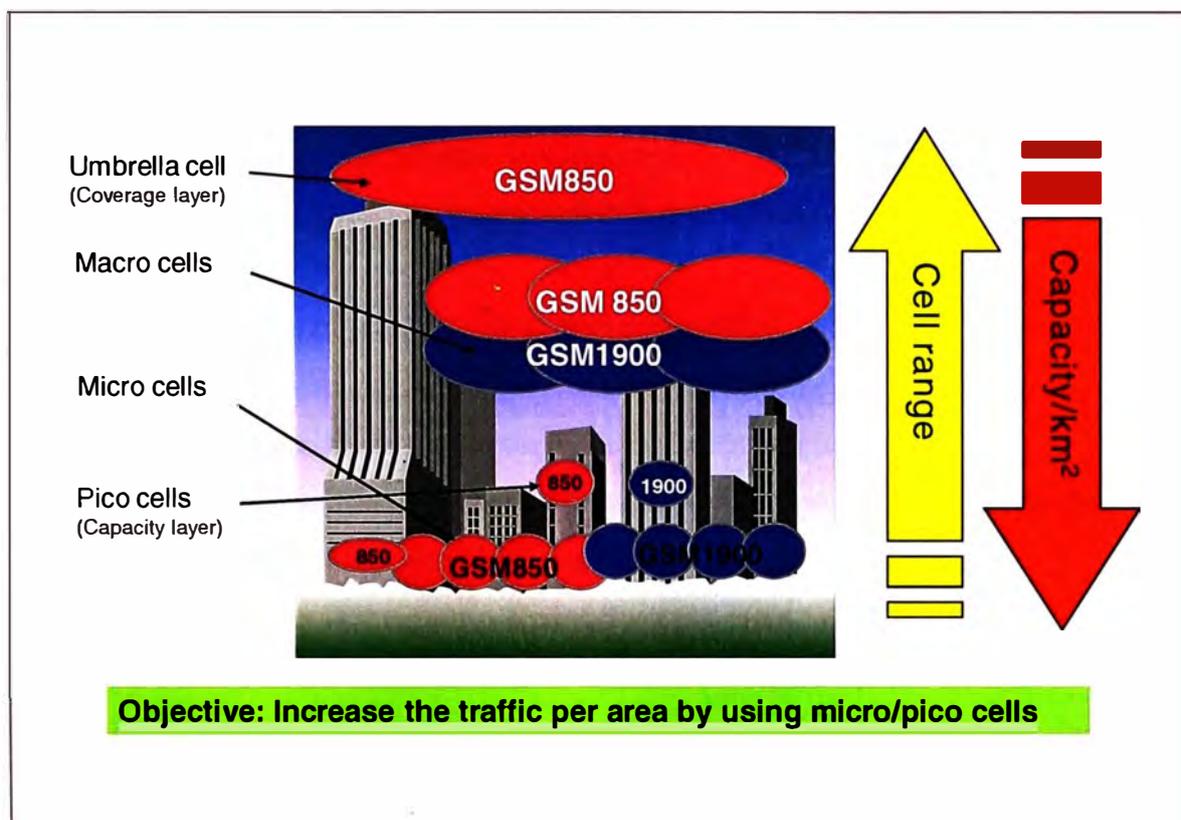


Figura 3.1. Esquema de una red de múltiples capas con varios radios de cobertura  
Compuesto por celdas GSM850 o GSM1900.

Los handovers de la mejor celda están siempre dirigidos hacia capas de celdas con igual o mayor prioridad. Handovers de clase imperativos son entregados directamente a las celdas vecinas con mayor prioridad, pero si no están disponibles hacia celdas con igual o mejor prioridad. Un handover imperativo es de tipo forzado teniendo en cuenta los valores de prioridad de las celdas vecinas.

### 3.1.2. Introducción a la técnica de Jerarquía de Celda (HCS).

Durante una normal evolución de una red GSM nos muestra que los cambios más importantes están basados en los aspectos de cobertura y capacidad.

La utilidad de manejar una estrategia de múltiples capas para mejorar la capacidad se dan a continuación:

a) Maximiza la inversión existente.

- Frecuencia de Hopping.
- Multibanda (principalmente mediante el compartimiento de estaciones existentes).

## b) Macroceldas.

- Mejorar la cobertura en general.

## c) Microceldas.

- Mejorar la cobertura y calidad.
- Trae un masivo crecimiento de capacidad.
- Altos ingresos de ganancias por capacidad para zonas de alta demanda.

## d) Picoceldas

- Significativo mejoramiento en cobertura y calidad.
- Trae máxima capacidad.
- . Tener una base para una estrategia inalámbrica empresarial.

Por otro lado escenarios de redes de alta capacidad son posibles donde más de una capa es planeada, desde el comienzo del diseño.

### 3.1.3. Redes en Capas Diferentes o Redes Superpuestas

Normalmente la introducción de cobertura adicional por capas definidas, resulta de la evolución de una red típica, en primer lugar debido a los requerimientos de cobertura y en segundo lugar por requerimientos de capacidad. Celdas Umbrella y Macro, pueden suministrar fácilmente suficientemente cobertura. Como muestra la siguiente figura 3.2.

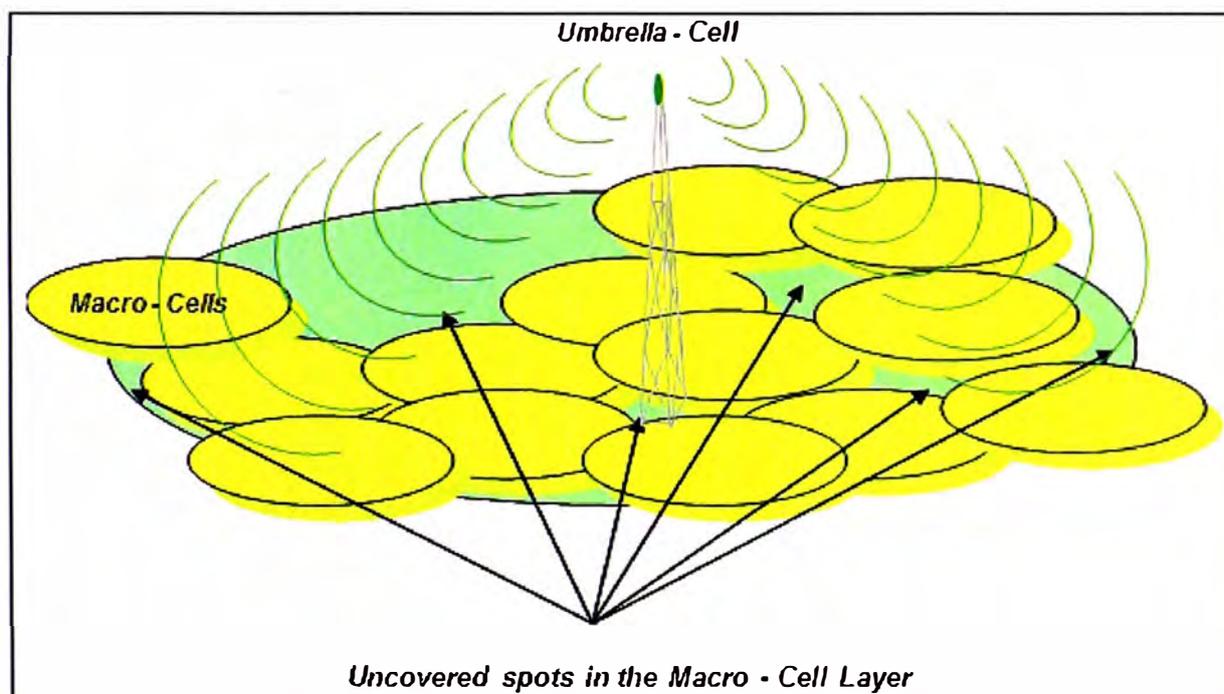


Figura 3.2. buena cobertura debido a celdas macro y umbrella o paraguas.

La capacidad puede ser incrementada con la implementación de celdas pequeñas como

Microceldas y Picoceldas. Estas celdas deberían ser superpuestas en Macrocelas existentes, esto por razones de facilidades de ambiente, permisos y tiempo, como muestran la siguiente figura 3.3.

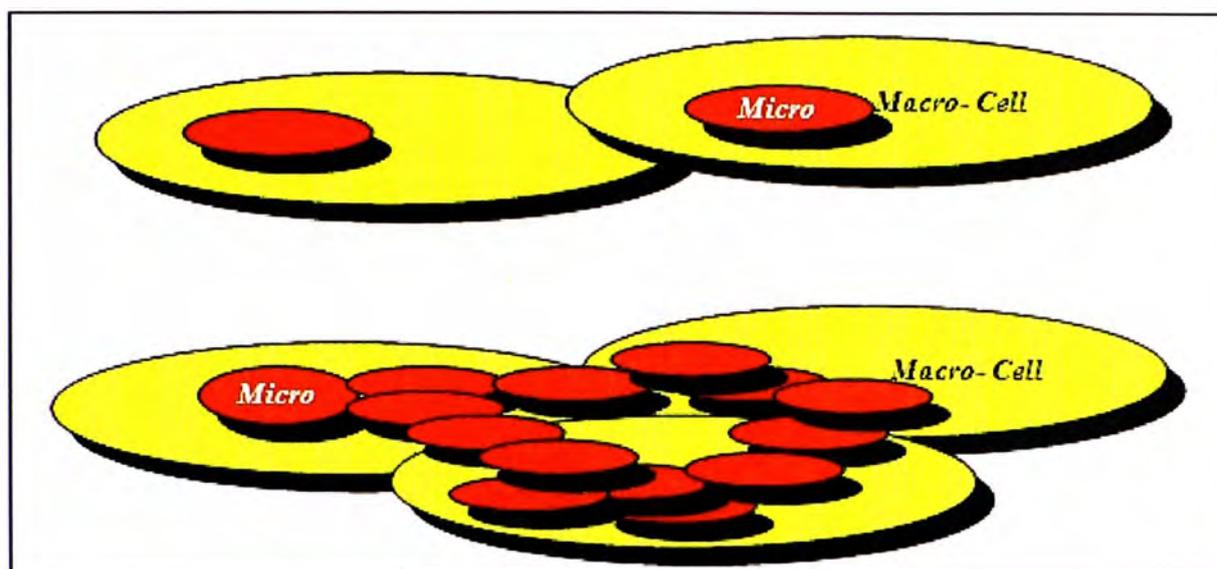


Figura 3.3. Extensión de capacidad en las Microceldas.

### 3.1.4. Diseño de Capas

#### a) Numero de Capas

El número de capas requeridas dependen del historial y la estrategia de la Red. En una red típica la evolución es orientada primero por las necesidades de cobertura y después por necesidades de capacidad. Celdas Umbrella (Paraguas de amplia cobertura) y Macrocelas pueden fácilmente Proporcionar suficiente cobertura, la capacidad de la red puede ser incrementada después por la implementación de celdas pequeñas (small cells), Microceldas y Picoceldas en lugares estratégicos como por ejemplo bancos, edificios, universidades, etc.

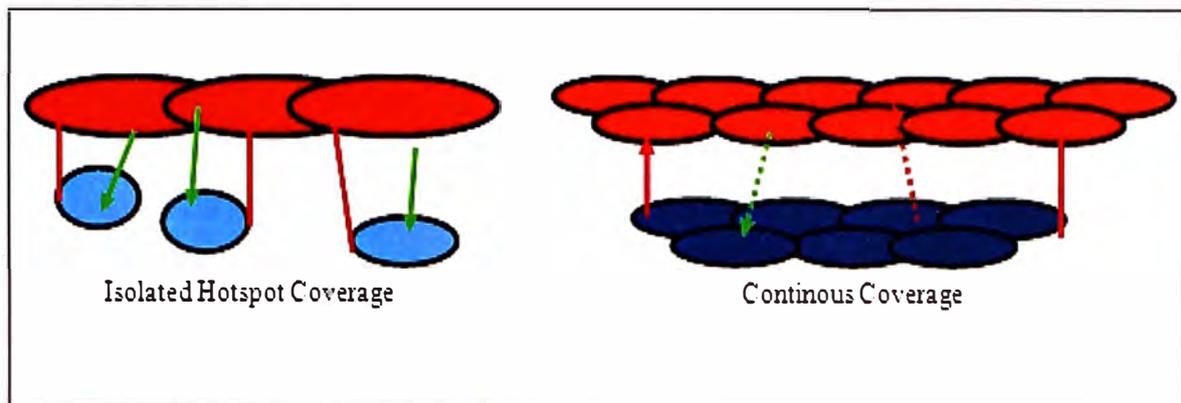
#### b) Área de Cobertura para Diferentes Capas

Adicionalmente el diseñador deberá decidir la expansión de la capacidad de las capas para esto tenemos 2 opciones básicas, cobertura por separada lo que se conoce como Hotspots (Pequeñas aéreas de cobertura) o cobertura continua como muestra la figura 3.4.

Hotspots (pequeñas áreas de coberturas) aislados son la solución adecuada para determinadas zonas de alto trafico que están lejos unos de otros. Este es la solución típica para las Microceldas instaladas dentro de los edificios o estaciones de tren, etc.

Cobertura continua deberá ser de preferencia en casos de áreas densas urbanas con extensa demandas de capacidad de tráfico de red. La capacidad de la celda deberá cubrir

toda el área.



**Figura3.4. Hostpost and Continuos layer coverage**

Los handovers deberán ser posibles desde una Microcelda a la siguiente celda para usar la máxima capacidad del sistema HCS (técnica de jerarquía). Un ejemplo típico es la cobertura del centro de una ciudad, este enfoque es también común para redes dual band. Una típica configuración inicial es de 2 capas de red, Macrocelas en 850MHZ para razones de cobertura y Macrocelas en 1900MHZ para razones de capacidad. Adicionalmente las estaciones celulares pueden ser añadidas dependiendo de la demanda, por ejemplo Microcelas en lugares o calles de negocios y Picoceldas dentro de edificios o centros bancarios, etc.

### 3.1.5 Definición de nivel de Prioridades dentro de HCS

Las prioridades pueden ser puestas a diferentes valores (del 0 al 15) para la celda servidora y para las celdas vecinas. Toda la estructura puede ser organizada sin ningún valor de prioridad absoluta para una celda, solo la relación entre la celda servidora y las celdas vecinas tienen que ser asignados correctamente.

El HCS permite una flexible asignación de prioridades en las celdas, si una llamada es entregada a una celda vecina, el estado de la celda es cambiado de la celda vecina hacia la celda servidora. La prioridad de la celda cambia en consecuencia de la prioridad del vecino a la prioridad del servidor. Dos diferentes valores de prioridad pueden ser asignados a una celda dependiendo del estado de la celda como servidor o vecino.

Para el primer paso de planeamiento es recomendable asignar adecuadamente los valores de prioridad correspondiendo a las capas de radio de cobertura de las células pertenecientes.

Una celda con alta prioridad se consigue con un valor pequeño de prioridad (PL o PLNC) y una Celda con baja prioridad se consigue con un valor alto de prioridad, como

muestra la siguiente figura 3.5. El rango de valores es de 0 a 15 con pasos de tamaño 1.

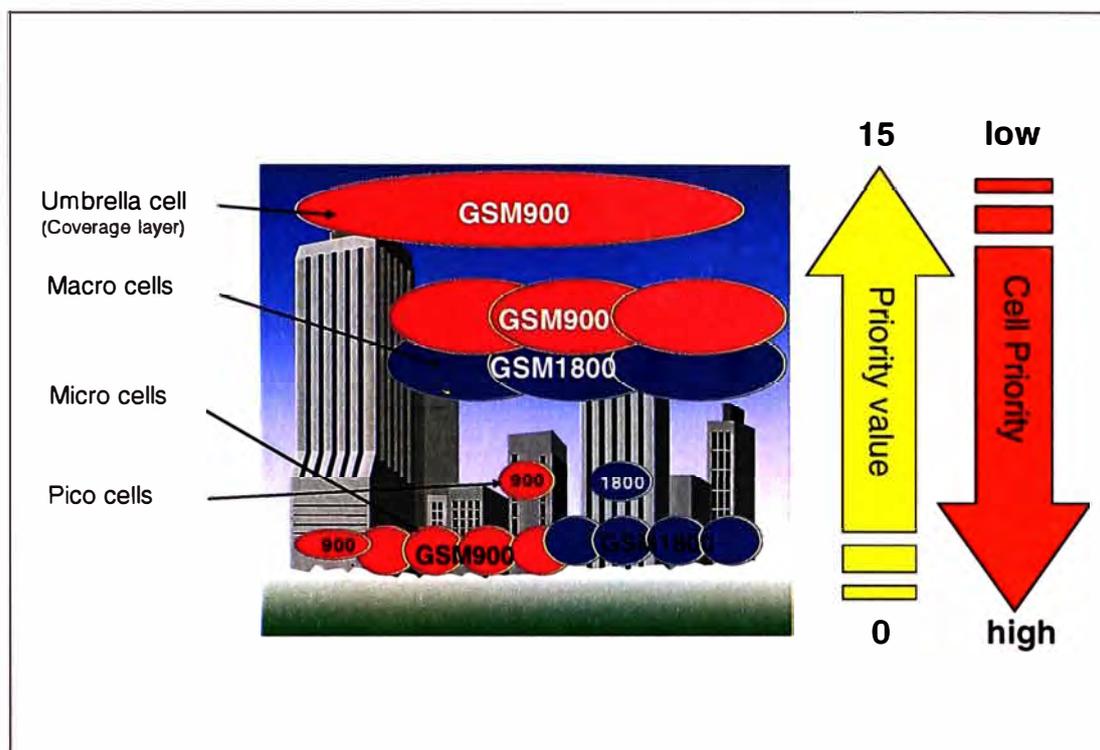


Figura3.5. Valores de prioridad y prioridad de las celdas (priority values and cell priority)

La siguiente abreviación para las prioridades de las celdas es introducida:

Celda servidora

Priority Layer = PL

Celdas vecinas

Priority Layer Neighbour Cell = PLNC (n)

### 3.1.6. Establecimiento de parámetros de prioridad

El concepto de una red de múltiples capas es normalmente basado en una Macrocelda RCL (radio coverage layer) el cual suministra suficiente cobertura en la red y en una Microcelda RCL el cual suministra una alta capacidad en ciertos lugares puntuales o en ciertas áreas de alta demanda. La inicial configuración de las prioridades para las celdas servidoras y celdas vecinas deberá ser orientada a una estructura RLC.

Para activar la funcionalidad del HCS el parámetro de EnableHierarchicalCellHo (HIERC) deberá ser puesto en TRUE en todas las celdas involucradas.

Si nosotros asumimos una red de 3 capas conteniendo por ejemplo una celda Umbrella, una Macrocelda y una Microcelda RCL, la posible configuración debería ser para:

Celda Servidora

Umbrella cell layer -----> PL = 13

Macrocell layer -----> PL = 9

Microcell layer -----> PL = 5

Y para Celdas Vecinas

Umbrella cell layer -----> PLNC = 13

Macrocell layer -----> PLNC = 9

Microcell layer -----> PLNC = 5

Como podemos observar las celdas con menor cobertura como las Microceldas son configuradas con mayor prioridad (Valor pequeño de prioridad) esto es para que tengan una mejor absorción de tráfico.

### 3.1.7. Parámetros generales utilizados en el HCS

En una estructura HCS se tiene en cuenta varios parámetros que acompaña a esta técnica de jerarquía (HIERC, PL, PLNC, etc.) que hemos venido mencionándolo a lo largo del informe, para un mejor desempeño y un mejor balance de trafico adicionalmente a la configuración de los parámetros de prioridades se darán a conocer algunos parámetros generales en un escenario HCS, como muestra la siguiente tabla 3.1.

**Tabla 3.1. Parámetros HCS**

Parámetro	Rango de Valores	Conversión del Rango
HIERC	True o false	0 ó 1
PL	0..15	0..15
PLNC	0..15	0..15
HOM	0..126	-63dBm a 63dBm
RXLEVMIN	0..63	-110dBm a -48dBm
TINHBAKHO	1..254	1seg a 254seg
HOLTHLVDL	0..63	-110dBm a -48dBm
HOLTHLVUL	0..63	-110dBm a -48dBm

**Hierarchical cell Handover (HIERC):** este parámetro debe ser puesto en 1 para que funcione el HCS, rango 0 o 1.

**Priority Layer (PL):** valor de prioridad de la celda servidora, rango (0 a 15).

**Priority Layer of neighbour (PLNC):** valor de prioridad de la celda vecina, rango (0 a 15).

**Handover margin (HOM):** margen de Handover, este debe ser ajustado para un mejor balance de trafico de voz, rango (0 a 126).

**Rx level minimum (RXLEVMIN):** valor mínimo en la cual el vecino es considerado como parte de la lista de vecinos de la celda servidora, rango (-110dBm a -48dBm).

**Timer to inhibit back handover (TINHBAKHO):** tiempo en el cual la celda servidora borra al vecino configurado de su lista de vecinos, rango (1s a 254s).

**Handover lower threshold level downlink (HOLTHLVDL):** este umbral está configurado generalmente en la celda vecina, de tal manera la celda con mayor prioridad realice un handover forzado por calidad en cierto nivel para evitar el arrastre de la llamada, rango (-110dBm a -48dBm).

**Handover lower threshold level uplink (HOLTHLVUL):** este umbral está configurado generalmente en la celda vecina, de tal manera la celda con mayor prioridad realice un handover forzado por calidad en cierto nivel para evitar el arrastre de la llamada, rango (-110dBm a -48dBm).

### 3.1.8. Proceso de Planeamiento de Prioridades.

El proceso de planeamiento en cuanto a asignar valores de prioridad son más y más complejos si el número de capas se incrementa, en muchas situaciones deberá ser considerado una búsqueda apropiada para asignar el valor de la prioridad. En la siguiente tabla 3.2 puede ser de ayuda como se muestra abajo, para cada celda en los cuales muestra teóricamente los posibles vecinos relacionados para una Celda Umbrella, Macrocela y Microcela.

**Tabla 0.2. Ejemplo de planeamiento de valores de prioridades para una celda.**

Serving Cell			
Cell Id	Layer Type	PL	
A	Macro	9	
Neighbor cells			
Cell ID	Layer Type	PL	PLNC
B	Macro	9	9
C	Macro	9	9
D	Micro	5	5
E	Micro	5	5
F	Micro	5	5
G	Umbrella	11	11

### 3.2. Procedimiento de selección de celda – Cell Selection (C1)

El proceso de selección toma un promedio de 5 muestras del nivel de señal recibido de

cada portadora y realizado por el móvil de 3 a 5 segundos, lo cual después de la toma del promedio, ordena a las portadoras en orden descendiente al nivel de señal tomado. Este tiene importancia en los siguientes puntos:

En el acceso de un móvil a una celda.

Para asociar a un móvil dentro de un área de cobertura.

Entrada de un móvil a un área de cobertura.

Una celda solo es seleccionada por el móvil cuando existe un nivel mínimo o mejor de calidad del enlace. También otro factor que se da en la selección es el parámetro Cell Bar Quality.

El parámetro CellBarQuality (CBQ), es usado para asignar prioridad a la celda para el proceso de cell Selection. Esto trabaja solo con Móviles de fase 2 (posteriormente explicaremos la definición de MS de fase 1 o 2). Una determinada celda de baja prioridad (en el sentido de cell selection) es solo seleccionada si esta celda está configurada con el parámetro de prioridad normal (CBQ=0), este parámetro puede ser usado para asignar alta prioridad a ciertos radios de cobertura. Por ejemplo ponemos CBQ=0 para pico celdas y Microceldas, y CBQ=1 (Baja prioridad de selección/Reselección) para todas las otras celdas.

La MS al intentar efectuar una Selección, buscará primero las celdas de Prioridad Normal (CBQ=0). Solamente si no se hallan esas celdas, la MS buscará las celdas de Prioridad Baja (CBQ=1), independientemente de quién es el mejor servidor.

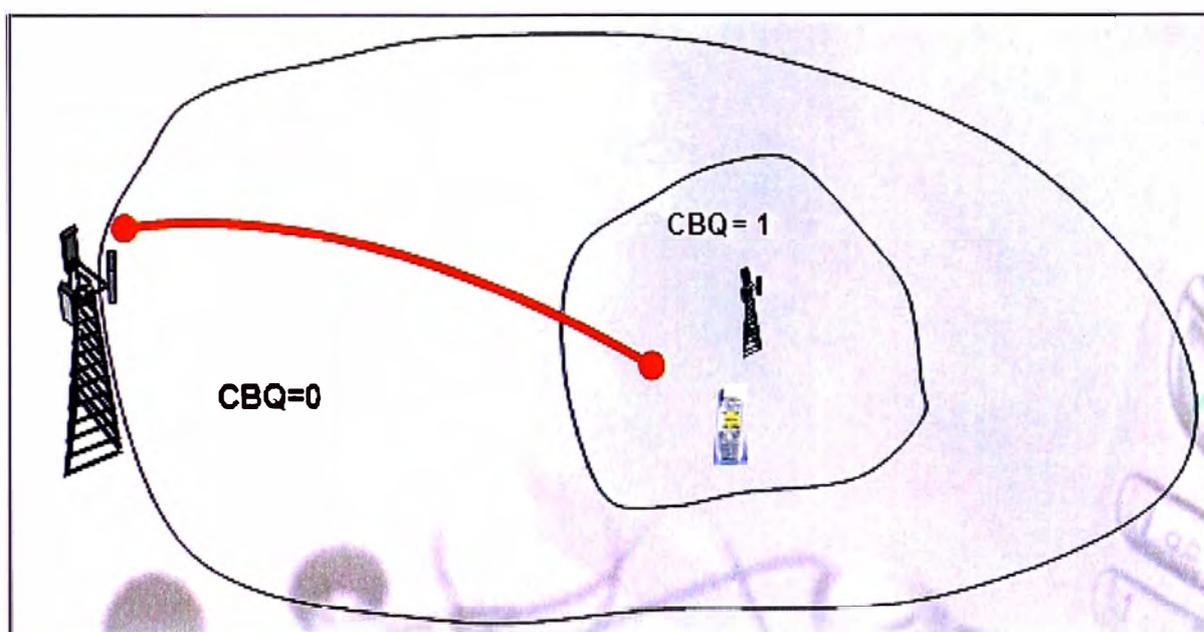


Figura3.6. Cell Bar Quality (CBQ)

### 3.3. Procedimiento de Re Selección de Celda – Cell Reselection (C2)

Una vez que el MS está seleccionado en una celda servidora (estando Idle Mode), él reselectiona otra celda más apropiada al detectar ciertas condiciones favorables. Desde el punto de vista del móvil (MS), vale la pena reselectionar una celda cuando el nivel de señal recibido de una vecina es mejor que el nivel de señal de la celda actual.

Los Móviles de fase 1 fueron los primeros móviles fabricados que trabajaron con los primeros features hasta antes del 1996, en 1997 entran al mercado los móviles de fase 2, con nuevos features como half rate, Fer, ect. Actualmente estamos en móviles de Fase 2 que incluye GPRS, EDGE, UMTS, dual band, etc. A continuación algunas funciones:

MS de fase 1: C1 vecina > C1 servidora.

MS de fase 2: Puede usar tanto el criterio C1 como el criterio C2, habilitado por el parámetro CELL\_RESSELECT\_PARAM\_IND (CRES pari) para este último. Este criterio C2 depende de un temporizador T, de un Tiempo de Penalización (PENTIME) y de los parámetros TEMPOFF e CRESOFF que explicaremos a continuación:

#### 3.3.1. Temporary Offset – TEMPOFF

Compensación temporal, este parámetro que es aplicada al criterio C2 mientras el temporizador no supere el Tiempo de Penalización (PENTIME). Al ser restado el valor de C1 ese parámetro reduce la prioridad del candidato. Range: 0 a 7 (Pasos de 1, Un.: 10 dB, 7=infinito, default=0).

#### 3.3.2. Temporizador – T

Temporizador es un timer iniciado en el MS para cada celda en la lista compuesta de las 6 celdas pertenecientes a la lista de vecindad que posean los mayores niveles de señal. Este contador es reiniciado si una de esas celdas es removida de esta lista. Este temporizador no es un parámetro como tal, pero es un timer que se inicia y finaliza dependiendo del valor del parámetro PENTIME.

#### 3.3.3. Tiempo de Penalización – PENTIME

Tiempo de penalización, este parámetro define un tiempo de penalización para el funcionamiento de re-selección (C2), en la cual responde a la siguiente ecuación:

$$\text{TIEMPO\_PENALIZACION} = 20 + 20 * \text{PENTIME}$$

Range: 0 a 31, Pasos de 1, Un: 20, Default: 0 (= 20 seg.).

### 3.3.4. Cell Reselect Offset – CRESOFF

Parámetro que es añadido a la C1, aumentando tanto la prioridad de las celdas incluidas en la lista de los 6 vecinos más fuertes en cuanto a la prioridad de la celda servidora. Todos los vecinos son penalizados con un tiempo durante el cual no son seleccionables de re-selección, una vez que se termina ese tiempo se incrementa la prioridad de selección de dicha celda, si un usuario va lento, el PENTIME de una microcelda se agota y el usuario puede adherirse a esa celda, en el caso de usuarios veloces el Pentime todavía no se ha agotado y la microcelda ya no está dentro del alcance por lo cual el usuario se mantiene en la macro celda cuyo Pentime aún no expira.

Range: 0 a 63 (Pasos de 1, Un.: 2 dB) Default:0 , Sugerido: 2 (= 4dB).

Durante el PENTIME ( $T < \text{PENTIME} < 31$ ) un TEMPOFF negativo es aplicado en el criterio C2 referente al respectivo candidato como muestra la siguiente ecuación:

$$C2 = C1 + \text{CRESOFF} - \text{TEMPOFF}$$

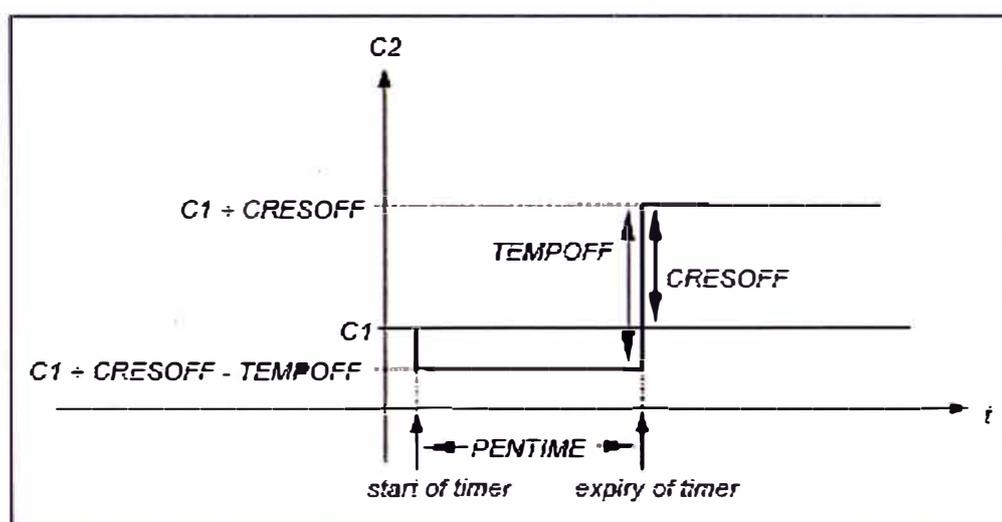


Figura3.7. Esquema de funcionamiento de C2

### 3.4. Mejor celda para Handover (Better Cell Handover)

La Combinación de los algoritmos de HCS y Better Cell Handover, dan la posibilidad para que las llamadas puedan realizar handover's de celdas con baja prioridad hacia celdas con igual o alta prioridad.

Generalmente las celdas de amplia cobertura (Umbrella o Macrocelas) sufren de congestión. Considerando celdas con baja cobertura como microcelas y Picoceladas, estas son capaces de ayudar y manejar la carga alta de tráfico en ciertos puntos de la red. Por lo tanto gracias a las técnicas de jerarquía (HCS) el tráfico es direccionado a celdas con la

capacidad para manejar alta carga de tráfico.

Un móvil es servido por una Macrocela y será traspasado (Handover) a una celda Vecina con un nivel de prioridad igual o superior. La máxima prioridad como una recomendación es asignarla a Picoceldas seguido por las Microceldas.

Como última opción configurar las celdas vecinas con la misma prioridad de la celda servidora, a excepción de la celda al cual se requiere pasar tráfico (Microcela).

Un Handover a una celda con igual prioridad será realizado si la celda con mayor prioridad no está disponible y la celda vecina (igual prioridad) es satisfactorio con el criterio de mejor celda dependiendo del margen de handover (HOM).

Un Handover a una celda con alta prioridad, tiene alta prioridad si la celda vecina está cumpliendo con el criterio de mejor vecino. Si el Margen de Handover (HOM) es un valor negativo alto, la llamada realiza un handover a la celda con mayor prioridad siempre y cuando el vecino exceda el valor de  $Rxlevmin$ .

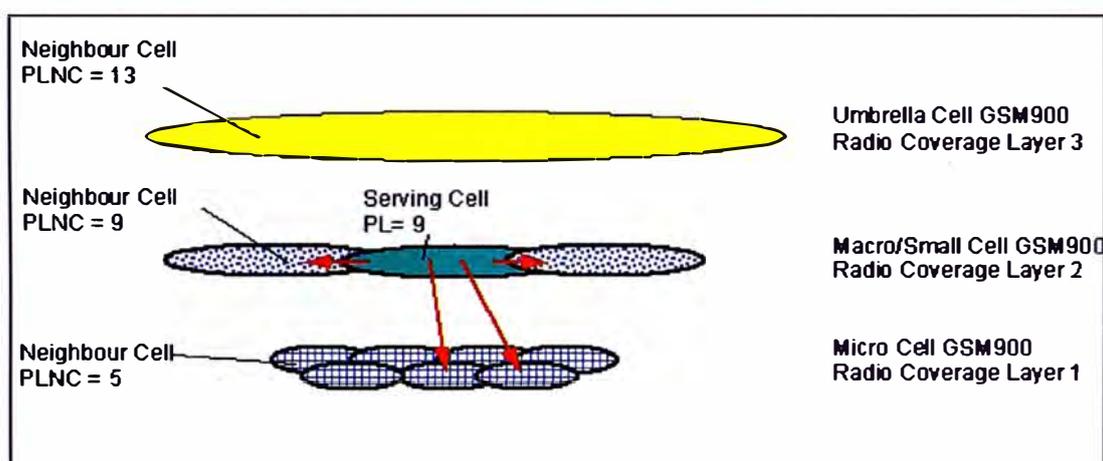


Figura3.8. Better cell handover directions in a single band multiple layer network.

### 3.5. Funcionamiento de Handover en una estructura HCS

#### 3.5.1. Descripción General

El algoritmo de handover dentro del HCS será equivalente al procedimiento de Handover sin HCS. Los procedimientos de H.O en BSS siemens se dividen en: Detección de Handover y Generación de lista de celdas destino.

Estas partes incluyendo procesamientos de los móviles y mediciones reportadas por la Estación Base, estas son ejecutadas por la Estación Base.

La estación base envía condiciones de H.O indicando a la BSC la causa de H.O ya sea un handover intercell o un handover intracell. LA evaluación de la TCL y del asignamiento de canal es ejecutado en la BSC o MSC.

Nos referimos con handover intercell cuando la llamada pasa de una celda a otra y handover intracell cuando la llamada es pasada de un time slot a otro de la misma celda.

### **3.5.2. Detección de Handover**

La detección de H.O es disparado por unas pocas condiciones de H.O. La funcionalidad de Handover y los procesos son descritos en detalle en el documento de descripción de H.O, el cual no se dará detalle por no ser el alcance de la presente tesis. Básicamente hay 3 grupos principales de H.O dentro de la filosofía de H.O en Siemens.

Handover Imperativo (Quality, Level, Distance), de tipo mandato.

Mejor celda para Handover (Nivel suficiente – HOM; Power Budget).

Handover Forzado (Directed Retry) debido a Congestion.

### **3.5.3. Generación de la lista de celda destino**

La lista de celda destino o lista de vecinos es generado cuando una causa de Handover es detectado. Las posibles celdas destino son solo las celdas declaradas como celdas vecinas de la celdas servidora respectivamente. Ciertas condiciones serán evaluadas por la celda vecina para ser considerada candidata para la realización del handover.

Esta lista de celda destino es generada en llamada, de acuerdo a ciertas evaluaciones reportadas por el móvil cada 3 seg, en la cual se toma diferentes parámetros como por ejemplo; prioridad de capa, nivel de señal, distancia, calidad, etc.

## CAPITULO IV. ANÁLISIS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

### 4.1. Descripción de la Red GSM Dual Band 850/1900MHZ Lima

Las técnicas de balanceo de tráfico son aplicables en cualquier momento de crecimiento de la red, pues se toma en consideración que tanto tráfico cursado esta en ese momento. En el momento que se aplicaron las técnicas de jerarquía para la Red dual band de Lima, presentaba 459 sitios distribuidos en 22 BSC y 4 MSC como muestra el siguiente cuadro:

**Tabla 4.1 Distribución de BSCs y MSCs**

MSS01LV	MSS01MA	MSS01MI	MSS02LV	MSS02MI	MSS03LV
BSC01SLV	BSC02SLV	BSC01SMI	BSC01SMA	BSC10SMA	BSC03SMA
BSC03SLV	BSC08SMA	BSC07SMA	BSC02SMA	BSC11SMA	BSC04SMA
	BSC09SMA		BSC04SLV		BSC05SLV
	BSC10SLV		BSC05SMA		BSC06SLV
			BSC06SMA		BSC07SLV
			BSC09SLV		BSC08SLV

Por ser una red dual band (850/1900MHZ), se tiene en la actualidad asignados 2 porciones del espectro:

Para la banda 850MHZ, se tiene 5.4MHZ de ancho de banda, lo cual permite 27 canales de 200KHZ, las cuales están asignadas un rango para canal de control y otro rango para hopping, como muestra la tabla 4.2.

**Tabla 4.2. Distribución de Frecuencias para la banda de 850 MHZ.**

CANALES	TIPO	UPLINK(MHZ)	DOWNLINK(MHZ)
128	BCCH/HOP	824.2	869.2
129	BCCH/HOP	824.4	869.4
130	BCCH/HOP	824.6	869.6
131	BCCH/HOP	824.8	869.8
132	BCCH/HOP	825	870

133	BCCH/HOP	825.2	870.2
134	BCCH/HOP	825.4	870.4
135	BCCH/HOP	825.6	870.6
136	HOP	825.8	870.8
162	HOP	831	876
163	BCCH/HOP	831.2	876.2
164	BCCH/HOP	831.4	876.4
165	BCCH/HOP	831.6	876.6
166	BCCH/HOP	831.8	876.8
167	BCCH/HOP	832	877
168	BCCH/HOP	832.2	877.2
169	BCCH/HOP	832.4	877.4
170	BCCH/HOP	832.6	877.6
179	BCCH/HOP	834.4	879.4
180	BCCH/HOP	834.6	879.6
181	BCCH/HOP	834.8	879.8
233	BCCH/HOP	845.2	890.2
234	BCCH/HOP	845.4	890.4
235	BCCH/HOP	845.6	890.6
236	BCCH/HOP	845.8	890.8
237	BCCH/HOP	846	891
238	BCCH/HOP	846.2	891.2

Para la banda de 1900MHZ se tiene 12.4MHZ de ancho de banda, lo cual permite 62 canales de 200KHZ, las cuales están asignadas un rango para canal de control y otro rango para hopping, como muestra la tabla 4.3.

**Tabla 4.3. Distribución de Frecuencias para la banda de 1900 MHZ.**

CANALES	TIPO	UPLINK(MHZ)	DOWNLINK(MHZ)
612	LIBRE	1870.2	1950.2
613	HOP	1870.4	1950.4
614	HOP	1870.6	1950.6
615	HOP	1870.8	1950.8
616	HOP	1871	1951
617	HOP	1871.2	1951.2
618	HOP	1871.4	1951.4
619	HOP	1871.6	1951.6
620	HOP	1871.8	1951.8
621	HOP	1872	1952
622	LIBRE	1872.2	1952.2
623	HOP	1872.4	1952.4
624	HOP	1872.6	1952.6
625	HOP	1872.8	1952.8

626	HOP	1873	1953
627	HOP	1873.2	1953.2
628	HOP	1873.4	1953.4
629	HOP	1873.6	1953.6
630	HOP	1873.8	1953.8
631	HOP	1874	1954
632	GUARDA	1874.2	1954.2
633	BCCH	1874.4	1954.4
634	BCCH	1874.6	1954.6
635	BCCH	1874.8	1954.8
636	BCCH	1875	1955
637	BCCH	1875.2	1955.2
638	BCCH	1875.4	1955.4
639	BCCH	1875.6	1955.6
640	BCCH	1875.8	1955.8
641	BCCH	1876	1956
642	BCCH	1876.2	1956.2
643	BCCH	1876.4	1956.4
644	BCCH	1876.6	1956.6
645	BCCH	1876.8	1956.8
646	BCCH	1877	1957
647	BCCH	1877.2	1957.2
648	BCCH	1877.4	1957.4
649	BCCH	1877.6	1957.6
650	BCCH	1877.8	1957.8
651	BCCH	1878	1958
652	GUARDA	1878.2	1958.2
653	HOP	1878.4	1958.4
654	HOP	1878.6	1958.6
655	HOP	1878.8	1958.8
656	HOP	1879	1959
657	HOP	1879.2	1959.2
658	HOP	1879.4	1959.4
659	HOP	1879.6	1959.6
660	HOP	1879.8	1959.8
661	HOP	1880	1960
662	LIBRE	1880.2	1960.2
663	HOP	1880.4	1960.4
664	HOP	1880.6	1960.6
665	HOP	1880.8	1960.8
666	HOP	1881	1961
667	HOP	1881.2	1961.2
668	HOP	1881.4	1961.4
669	HOP	1881.6	1961.6

670	HOP	1881.8	1961.8
671	HOP	1882	1962
672	HOP	1882.2	1962.2
673	LIBRE	1882.4	1962.4

Como podemos observar existen más frecuencias en general en banda 1900MHZ que en banda 850MHZ para la tecnología GSM, esta última banda se vio afectada por el ingreso de la tecnología UMTS, obligando a reducir 5Mhz del espectro en banda 850MHZ de la red GSM quedando actualmente 5.4MHZ de espectro en banda 850MHZ como se comento anteriormente. Esto llevo a que se realizara un mejor planeamiento de frecuencia con técnicas avanzadas de planeamiento, para mejorar o mantener la calidad de la voz.

Cabe mencionar que al tener un mayor espectro como el caso de la banda 1900MHZ, se puede realizar un mejor planeamiento de frecuencia y de dimensionamiento (cantidad de radios), esto trae consigo una mejor calidad en las llamadas y por lo tanto un mejor performance de la red.

#### 4.2. Descripción de la Zona de Análisis

En el presente informe mostraremos una estadística general de toda RED, en el momento en el cual se activaron los parámetro de jerarquía, para después pasar a explicar detalladamente una celda en particular, el cual lleva la misma configuración de todas las otras celdas en la red, de esta manera podamos entender mejor las técnicas de jerarquía (parámetros HCS) y como estas hacen posible el balanceo de tráfico.

Esto nos lleva a pensar que las técnicas de balanceo de trafico que si bien es cierto tienen como función principal el balance de tráfico, indirectamente mejora la calidad de las llamadas, esto debido a que los usuarios están más tiempo enganchados a una red GSM en banda 1900MHZ la cual está espectralmente más limpia por presentar un mayor espectro, nos referimos a la red Dual band GSM 850/1900MHZ de telefónica movistar en Lima.

La figura 4.1, muestra las ubicaciones geográficas de las estaciones como también la distribución de estas por BSC's y MSC's en la red GSM dual band 850/1900MHZ de telefónica movistar en la ciudad de Lima. Cada separación de las líneas gruesas de color azul representa las fronteras entre BSC's y las estaciones pintadas de un mismo color representa que son controladas por una misma MSC.

También podemos observar en la figura4.1 las diferentes zonas de la ciudad de lima, en el cual la densidad de estaciones varía según la granularidad de estas, mas adelante demostraremos que en zonas de mayor densidad de estación, los parámetros de balanceo



BSC07SLV	LI008	BEATRIZ		BSC03SMA	LI242	COLONIAL
BSC03SMA	LI009	DANSEY		BSC05SLV	LI243	LOS_PERROS
BSC02SLV	LI010	ARRIOLA		BSC08SLV	LI244	VICTORIA
BSC11SMA	LI011	ASIA		BSC06SMA	LI245	VILLAMARIA
BSC01SMI	LI012	AURORA		BSC09SLV	LI246	CONCHITAS
BSC03SMA	LI013	INGENIERIA		BSC02SLV	LI247	VILLARAN
BSC02SMA	LI014	BARRANCA		BSC07SMA	LI248	VINZOS
BSC06SMA	LI015	COLINA		BSC10SLV	LI249	VITARTE
BSC06SLV	LI016	B_ALTOS		BSC04SLV	LI250	VIVANCO
BSC02SLV	LI017	CHACARILLA		BSC10SMA	LI251	VOLVO
BSC04SMA	LI018	BEGONIAS		BSC03SMA	LI252	WASHINGTON
BSC03SMA	LI020	BELLAUNION		BSC07SMA	LI253	ZAFIROS
BSC07SMA	LI021	BERTOLOTTO		BSC05SLV	LI254	ZAPALLAL
BSC02SLV	LI022	NAVAL		BSC10SMA	LI255	ZARATE
BSC02SLV	LI023	PENTAGONITO		BSC10SMA	LI256	CHIMU
BSC04SLV	LI024	CAMINO_INCA		BSC03SMA	LI257	UNION
BSC03SMA	LI025	DUENAS		BSC02SMA	LI258	CRUCES GRANDES
BSC04SLV	LI026	VENTURO		BSC05SMA	LI259	LOYOLA
BSC10SLV	LI027	CALIFORNIA		BSC05SMA	LI260	MANCHAY
BSC03SLV	LI028	CALLAO		BSC02SMA	LI261	ALBUFERA
BSC02SLV	LI029	QUINONES		BSC07SMA	LI262	PERSHING
BSC06SLV	LI031	ATENTO		BSC01SMA	LI263	CAJATAMBO
BSC02SLV	LI032	LIMATAMBO		BSC01SMA	LI264	CANTA
BSC04SLV	LI033	ALBORADA		BSC10SLV	LI265	CASAPALCA
BSC01SMI	LI034	PLASCENCIA		BSC01SMA	LI266	OYON
BSC08SLV	LI035	VIDENA		BSC10SLV	LI267	SAN_MATEO
BSC11SMA	LI036	CANETE		BSC10SLV	LI268	SUCHE
BSC01SMA	LI037	PORRAS		BSC01SMA	LI269	YANGAS
BSC05SMA	LI038	VINAS		BSC04SMA	LI270	SEGUROS_PACIFICO
BSC04SLV	LI039	CAPULLANA		BSC05SMA	LI272	UNIFE
BSC06SLV	LI040	CARABAYA		BSC03SLV	LI273	PERU
BSC08SMA	LI041	CARABAYLLO		BSC10SLV	LI274	CONDOROS
BSC01SMI	LI042	JR_CARAZ		BSC07SLV	LI275	IPSS
BSC01SMI	LI043	CARRILLO		BSC04SMA	LI276	ARAMBURU
BSC04SMA	LI044	LINCE		BSC01SMI	LI277	BENAVIDES
BSC03SLV	LI045	JR_TALARA		BSC08SLV	LI278	NIETO
BSC01SMI	LI046	CEDROS		BSC04SLV	LI279	CORTIJO
BSC06SMA	LI047	TRESMARIAS		BSC02SMA	LI280	HUACHO
BSC09SLV	LI048	CEMENTOS		BSC06SMA	LI281	BARRANCO
BSC06SLV	LI049	AV_ABANCAY		BSC03SMA	LI282	IQUIQUE
BSC02SMA	LI050	DIENTE		BSC03SMA	LI283	VARELA

BSC05SLV	LI051	GRANDE		BSC02SLV	LI284	FELIPE
BSC02SLV	LI052	CERVELLI		BSC08SMA	LI285	PRAIDO
BSC04SLV	LI053	PRIMAVERA		BSC01SLV	LI286	IZAGUIRRE
BSC06SLV	LI054	CHALACO		BSC07SMA	LI287	HERRERA
BSC03SMA	LI055	CHAMAYA		BSC05SMA	LI288	APARICIO
BSC02SMA	LI056	CHANCAY		BSC06SMA	LI289	PARRALES
BSC07SLV	LI057	CHAVEZ		BSC09SMA	LI290	LIBERTAD I
BSC05SMA	LI058	CIENEGUILLA		BSC02SMA	LI291	BARRANCA2
BSC08SLV	LI059	CISNEROS		BSC08SLV	LI292	VALDIVIESO
BSC04SLV	LI060	SAN_JUAN		BSC10SMA	LI293	CHANCAS
BSC06SMA	LI061	REGATAS		BSC08SMA	LI294	UCHUMAYO
BSC08SMA	LI062	COLLIQUE		BSC05SMA	LI295	BUCARAMANGA
BSC03SLV	LI063	CONDEVILLA		BSC06SLV	LI296	MINISTERIO_PUBLICO
BSC06SLV	LI064	FLEXENT_CONGRESO_2		BSC07SLV	LI297	FAP_28DEJULIO
BSC04SMA	LI065	CORPAC		BSC10SLV	LI298	RAUCANA
BSC09SLV	LI066	CORVINA		BSC11SMA	LI299	URA_IMPERIAL
BSC01SMI	LI067	COSTAVERDE		BSC01SMA	LI300	ESPECIALES
BSC03SLV	LI068	SAENZ_PENA		BSC04SMA	LI301	DAMMERT
BSC11SMA	LI069	CULEBRAS		BSC04SLV	LI302	MATAMOROS
BSC01SMI	LI070	DELFINES		BSC05SMA	LI303	GOLF LA PLANICIE
BSC04SLV	LI071	ENCALADA		BSC04SLV	LI304	CASUARINAS
BSC04SMA	LI072	PARQUE		BSC01SLV	LI305	MEGAPLAZA
BSC05SMA	LI073	REMANSO		BSC06SLV	LI306	GRAU
BSC08SLV	LI074	TREBOL		BSC01SLV	LI307	TAHUANTINSUYO
BSC01SMI	LI075	ESPINAR		BSC03SLV	LI308	TOTTUS
BSC01SMI	LI076	FATIMA		BSC06SMA	LI309	PLAZA SUR
BSC01SLV	LI077	FIORI		BSC01SMA	LI310	SOL
BSC04SMA	LI078	UGARTE		BSC07SLV	LI311	ESTADIO
BSC05SMA	LI079	FONTANAR		BSC09SLV	LI312	GALVEZ
BSC10SMA	LI080	FORTALEZA		BSC10SMA	LI313	QUIROZ_TRAF
BSC06SLV	LI081	FRANCIA		BSC01SMA	LI315	UCHUCHACUA
BSC02SLV	LI082	FRATERNIDAD		BSC03SLV	LI316	CAPSA
BSC04SMA	LI083	AMERICAS		BSC09SLV	LI317	VILLA DEL SALVADOR 1
BSC08SLV	LI084	GUIZADO		BSC09SLV	LI318	VILLA DEL SALVADOR 2
BSC07SLV	LI085	GARZON		BSC09SLV	LI319	VILLA DEL SALVADOR 3
BSC07SMA	LI086	CHALACA		BSC11SMA	LI320	URA_CANETE
BSC07SLV	LI087	GUISSE		BSC10SMA	LI321	BACKUS
BSC07SLV	LI088	HERAS		BSC08SMA	LI322	CHILLON
BSC04SLV	LI089	HIGUERETA		BSC10SLV	LI323	PLANTA_GLORIA
BSC10SLV	LI090	HUACHIPA		BSC06SMA	LI324	PLAZA SUR II
BSC06SLV	LI091	IMPERIO		BSC08SLV	LI325	JOCKEY_PLAZA

BSC02SMA	LI092	HUARAL
BSC10SLV	LI093	CARAPONGO
BSC06SMA	LI094	CHORRILLOS
BSC11SMA	LI095	IHUANCO
BSC03SMA	LI096	INDUSTRIAL
BSC05SMA	LI097	INGENIEROS
BSC07SLV	LI098	JESUS_MARIA
BSC07SLV	LI099	JOSE_LEAL
BSC04SMA	LI100	ARONA
BSC06SLV	LI101	JUSTICIA
BSC06SMA	LI102	KM14_SUR
BSC05SMA	LI103	LA_CABANA
BSC07SMA	LI104	FERIA
BSC07SMA	LI105	CUEVA
BSC07SMA	LI106	SUCRE
BSC05SMA	LI107	MOLINA
BSC07SMA	LI108	LA_PAZ
BSC07SMA	LI109	RAZZURI
BSC05SMA	LI110	LA_PLANICIE
BSC03SLV	LI111	LA_PUNTA
BSC06SLV	LI112	LAMPA
BSC08SLV	LI113	LANDA
BSC01SMI	LI114	LA_HACIENDA
BSC01SMI	LI115	FLEXENT_LARCOMAR
BSC07SLV	LI116	LAWN_TENIS
BSC01SMA	LI117	FLORES
BSC04SLV	LI118	PALMAS
BSC06SMA	LI119	ESCUELA
BSC04SLV	LI120	INMACULADA
BSC07SLV	LI121	CANDAMO
BSC04SLV	LI122	LOMA
BSC01SLV	LI123	MENDIOLA
BSC07SMA	LI124	LOZADA
BSC11SMA	LI125	LUNAHUANA
BSC09SLV	LI126	LURIN_ET
BSC09SLV	LI127	LURIN
BSC03SMA	LI128	LUYO
BSC07SMA	LI129	MAGDALENA
BSC02SLV	LI130	MAGNOLIAS
BSC06SLV	LI131	MANZANOS
BSC01SMA	LI133	CACERES
BSC07SMA	LI326	URA_SAN_JOSE
BSC01SLV	LI327	G_UNGER
BSC01SLV	LI328	UNIVERSITARIA
BSC01SLV	LI329	AZUCENAS
BSC09SMA	LI330	CHUQUITANTA
BSC01SLV	LI331	DAMASCO
BSC08SMA	LI333	CERRO_EL_ZORRO
BSC08SMA	LI334	JAPON
BSC09SLV	LI335	MICAELA_BASTIDAS
BSC03SLV	LI336	FAUCCTET
BSC03SMA	LI337	SAN_ORLANDO
BSC01SMA	LI338	CALLE_18
BSC07SMA	LI339	JUAN_XXIII
BSC04SMA	LI340	F_TERRY
BSC07SLV	LI341	JB_MEZA
BSC08SLV	LI342	MOCHICA
BSC01SLV	LI343	HIEDRA
BSC09SMA	LI344	EULOGIO_FERNANDINI
BSC04SMA	LI345	RIVERA_NAVARRETE
BSC10SLV	LI346	CHOSICA
BSC04SLV	LI347	ALTIPLANO
BSC09SLV	LI348	GUARDIA_REPUBLICANA
BSC04SLV	LI349	VALLECITO
BSC03SLV	LI350	CHICMABAMBA
BSC08SMA	LI351	CERRO_HUARANGAL
BSC06SLV	LI352	CENTRO_CIVICO
BSC11SMA	LI353	BOULEVARD_ASIA
BSC11SMA	LI354	TOTORITAS
BSC11SMA	LI355	MALPASO
BSC11SMA	LI356	PUERTO_VIEJO
BSC11SMA	LI357	BUJAMA
BSC11SMA	LI358	PLAYA_BONITA
BSC10SLV	LI359	URA_HUAYCAN
BSC06SLV	LI360	PALACIO_MUNICIPAL
BSC06SMA	LI361	JR_ANCASH
BSC04SMA	LI362	BBVA
BSC02SMA	LI363	URA_CHURIN
BSC11SMA	LI364	CALANGO
BSC10SLV	LI365	FUNDO_BARBADILLO
BSC05SMA	LI366	URA_CIENEGUILLA
BSC04SLV	LI367	DIEGO_FERRER

BSC03SMA	LI134	CORNEJO		BSC08SLV	LI368	ALIANZA
BSC10SLV	LI135	MATUCANA		BSC01SLV	LI369	OLAVIDE
BSC01SMI	LI136	MAURTUA		BSC01SMA	LI371	GALIAS
BSC05SMA	LI137	MONUMENTAL		BSC01SMA	LI373	ASBESTOS
BSC07SLV	LI138	MEXICO		BSC10SMA	LI374	MANGOMARCA
BSC07SLV	LI139	MILLAN		BSC01SLV	LI376	URA_LOS_OLIVOS
BSC03SLV	LI140	MINKA		BSC02SLV	LI378	ITURREGUI
BSC01SMI	LI141	GRIMALDO		BSC01SMI	LI379	HOTEL_MARRIOT
BSC03SLV	LI142	MOLINOS		BSC05SLV	LI380	STA_MARCELA
BSC08SLV	LI143	U_DE_LIMA		BSC04SMA	LI381	BCP_SAN_ISIDRO
BSC06SMA	LI144	MORRO		BSC03SMA	LI383	MTC
BSC01SMI	LI145	MOVILINE		BSC02SMA	LI384	SAYAN
BSC04SLV	LI146	POLO		BSC04SMA	LI385	BANCO_DE_LA_NACION
BSC10SLV	LI147	NANA		BSC05SLV	LI386	CERRO_VELA
BSC01SLV	LI148	NARANJAL		BSC01SMA	LI387	TACAYMANO
BSC02SMA	LI149	NEGRITOS		BSC03SLV	LI388	PICHER
BSC05SMA	LI150	NESTLE		BSC03SLV	LI389	ERMO_SANTA_LUCIA
BSC06SMA	LI151	MATELINI		BSC03SLV	LI390	BALSAMO
BSC01SMI	LI152	GUTIERREZ		BSC04SMA	LI391	RIPLEY_SAN_ISIDRO
BSC08SLV	LI153	OBREROS		BSC09SLV	LI392	MAMACONA
BSC01SLV	LI154	OLIVOS		BSC09SLV	LI393	LA_TIZA
BSC07SLV	LI155	PAREDES		BSC10SMA	LI394	CAMPOY
BSC03SLV	LI156	OQUENDO		BSC01SLV	LI395	FRAGUAS
BSC01SMI	LI157	CORDOVA		BSC08SLV	LI396	CARBAJAL
BSC05SMA	LI158	FLAMENGOS		BSC01SMA	LI397	RUIBARDOS
BSC09SLV	LI159	PACHACAMAC		BSC10SLV	LI398	SALAZAR
BSC06SMA	LI160	EL_SOL		BSC06SMA	LI399	CAMPINA
BSC03SLV	LI161	A_GAMARRA		BSC05SMA	LI400	FELICIA
BSC06SLV	LI162	FLEX_PALACIO_DE_JUSTICIA		BSC06SMA	LI401	TRIUNFADORES
BSC01SMI	LI163	MIRAFLORES		BSC09SLV	LI402	FERROCARRIL
BSC03SMA	LI164	PALAO		BSC08SLV	LI403	CHUSIS
BSC05SLV	LI165	PAMPILLA		BSC06SMA	LI404	CATAUNA
BSC04SLV	LI166	GARDENIAS		BSC03SMA	LI405	PUCP
BSC01SMI	LI167	PARADISE		BSC04SMA	LI406	BIF
BSC02SMA	LI168	PARAMONGA		BSC04SMA	LI407	BANCO_COMERCIO
BSC01SMI	LI169	SHOW_ROOM		BSC02SLV	LI408	SAN_BORJA_1
BSC06SMA	LI170	PARQUEBAJO		BSC02SLV	LI409	SAN_BORJA_2
BSC06SLV	LI171	JR_PUNO		BSC05SMA	LI410	BUCARE
BSC06SLV	LI172	PARURO		BSC04SMA	LI412	LA_POSITIVA
BSC07SLV	LI173	CAPECO		BSC10SLV	LI413	HUAROCHIRI
BSC04SMA	LI174	GEOGRAFICO		BSC11SMA	LI414	URA_QUILMANA

BSC04SMA	LI175	PERRICHOLI	BSC07SMA	LI415	BOLIVAR
BSC07SMA	LI176	CARRION	BSC01SLV	LI418	7_DE_MAYO
BSC07SMA	LI177	ECHENIQUE	BSC09SLV	LI421	PUCUSANA
BSC04SMA	LI178	PETROPERU	BSC05SMA	LI423	MESA_DE_PIEDRA
BSC11SMA	LI179	MALA	BSC02SMA	LI425	URA_PATIVILCA
BSC06SLV	LI180	PIEROLA	BSC10SMA	LI428	INTI
BSC04SMA	LI181	PINOS	BSC04SLV	LI429	PAGADOR
BSC01SMI	LI182	PIZZAS	BSC08SMA	LI430	ENRIQUE
BSC07SMA	LI183	PESCADORES	BSC07SMA	LI431	TURMALINA
BSC03SMA	LI184	PORTUGAL	BSC04SLV	LI433	JARAMILLO
BSC08SLV	LI185	PORVENIR	BSC03SMA	LI434	PILCOMAYO
BSC04SMA	LI186	PRAGA	BSC02SMA	LI435	TRES_ARCOS
BSC10SMA	LI187	PTE_NUEVO	BSC03SMA	LI437	VIGIL
BSC02SMA	LI188	VEGUETA	BSC06SLV	LI439	CIBELES
BSC09SMA	LI189	PRO	BSC06SLV	LI440	ANGEL
BSC08SMA	LI190	PROLIMA	BSC09SMA	LI441	STA_MONICA
BSC04SLV	LI191	ATOCONGO	BSC10SMA	LI442	CASCANUECES
BSC01SMI	LI192	BUTTERS	BSC08SLV	LI443	SALAMANCA
BSC05SLV	LI193	EL_TROME	BSC01SMI	LI444	DELUCHI
BSC08SMA	LI194	CHOQUE	BSC02SLV	LI445	LUCUMA
BSC11SMA	LI195	CORRIENTES	BSC05SLV	LI478	URA_PTE_PIEDRA
BSC09SLV	LI196	MIRAMAR	BSC05SLV	LI479	URA_ANCON
BSC09SLV	LI197	BOTIJA	BSC11SMA	LI480	URA_SAN_LUIS
BSC09SLV	LI198	QUIPA	BSC09SLV	LI700	PULPOS
BSC03SLV	LI199	RANSA	BSC05SLV	LI701	MGP_ANCON
BSC03SLV	LI200	REAL_FELIPE	BSC11SMA	LI702	LAPA_LAPA1
BSC09SMA	LI201	RETABLO	BSC11SMA	LI703	LAPA_LAPA2
BSC06SLV	LI202	REYNA_FARGE	BSC11SMA	LI704	MISTERIO1
BSC03SLV	LI203	REYNOSO	BSC11SMA	LI705	MISTERIO2
BSC06SMA	LI204	RICHARDSON	BSC04SMA	LI706	CHOCAVENTO
BSC06SLV	LI205	RIMAC	BSC04SMA	LI707	EDIFICIO_RIMAC
BSC02SLV	LI206	J_PRADO	BSC05SLV	LI708	CENIZA1_A
BSC05SMA	LI207	ROSALES	BSC05SLV	LI709	CENIZA1_B
BSC04SMA	LI208	CANAVAL	BSC10SLV	LI710	DURAZNOS3_A
BSC07SLV	LI209	AV_IQUITOS	BSC10SLV	LI711	DURAZNOS3_B
BSC11SMA	LI210	LA VIRGEN	BSC09SLV	LI712	HUAYNA_CAPAC1
BSC02SLV	LI211	ARTES	BSC01SMA	LI713	NOGALES2_A
BSC01SMA	LI212	HILARION	BSC01SMA	LI714	NOGALES2_B
BSC04SMA	LI213	SAN_ISIDRO	BSC01SMA	LI715	NOGALES3_A
BSC04SMA	LI214	CAMINO_REAL	BSC01SMA	LI716	NOGALES3_B
BSC07SMA	LI215	VENEZUELA	BSC04SLV	LI718	SAN_PEDRITO_A

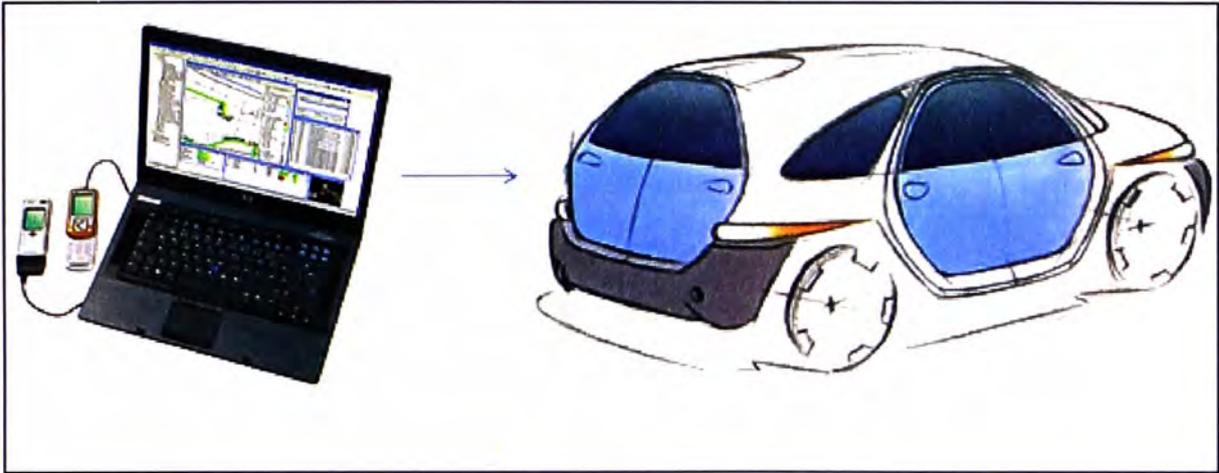
BSC06SMA	LI216	GUZMAN
BSC01SLV	LI217	COVIDA
BSC07SMA	LI218	ESCARDO
BSC08SLV	LI219	SAN_PABLO
BSC03SMA	LI220	SAN_RAFAEL
BSC07SMA	LI221	SAN_MIGUEL
BSC10SMA	LI222	STA_ANITA
BSC07SLV	LI223	CATALINA
BSC10SLV	LI224	SANTACLARA
BSC01SMI	LI225	SANTACRUZ
BSC06SMA	LI226	STA_ISABEL
BSC09SLV	LI227	SANTAMARIA
BSC01SMI	LI228	PERA
BSC03SLV	LI229	SANTAROSA
BSC03SMA	LI230	SABINA
BSC08SLV	LI231	SAPOSOA
BSC01SMI	LI233	SCHELL
BSC04SLV	LI719	SAN_PEDRITO_B
BSC04SLV	LI720	SAN_PEDRITO_C
BSC01SMI	LI721	OSINERGMIN_A
BSC01SMI	LI722	OSINERGMIN_B
BSC05SLV	LI723	CENIZA2_A
BSC05SLV	LI724	CENIZA2_B
BSC10SMA	LI725	DURAZNOS1
BSC08SMA	LI726	MERINO_REYNA3_A
BSC09SLV	LI727	CABALLEROS
BSC10SLV	LI728	DURAZNOS2
BSC08SMA	LI729	MERINO_REYNA2
BSC01SMI	LI730	LAVALLE_A
BSC01SMI	LI731	LAVALLE_B
BSC01SMI	LI732	LAVALLE_C
BSC01SLV	LI735	JARDINES_NARANJAL2_A
BSC01SLV	LI736	JARDINES_NARANJAL2_C
BSC09SMA	LI737	SAN_DIEGO3

### 4.3. Utilización de Equipos de Drive Test

Como parte de la verificación de cambios de las técnicas de jerarquía (parámetros HCS y C2), utilizaremos un equipo de drive test, en este caso de la marca y modelo Tems Investigation 6.1.5 Ericsson.

Una medición utilizando equipo de Drive test, en general nos da información mediante la recolección de datos como mensajería, mediciones de señales de recepción, eventos, etc. De tal manera nosotros podamos tener una mejor información de la red, en este caso nos interesa los niveles de recepción (Rxlev) de las estaciones al cual se le ha aplicado las técnicas de jerarquía. Tener presente que este equipo de medición no registra conversación alguna y generalmente se realiza dentro de un vehículo realizando grabaciones de la recolección de datos todo el tiempo que dure el recorrido en una computadora portátil (Laptop), para su posterior análisis y procesamiento.

La figura 4.2, muestra un esquema general de conexión del equipos de Drive test Tems investigation, los teléfonos van conectados al computador para la respectiva grabación de de los datos que se van recolectando dentro de un automóvil, usualmente se configura los teléfonos celulares para que realicen 2 tipos de llamadas, una llamada larga de 30min y otra llamada cota de 1min, esto nos da una idea del comportamiento de una llamada realizada por un usuario normal.



**Figura. 4.2 Diagrama de conexión del Tera investigation**

#### 4.4. Ejecución de Cambios

En esta parte daremos a conocer los valores de los parámetros a configurar, es decir por la experiencia de trabajo y después de haber realizado varias pruebas en el tema de balanceo de tráfico como parte de la optimización de radio en una red GSM, conseguimos una configuración final de los valores de los parámetros de las técnicas de balanceo de tráfico, de tal manera se pueda realizar un mejor y mayor balance de tráfico, nos referimos a que se pueda mandar todo el tráfico posible de celdas o sectores configuradas en banda 850MHZ hacia celdas configuradas en banda 1900MHZ.

Para el caso de la Red GSM Dual band 850 / 1900MHZ de Telefónica Movistar en la ciudad de Lima se utilizaron los siguientes valores en los parámetros de HCS y C2.

**Tabla 4.5 Valores para Estaciones en 850MHZ**

Parámetro	Valor Inicial	Valor Final
HIERC	0	1
PL	0	5
PLNC	0	2
HOM	69	55
RXLEVMIN	10	20
TINHBAKHO	15	20
CRESPARI	0	1
CBQ	0	0
CRESOFF	0	0
TEMPOFF	0	0
PENTIME	0	0

La Tabla 4.5 muestra los valores que tenemos que configurar en los parámetros de

Hierarchical Cell Structure (HCS) y Cell reselection (C2) en todas las estaciones que trabajan en la banda de 850MHZ, de igual forma la Tabla 4.6 muestra los valores para las estaciones que trabajan en la banda de 1900MHZ.

**Tabla 4.6 Valores para Estaciones en 1900MHZ**

Parámetro	Valor Inicial	Valor Final
HIERC	0	1
PL	0	2
PLNC	0	5
HOM	69	69
HOLTHLVDL	---	20
HOLTHLVUL	---	18
CRESPARI	0	1
CBQ	0	0
CRESOFF	0	5
TEMPOFF	0	0
PENTIME	0	0

Para una mejor comprensión de los parámetros vamos a tomar como ejemplo un caso particular a una estación perteneciente a la BSC de nombre BSC10SLV, llamada INTI. Cabe resaltar que estos parámetros son configurados por celda (Sector).

La tabla 4.7 muestra los valores configurados a los parámetros que conforman las técnicas Hierarchical Cell Structure (HCS) y Cell Reselection (C2) para el sector 3 y 6 de la estación INTI, podemos apreciar que para esta red hemos escogido solo 2 valores de capa de prioridad 5 y 2, pues en el momento que se configuraron estos parámetros solo contábamos con celdas Macro trabajando en la banda de 850MHZ y 1900MHZ.

De los parámetros mostrados en la tabla 4.7, se explicaran los más importantes: De acuerdo a la teoría de las técnicas de jerarquía (HCS y C2) este siempre va acompañado de un valor de margen de handover negativo para un mejor funcionamiento (HOM = 55 equivalente a -8dBm) de balance de tráfico, con el parámetro RXLEVMIN(Rxlevmin = 25 equivalente a un valor mayor a 85dBm ) con este valor aseguramos que el vecino en 1900MHZ tenga un buen nivel de recepción para que pueda realizarse el handover sin problemas en el momento que el usuario este en llamada conocido como modo dedicado (mode dedicated).

El parámetro CRESOFF lo hemos ajustado al valor de 5 que es equivalente a 10dB, esto significa que las celdas configuradas en 1900MHZ tendrán un valor aparente 10dB

mas que sus vecinos co-sector en banda 850MHZ, en el momento de la re-selección. Cuando hablamos de re-selección desde el punto de vista de usuario nos referimos al momento antes de realizar una llamada conocido como modo inactivo (mode idle).

**Tabla 4.7 Valores de los parámetros de HCS y C2 para la estación INTI.**

BSC	LI	Sector	Nombre	CI	Parámetro	Valor Inicial	Valor Final	LI Vecino	Sector Vecino	Nombre Vecino
BSC01SLV	LI428	3	INTI	4283	HIERC	0	1			
BSC01SLV	LI428	3	INTI	4283	PL	0	5			
BSC01SLV	LI428	3	INTI	4283	PLNC	0	5	all 850 neighbour		
BSC01SLV	LI428	3	INTI	4283	PLNC	0	2	all 1900 neighbour		
BSC01SLV	LI428	3	INTI	4283	HOM	69	55	LI428	6	INTI
BSC01SLV	LI428	3	INTI	4283	RXLEVMIN	10	25	all 1900 neighbour		
BSC01SLV	LI428	3	INTI	4283	TINHBAKHO	15	20	LI428	6	INTI
BSC01SLV	LI428	3	INTI	4283	CRESPARI	0	1			
BSC01SLV	LI428	3	INTI	4283	CBQ	0	0			
BSC01SLV	LI428	3	INTI	4283	CRESOFF	0	0			
BSC01SLV	LI428	3	INTI	4283	TEMPOFF	0	0			
BSC01SLV	LI428	3	INTI	4283	PENTIME	0	0			
BSC01SLV	LI428	6	INTI	14283	HIERC	0	1			
BSC01SLV	LI428	6	INTI	14283	PL	0	2			
BSC01SLV	LI428	6	INTI	14283	PLNC	0	2	all 1900 neighbour		
BSC01SLV	LI428	6	INTI	14283	PLNC	0	5	all 850 neighbour		
BSC01SLV	LI428	6	INTI	14283	HOLTHLVDL	---	20			
BSC01SLV	LI428	6	INTI	14283	HOLTHLVUL	---	18			
BSC01SLV	LI428	6	INTI	14283	CRESPARI	0	1			
BSC01SLV	LI428	6	INTI	14283	CBQ	0	0			
BSC01SLV	LI428	6	INTI	14283	CRESOFF	0	5			
BSC01SLV	LI428	6	INTI	14283	TEMPOFF	0	0			
BSC01SLV	LI428	6	INTI	14283	PENTIME	0	0			

#### 4.5. Resultados Estadísticos Después de los Cambios de Parámetros

A continuación mostraremos estadísticas reales de 3 principales BSCs y de la Red en general, antes y después de la activación de los parámetros de jerarquía (HCS y C2) para darnos cuenta que en lugares donde existe mayor concentración o densidad de celdas las técnicas de jerarquía tiene mayor impacto.

En la figura 4.4. Podemos apreciar que después de la activación de las técnicas de jerarquía se pudo balancear el tráfico de las celdas de 850MHZ hacia las celdas de 1900MHZ

controlada por la BSC de nombre BSC04SMA, enviando en una primera fecha (17/09/2008) 190erlang en promedio de trafico de voz debido a la activación solo del Cell Reselection (C2 - técnica de jerarquía en mode idle) y en una segunda fecha (24/09/2008) 300erlang en promedio de trafico de voz debido a la activación del Hierarchical Cell Structure (HCS - técnica de jerarquía en mode dedicated) desde las celdas configuradas en banda 850MHZ hacia las celdas configuradas en banda 1900MHZ.

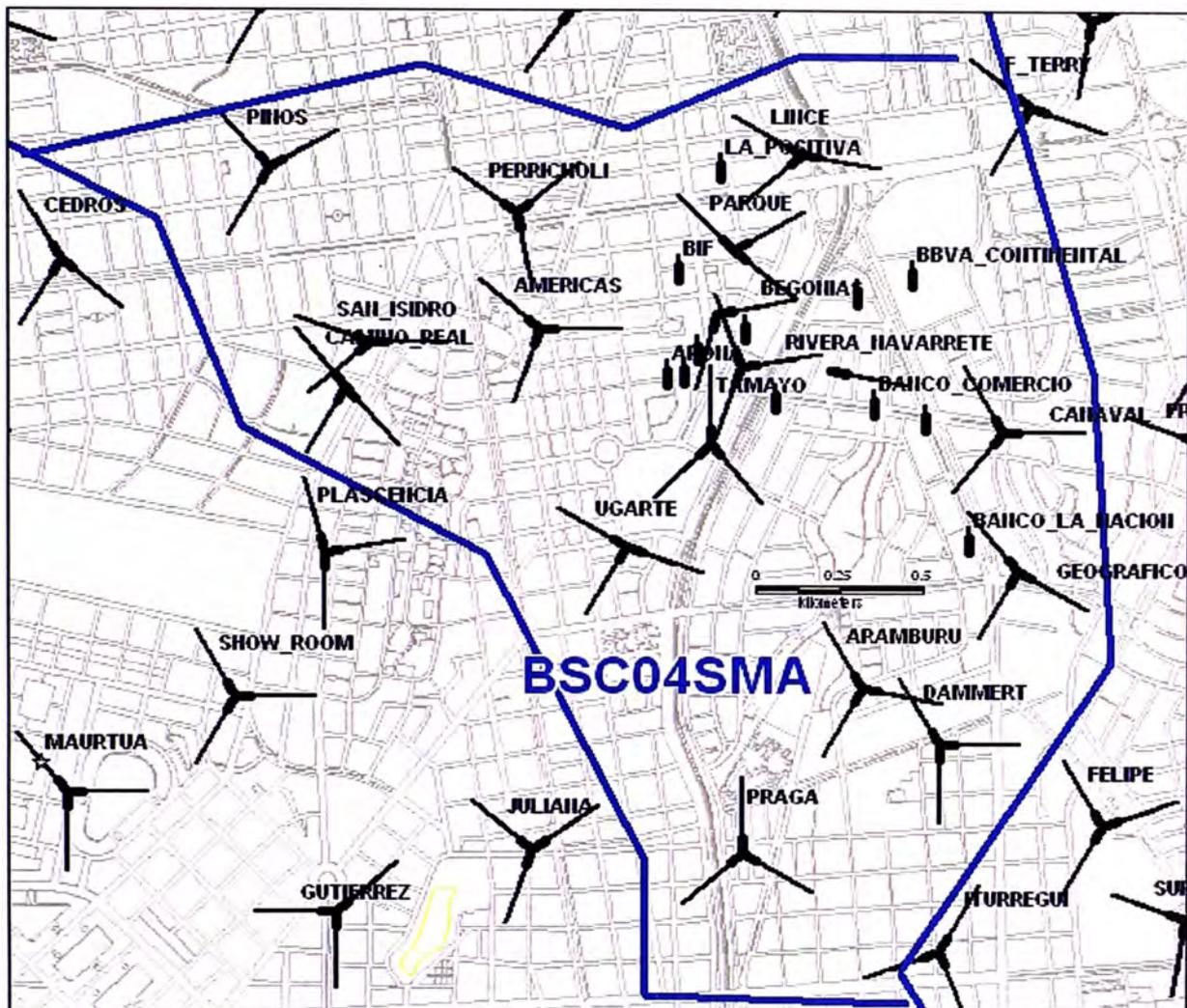


Figura 4.3. Ubicación de celdas en BSC04SMA

También podemos observar el buen balance de tráfico, esto debido a que la BSC de nombre BSC04SMA como muestra la figura 4.3 contiene una cantidad apreciable de celdas (urbana densa). En total se pudo direccionar 390erlang de tráfico de voz de las celdas configuradas en banda 850MHZ hacia celdas configuradas en banda 1900MHZ.

En la figura 4.6. Podemos apreciar que la activación de las técnicas de jerarquía pudo balancear el tráfico de las celdas controladas por la BSC de nombre BSC04SLV, enviando en una primera fecha (17/09/2008) 190erlang en promedio de trafico de voz debido a la

activación solo del Cell Reselection (C2 - técnica de jerarquía en mode idle) y en una segunda fecha (24/09/2008) 200erlang en promedio de tráfico de voz debido a la activación del Hierarchical Cell Structure (HCS - técnica de jerarquía en mode dedicated) desde las celdas configuradas en banda 850MHZ hacia las celdas configuradas en banda 1900MHZ.

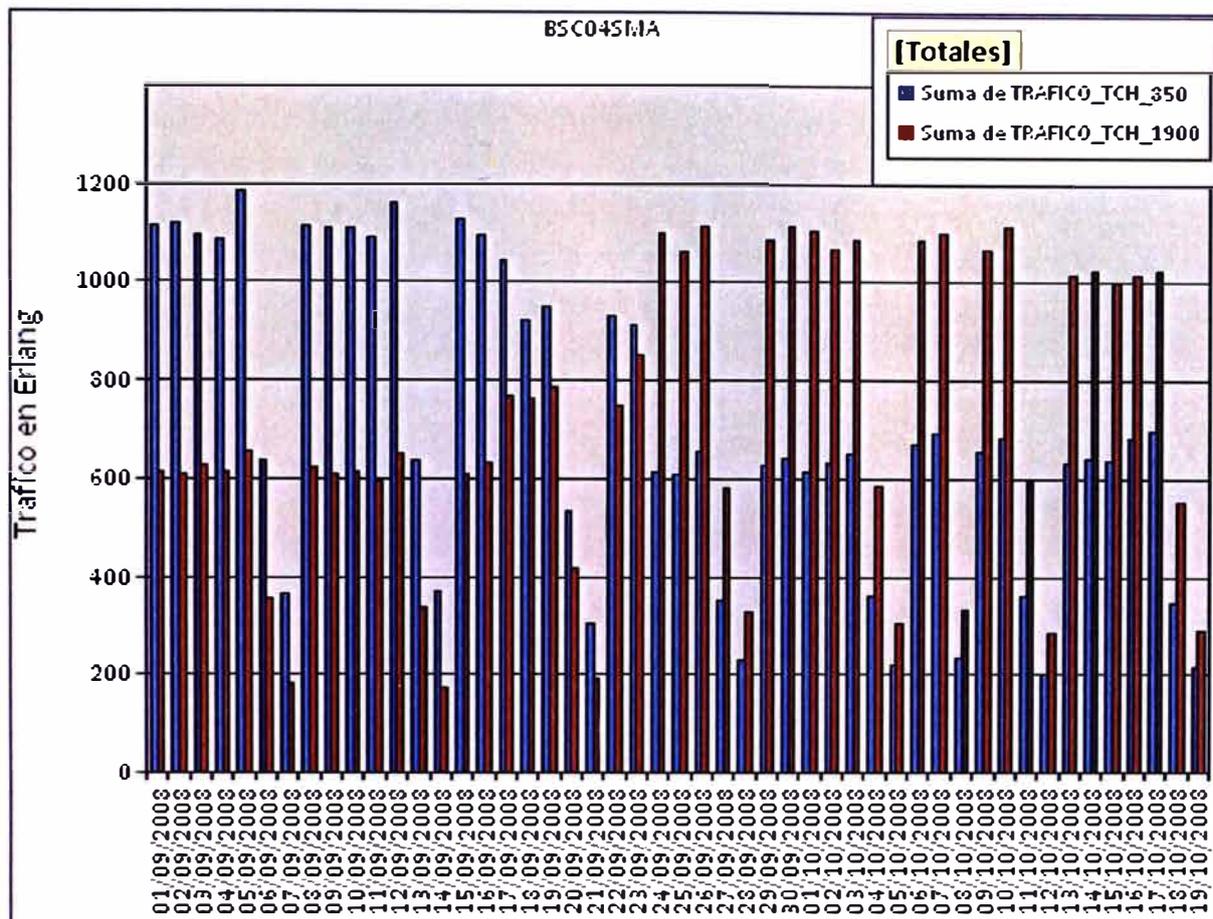


Figura 4.4. Tráfico BSC04SMA antes y después de la activación del HCS y C2

También podemos observar el buen balance de tráfico de voz esto debido a que la BSC de nombre BSC04SLV como muestra la figura 4.5 contiene una cantidad apreciable de celdas (urbana densa). En total se pudo direccionar 390erlang de tráfico de voz de las celdas configuradas en banda 850MHZ hacia celdas configuradas en banda 1900MHZ como muestra la figura 4.6.

En la figura 4.8. Podemos apreciar que la activación de las técnicas de balanceo de tráfico para las celdas controladas por la BSC de nombre BSC10SMA, en una primera fecha (17/09/2008) no tuvo impacto la activación del Cell Reselection - C2 (técnica de jerarquía en mode idle) y en una segunda fecha (24/09/2008) se pudo enviar 150erlang en promedio de tráfico de voz debido a la activación del Hierarchical Cell Structure – HCS

(técnica de jerarquía en mode dedicated) desde las celdas configuradas en banda 850MHZ hacia las celdas configuradas en banda 1900MHZ.

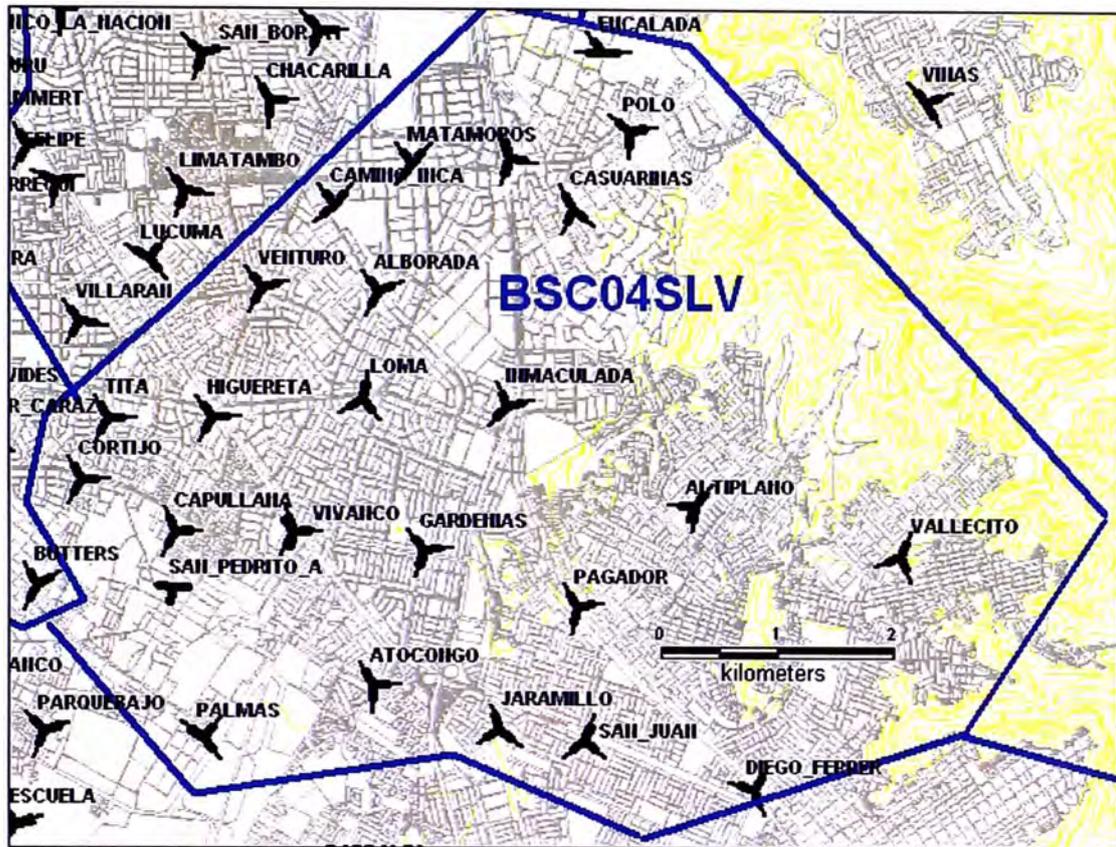


Figura 4.5. Ubicación de celdas en BSC04SLV

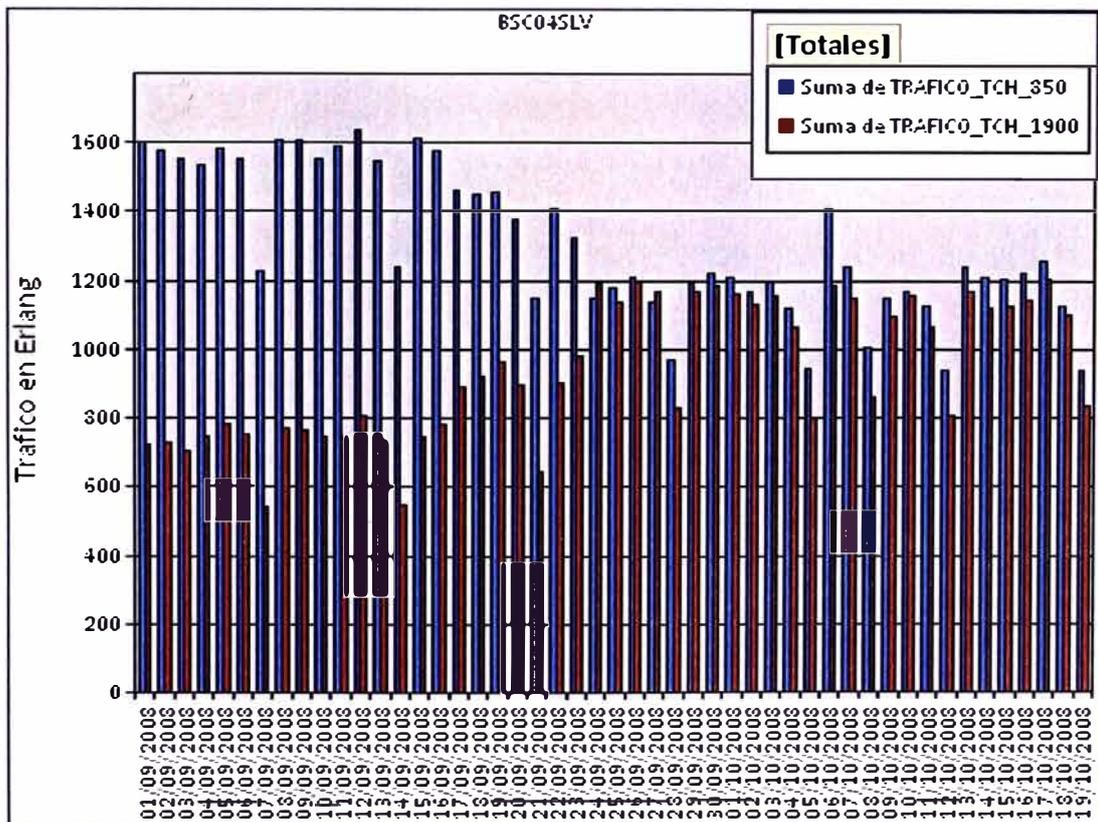


Figura 4.6. Tráfico BSC04SLV antes y después de la activación del HCS y C2

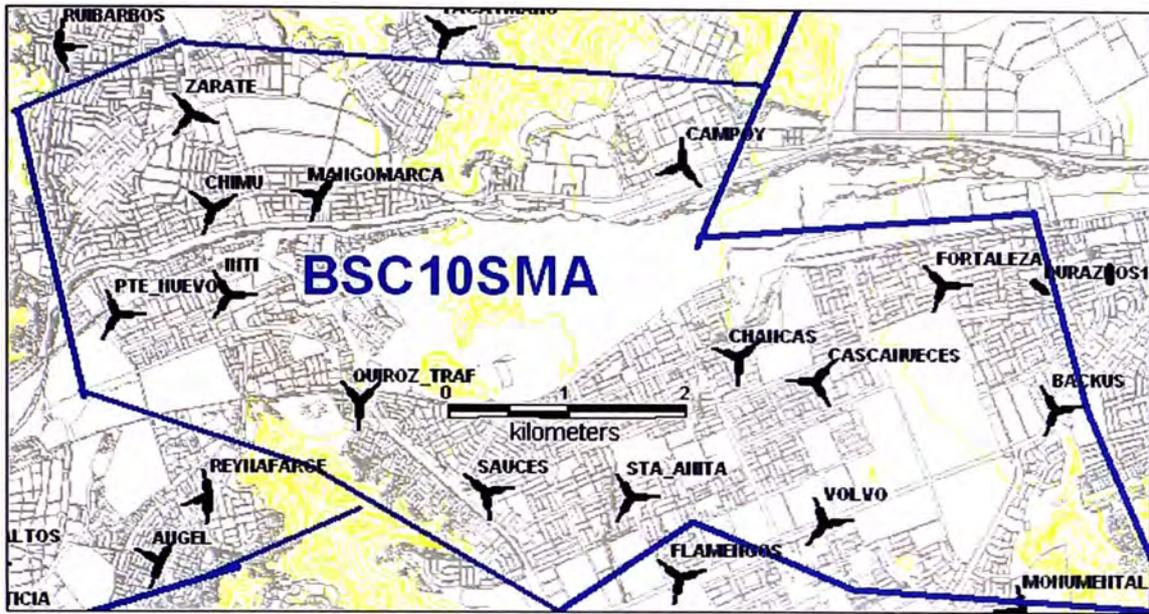


Figura. 4.7. Ubicación de celdas en BSC10SMA.

También observamos que en ambas fechas el balance de tráfico no fue muy bueno esto debido a las pocas celdas contenidas en la BSC de nombre BSC10SMA como muestra la figura 4.7. En total se pudo direccionar 150erlang de tráfico de voz de las celdas configuradas en banda 850MHZ hacia celdas configuradas en banda 1900MHZ.

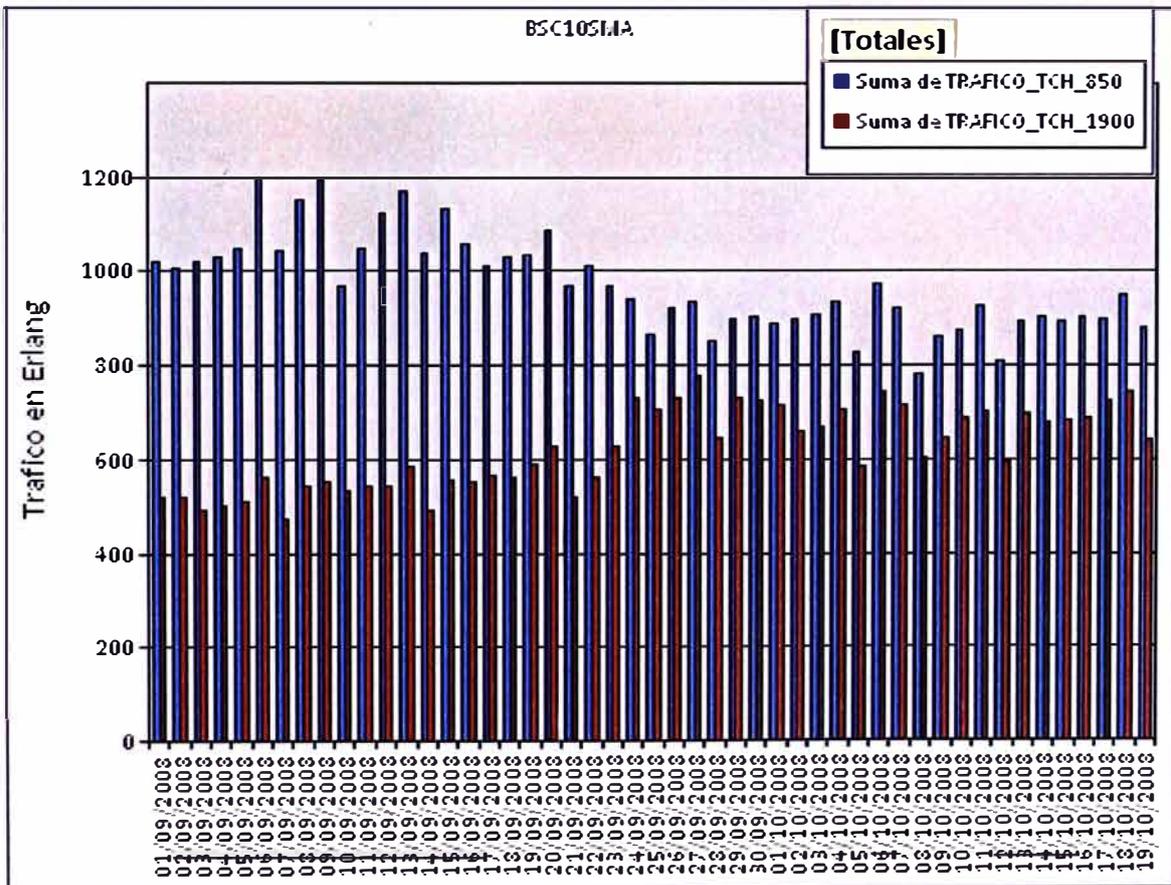


Figura. 4.8. Tráfico BSC10SMA antes y después de la activación del HCS y C2

En la figura 4.9 podemos observar que después de la activación de las técnicas de balanceo de tráfico (Hierarchical Cell Structure-HCS y Cell Reselection-C2), tanto en la primera fecha 17/09/2008 como en la segunda fecha 24/09/2009 el tráfico de voz en toda la red GSM dual band 850/1900MHZ de Telefónica Movistar en la ciudad de Lima se encuentra en una proporción de, 53% de utilización de tráfico de voz para la banda de 850MHZ y 47% de utilización de tráfico de voz para la banda de 1900MHZ, esto nos lleva a una mejor utilización de recursos como también a una mejor comunicación, esto último debido a que la banda de 1900MHZ es de mayor espectro y por lo tanto se puede realizar un mejor planeamiento de frecuencia (re-uso de frecuencias).

Todas las mediciones de tráfico se realizaron en la hora pico del día (busy hours).

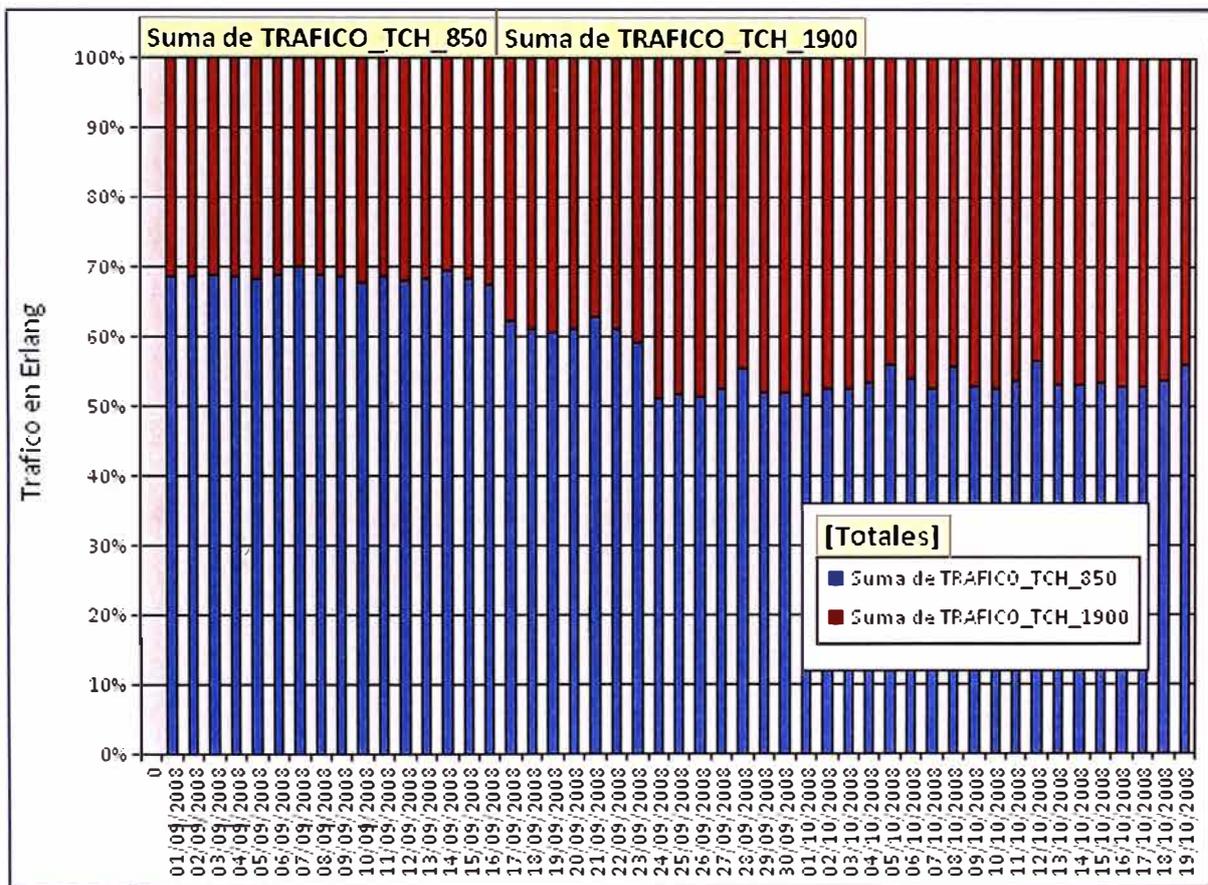


Figura 4.9. Tráfico de toda la Red GSM Lima antes y después de la activación del HCS y C2.

#### 4.6. Resultados estadísticos de los cambios en la Estación INTI (Caso particular)

Podemos apreciar en la figura 4.11 y figura 4.12 del caso particular de la estación INTI sectores 3 y 6, que gracias a las técnicas de balanceo de tráfico (HCS y C2) configuradas en los controladores de estaciones base (BSC's), podemos intentar o realizar llamadas en celda o sector 6 de la estación INTI que está configurada en banda 1900MHZ y mantenernos en ella, aun cuando los niveles de los vecinos y de su propio

co-sector (sector 3 en banda 850MHZ) sean mayores, en este caso en la figura 4.12 se puede observar que la llamada se encuentra en el sector 6 de la estación INTI 1900MHZ con nivel de -70dBm mientras que el vecino sector 3 de la estación INTI 850MHZ presenta nivel mayor de -58dBm.

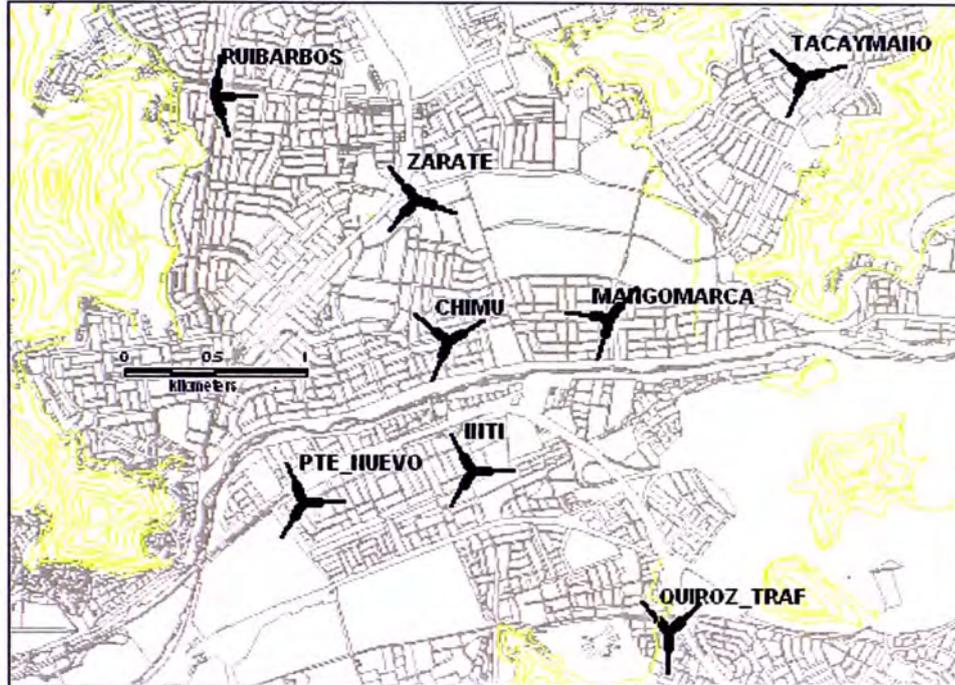


Figura 4.10. Ubicación de la Estación INTI

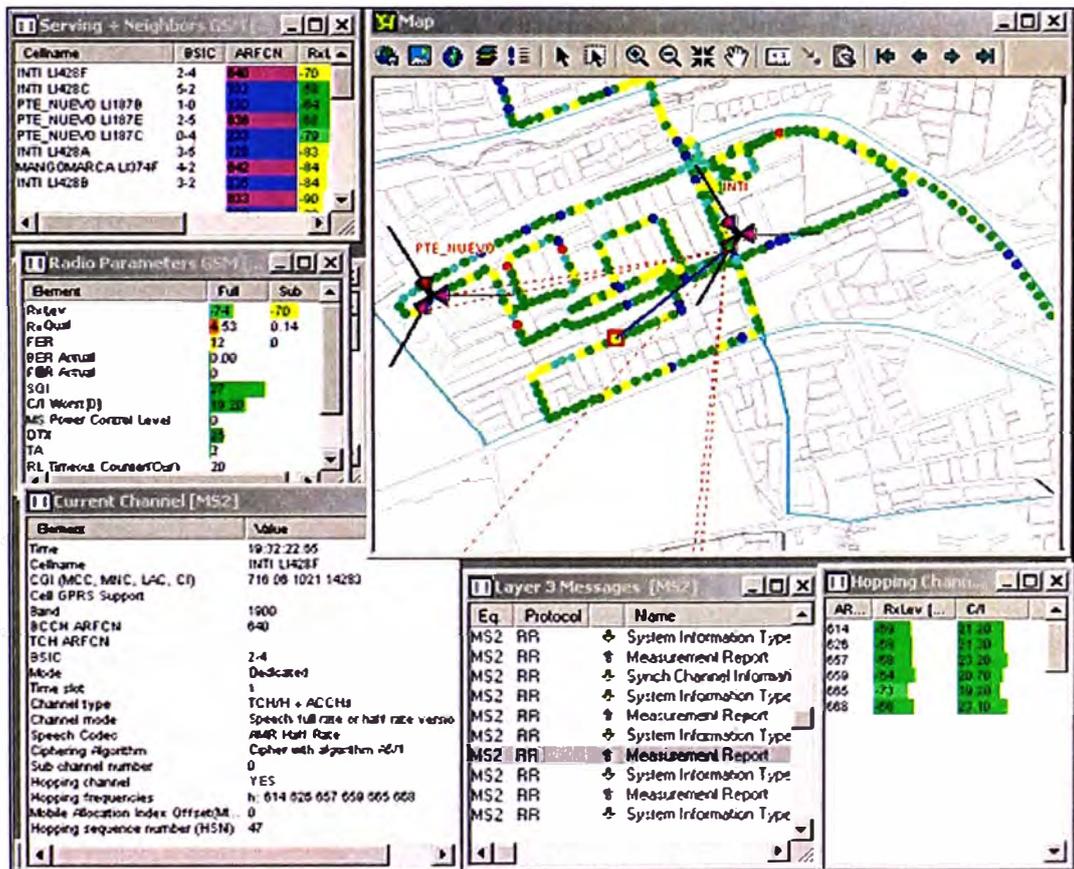


Figura 4.11. Drives Test por la Estación INTI con Tems investigation.

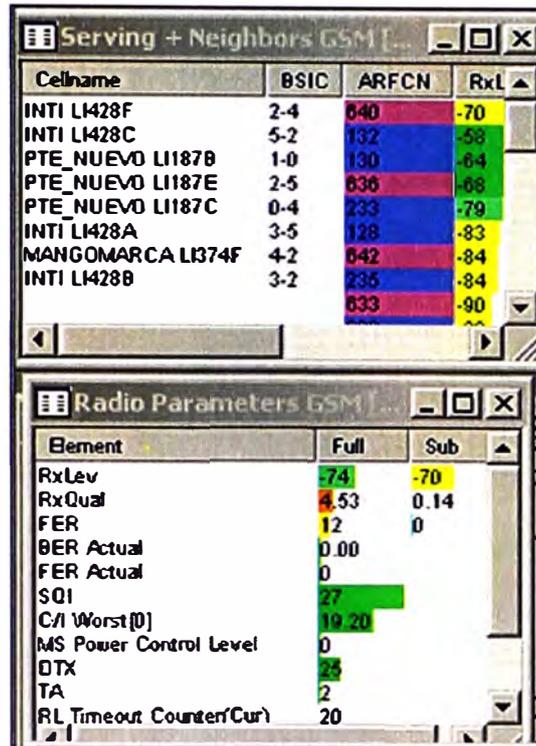


Figura 4.12. Niveles de Recepción de la Estación INTI.

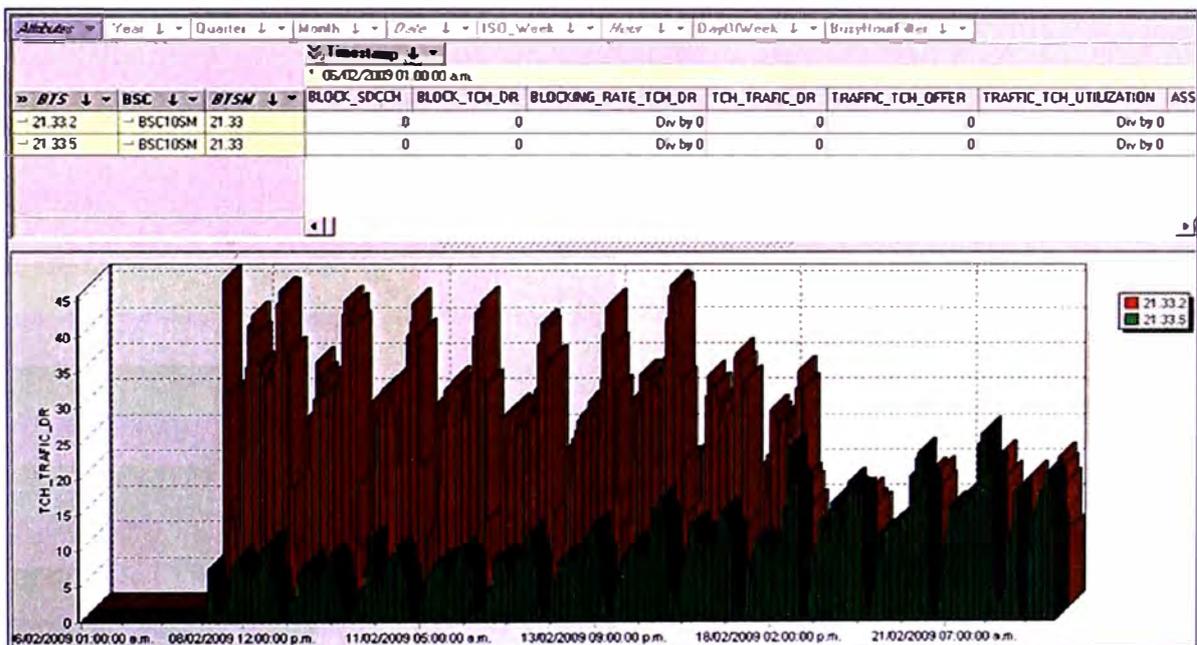


Figura 4.13. Trafico TCH cursado antes y después de la activación del HCS y C2.

Esta última grafica de estadística difiere de las anteriores debido a que en esta se utilizo una herramienta de estadísticas propietaria de Nokia Siemens Networks llamada ANATOM.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. Estas técnicas de balanceo de tráfico (Hierarchical Cell Structure - HCS y Cell Reselection - C2) no tiene un impacto apreciable en zonas rurales debido a que la generación de llamadas se realiza en zonas a gran distancia de las celdas por lo que no hay un buen overlap.
2. Tener en cuenta que el mejor direccionamiento de tráfico en las redes dual band se dan cuando se implementan celdas en 850MHZ y 1900MHZ en el mismo lugar (overlay)
3. Una razón indirecta de las técnicas de balanceo de tráfico (Hierarchical Cell Structure - HCS y Cell Reselection - C2) es hacer que las llamadas de los usuarios se mantengan todo el tiempo posible en celdas configuradas en la banda de 1900MHZ, debido a que esta banda tiene un mayor espectro lo cual nos lleva a un mejor planeamiento de frecuencias y por lo tanto una mejor calidad de voz.
4. La introducción de múltiples capas y múltiples bandas en una red GSM, maximiza la capacidad de optimización y mejora la utilización de recursos.
5. Parámetros adicionales a los algoritmos existentes de handover dan al operador mayor control sobre el comportamiento de la red.
6. Tener presente que existen 2 tipos de balanceo de tráfico, el cual uno es usado antes de realizar la llamada (mode idle) y el otro cuando se encuentra en llamada (mode dedicated) lo mencionado hace referencia al Cell Reselection - C2 y Hierarchical Cell Structure - HCS respectivamente.
7. Administrar o gestionar el trafico dentro y entre diferentes capas es controlado por los procedimiento de modo idle (inactivo) y procedimiento de handover (modo dedicado).
8. Las técnicas de balanceo de tráfico (Hierarchical Cell Structure - HCS y Cell Reselection - C2), no solo cumple la función de balancear tráfico si no que también indirectamente mejora otros factores de la red como calidad, llamadas caídas, congestión, etc.

9. Se recomienda a los operadores configurar los valores de los parámetros de las técnicas de balanceo de tráfico (Hierarchical Cell Structure - HCS y Cell Reselection - C2), con los valores puestos en el informe ya que estos se obtuvieron después de una serie de pruebas hasta alcanzar el valor optimo.
10. Se pudo demostrar mediante estadísticas que existe un mejor balance de tráfico en zonas donde existe mayor densidad de celdas.
11. En el tema de la reeleccion (C2), se recomienda no configurar valores muy elevados para el parámetro CRESOFF, esto debido a que en algunos ambientes indoor, las señales de 1900MHZ son muy bajos respecto a las señales de 850MHZ, lo cual estaríamos obligando a que los usuarios se re-selecciones con niveles muy bajos y por lo tanto esto podría provocar a veces llamadas caídas.

**ANEXO**

## GLOSARIO DE TÉRMINOS

**AM:** Modulación de Amplitud.

**AMR:** Adaptive Multirate Codec.

**ARFCN:** Absolute Radio Frequency Channel Number. Número que se le da a un canal de frecuencia para identificarlo en la red.

**AuC:** Centro de Autenticación (Authentication Center).

**BCCH:** Canal de Control de Broadcast.

**BER:** Bit Error Rate

**BR:** BSS Realease. Cada una de las versiones de software de las BSCs SIEMENS.

**BSC:** Controlador de la Estación Base (Base Station Controller).

**BSIC:** Código de Identidad de la Radio Base.

**BSS:** Subsistema de la Estación Base (Base Station Subsystem).

**BTS:** Estación Base Tranceptora (Base Station Transceiver).

**Burst:** Impulso de frecuencia.

**CELDA:** Hace referencia a 1 sector de la Estación Base.

**CELDA UMBRELLA:** celdas de tipo teóricas de cobertura muy amplia (Celdas paraguas)

**CDMA:** Acceso Múltiple por División de Código.

**CODEC:** Codificación - Decodificación.

**COSECTOR:** Sector en 850MHZ instalado en la misma dirección y ubicación del sector en 1900MHZ y viceversa.

**C1:** Selección de celdas.

**C2:** Re selección de celdas.

**Downlink:** Transmisión desde la BTS hacia el móvil.

**Downtilt:** Ajuste físicos de las perillas en las antenas para modificar el patrón de radiación.

**DSP:** Procesamiento Digital de Señales.

**DTX:** Transmisión Discontinua (Discontinuous Transmission).

**ECU:** Error Concealment Unit.

**EDGE:** Enhanced Data Rates for GSM Evolution.

**EFR:** Enhanced Full Rate.

**EIR:** Equipment Identity Register.

**FDMA:** Acceso Múltiple por División de Frecuencia.

**FER:** Frame Erasure Rate

**Feature:** conjunto de nuevos parámetros y/o aplicaciones el cual trae mejoras al rendimiento y desempeño de la red.

**FH:** Frequency Hopping (Saltos de Frecuencia).

**FIR:** Finite Impulse Response.

**FN:** Frame Number.

**Full Rate:** Fue la primera codificación de voz digital utilizada para GSM. Su velocidad es de 13 kbps.

**FULL:** Mediciones basadas en la totalidad de la multitrama SACCH.

**GMSC:** Gateway MSC

**GMSK:** Gaussian minimum shift keying.

**GPRS:** General Packet Radio Service.

**GSM:** Sistema Global para comunicaciones Móviles.

**Half Rate:** Codificación de voz digital para GSM que requiere la mitad del ancho de banda del Half Rate. Su velocidad es de 5.6 kbps.

**Handover:** Proceso por el cual una llamada es pasada de una celda a otra.

**Hipertrama:** Conjunto de 2048 Supertramas.

**HLR:** Home Location Register

**HO\_FAIL\_RATE:** Tasa de handovers fallidos.

**Hora Pico:** Hora del día en que se tiene mayor tráfico.

**Hotspots:** Pequeñas aéreas de cobertura

**HCS:** Hierarchical cell Structure

**HSN:** Hopping Sequence Number.

**IMEI:** International Mobile Equipment Identity.

**IMSI:** International Mobile Subscriber Identity.

**ISDN:** Red Digital de Servicios Integrados (Integrated Services Digital Network).

**ITU:** International Telecommunication Union.

**KPI:** Key Performance Indicators. Indicadores de performance de la red.

**MAIO:** Mobile Allocation Index Offset.

**Macroceldas:** Celdas de moderada cobertura.

**Microceldas:** Celdas de baja cobertura y capacidad.

**MOBALLOC:** Mobile Allocation.

**MODEM:** Modulador-Demodulador.

**Mode idle:** Modo inactivo.

**Mode dedicated:** Modo dedicado.

**MS:** Estación Móvil (Mobile Station).

**MSC:** Central de Conmutación Móvil (Mobile Switching Center).

**NMS:** Subsistema de Administración de Red (Network Management Subsystem).

**Multitrama:** Conjunto de 26 o 51 tramas GSM.

**OMC:** Centro de Operación y Mantenimiento.

**OVERLAY:** Poner una estación nueva en una ya existente.

**OVERLAP:** Tener buen traslape de señal.

**PC:** Power Control.

**PCM:** Pulse Code Modulation.

**Picoceldas:** celdas de muy baja cobertura y capacidad.

**PLMN:** Public Land Mobile Network.

**PSTN:** Red Telefónica Pública Conmutada.

**RXQUAL:** Medida de la calidad basada en el BER

**SACCH:** Slow Associated Control Channel.

**SCH:** Canal de sincronización.

**SFH:** Slow Frequency Hopping.

**SID:** Trama de Silence Description

**SIM:** Subscriber Identity Module.

**SUB:** Mediciones basadas sólo en las tramas principales de la multitrama SACCH.

**Supertrama:** Conjunto de 51 26-Multitrama o de 26 51-Multitrama.

**TA:** Timing Advance

**TCH:** Canal de Tráfico de Voz.

**TDMA:** Acceso Múltiple por División de Tiempo.

**Trama:** Conjunto de Ocho bursts o TSs.

**TRAU:** Transcoder Unit.

**TRX:** Transmisor-Receptor.

**TS:** Time Slot (Ranura de tiempo).

**Uplink:** Transmisión desde el móvil hacia la BTS.

**VAD:** Detector de Actividad de Voz

**VLR:** Visitor Location Register.

**WCDMA:** Wideband CDMA.

## **BIBLIOGRAFÍA**

1. GSM, GPRS and EDGE Evolution Towards 3G UMTS. WILEY, John and Sons.
2. Radio Interface System Planning for GSM/GPRS/UMTS. LEMPIAINEN, Jukka. MANINNEN Matti.
3. GSM SYSTRA, Nokia Training Material.
4. [HTTP://www.fortunecity.com/millennium/berkeley/85/gsm/index.htm](http://www.fortunecity.com/millennium/berkeley/85/gsm/index.htm).
5. Base Station System Overview EN/LZT 123 3805 R2A, ERICSSON confidential.
6. Parámetros Básicos para Optimización, SIEMENS.
7. Interference Reduction, SIEMENS.
8. GSM Networks: Protocols, Terminology, and Implementation, Gunnar Heine.
9. GSM Pocket Guide, Wandel & Goltermann.
10. ANATOM Description, NOKIA SIEMENS NETWORKS.
11. Data Base Parameter Description, SIEMENS.
12. MapInfo Professional 9.5, MapInfo Corporation.
13. TEMS Investigation GSM 6.1.5, ERICSSON Confidential.
14. FER, RXQUAL, and DTX DL Rate Measurements in TEM Investigation GSM (Technical Paper), ERICSSON.
15. HCS Document Confidential, SIEMENS.