

# **UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA



PLANEAMIENTO DE UNA RED DE TERCERA GENERACIÓN PARA  
LA CIUDAD DE LIMA

## **INFORME DE SUFICIENCIA**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

**INGENIERO DE TELECOMUNICACIONES**

**PRESENTADO POR:**

**DANIEL DAVID CHUMPITAZ SEGOVIA**

**PROMOCIÓN  
2005- II**

**LIMA – PERÚ**

**2009**

**PLANEAMIENTO DE UNA RED DE TERCERA GENERACIÓN PARA LA  
CIUDAD DE LIMA**

## **DEDICATORIA**

...Este trabajo esta dedicado a mis padres y mis hermanas que me han brindado todo su apoyo.

## **SUMARIO**

El actual trabajo describe el proceso de planeamiento que se siguió para el diseño inicial de una red celular WCDMA montada sobre una red GSM para la ciudad de Lima, en este caso se comenta la experiencia sobre la red desplegada por una operadora local que desplegó un total de 279 estaciones base como fase inicial, las cuales se calcularon en base a los tráficos de voz y datos mostrados por la red GSM para poder determinar una demanda potencial de servicios WCDMA. Entre los temas y alcances del siguiente trabajo se describe la determinación de la demanda, distribución de tráfico, servicios a ofrecer y consideraciones de los equipos a usar para la preparación del sistema de acceso de la red por parte de radio y transmisión a nivel de protocolos y funcionamiento. Se mencionará las consideraciones y modificaciones que se deberá hacer sobre la red GSM para la nueva red WCDMA así como la interoperabilidad entre la red WCDMA y GSM, la cual es importante cuando los usuarios requieran pasar de una tecnología a otra, los motivos que se mencionan son básicamente de cobertura y calidad. Finalmente se mencionará un estimado de costos de los equipos.

## INDICE

INTRODUCCION .....	1
<b>CAPITULO I</b>	
<b>MARCO TEORICO .....</b>	<b>2</b>
1.1 ESTANDARIZACION: .....	2
1.2 ARMONIZACIÓN DE TECNOLOGÍAS: .....	4
1.3 NORMA UMTS Y GRUPOS DE TRABAJO: .....	5
1.4 ZONAS UMTS .....	7
1.5 CONCEPTOS .....	9
1.6 ARQUITECTURA DE UNA RED DE ACCESO UMTS.....	10
1.6.1. RNC (RADIO NETWORK CONTROLLER):.....	12
1.6.2. Nodo B (Estación Base o BTS):.....	12
1.6.3. Interfaces UTRAN Iu (Iups y Iucs -> RNC-Core Network): .....	13
1.6.4. Interfaz Iub (RNC-Nodo B):.....	14
1.6.5. Interfaz Iur (RNC-RNC):.....	14
1.7 TECNOLOGÍA DE TRANSPORTE.....	14
1.7.1. Capa de Adaptación ATM (AAL – ATM Adaptation Layer) .....	17

1.7.2.	Configuración y numeración de un camino ATM para las distintas interfaces .....	18
1.7.3.	Equivalencia con las redes TDM y agrupaciones .....	22
1.8	SOLUCIONES HIBRIDAS PARA EL TRANSPORTE:.....	23

## **CAPITULO II**

	<b>DETERMINACION DE LA DEMANDA</b> .....	25
2.1	DISTINTOS SERVICIOS 3G A OFRECER: .....	32
2.1	USUARIOS DE LOS DIFERENTES SERVICIOS. ....	34
2.2	DATOS DEL DEPARTAMENTO DE MARKETING:.....	37

## **CAPITULO III**

	<b>INGENIERIA DEL PROYECTO</b> .....	39
3.1	INFRAESTRUCTURA EXISTENTE. ....	39
3.1.1.	Core o Centro de Conmutación de la Red. ....	39
3.1.2.	Estaciones Base y Espectro usado:.....	41
3.1.3.	Potencia y configuración de los radio-canales.....	45
3.1.4.	Asignación de los Scrambling Codes: .....	47
3.1.5.	Numeración de las estaciones y sectores.....	49
3.2	ÁREA DE SERVICIO .....	50
3.3	CONEXIÓN ENTRE NODOS Y CONFIGURACION INICIAL .....	54
3.3.1	Interconexión Nodo B – RNC: .....	55
3.3.2	Interconexión RNC – CORE:.....	59

1.7.2.	Configuración y numeración de un camino ATM para las distintas interfaces .....	18
1.7.3.	Equivalencia con las redes TDM y agrupaciones .....	22
1.8	SOLUCIONES HIBRIDAS PARA EL TRANSPORTE:.....	23

## **CAPITULO II**

<b>DETERMINACION DE LA DEMANDA</b> .....	25	
2.1	DISTINTOS SERVICIOS 3G A OFRECER: .....	32
2.1	USUARIOS DE LOS DIFERENTES SERVICIOS.....	34
2.2	DATOS DEL DEPARTAMENTO DE MARKETING:.....	37

## **CAPITULO III**

<b>INGENIERIA DEL PROYECTO</b> .....	39	
3.1	INFRAESTRUCTURA EXISTENTE.....	39
3.1.1.	Core o Centro de Conmutación de la Red. ....	39
3.1.2.	Estaciones Base y Espectro usado:.....	41
3.1.3.	Potencia y configuración de los radio-canales .....	45
3.1.4.	Asignación de los Scrambling Codes:.....	47
3.1.5.	Numeración de las estaciones y sectores .....	49
3.2	ÁREA DE SERVICIO .....	50
3.3	CONEXIÓN ENTRE NODOS Y CONFIGURACION INICIAL .....	54
3.3.1	Interconexión Nodo B – RNC: .....	55
3.3.2	Interconexión RNC – CORE: .....	59

3.4	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS .....	64
3.4.1	Nodos B .....	64
3.5	PLAN PARA LA INTERACCIÓN CON LA RED GSM .....	67
3.5.1	Interacción GSM a UMTS: .....	70
3.5.2	Interacción UMTS a GSM: .....	73
3.5.3	Pruebas de pre-configuración realizadas .....	76
 <b>CAPITULO IV</b>		
<b>COSTOS DEL PROYECTO .....</b>		
		<b>78</b>
4.1	ALCANCES DEL PROVEEDOR: .....	79
4.2	EQUIPOS PARA RED .....	80
4.3	PERSONAL, EQUIPO DE TRABAJO Y TIEMPOS .....	80
 <b>CONCLUSIONES .....</b>		
		<b>82</b>
 <b>ANEXO A</b>		
<b>GLOSARIO DE TERMINOS .....</b>		
		<b>84</b>
 <b>ANEXO B</b>		
<b>LISTA DE FIGURAS .....</b>		
		<b>88</b>
 <b>ANEXO C</b>		
<b>LISTA DE TABLAS .....</b>		
		<b>92</b>
 <b>ANEXO D</b>		
<b>GRAFICAS DE PROPAGACION .....</b>		
		<b>95</b>

## ANEXO E

DESPLIEGUE DE UMTS900 EN ÁREAS CON GSM 900.....	98
---	----

## ANEXO F

PLOTS DE COBERTURA EN PLAYAS DE LIMA .....	100
--	-----

BIBLIOGRAFIA .....	103
--------------------	-----

## **INTRODUCCION**

Actualmente hay un amplio crecimiento en las comunicaciones móviles y la demanda de servicios de datos y otros de valor añadido por parte de los usuarios, una tecnología que pretende cubrir estas necesidades es UMTS / HSDPA (3.5G), mediante esta tecnología se puede brindar servicios de voz, video y de datos en “BANDA ANCHA”.

UMTS o 3G es la abreviación de tercera generación en telefonía móvil. Los servicios asociados con esta generación proporcionan la posibilidad de transferir tanto voz y datos con altas tasas de transferencia las cuales podrían cubrir las demandas acceso a Internet en zonas donde no haya acceso vía cable telefónico (ADSL) o simplemente como una nueva opción de conexión a Internet.

En el presente trabajo se pretende explicar el proceso de planeamiento de la parte UTRAN (UMTS Terrestrial Radio Access Network) una red UMTS desde el punto de vista de capacidad de tráfico y configuraciones de RF sobre una red física ya existente la cual se pretende aprovechar para montar la nueva red. El área en cuestión comprende la ciudad de Lima Metropolitana.

# **CAPITULO I**

## **MARCO TEORICO**

### **1.1 ESTANDARIZACION:**

Durante los últimos 20 años, la UIT se ha encargado de coordinar los esfuerzos desplegados por el sector públicos, el sector industrial y el sector privado para crear un sistema mundial de telecomunicaciones móviles internacionales multimedios de banda ancha, conocido como las IMT. A partir del año 2000, se ha observado en todo el mundo la presencia de la primera familia de normas derivadas del concepto IMT.

El UMTS se ha discutido desde inicios de los años 90. Para esto la ITU creó y nombró como responsable de la especificación a la IMT-2000 (International Mobile Telecommunication 2000), la cual se encarga de la estandarización de los sistemas de tercera generación y en general de los sistemas de comunicación móvil.

El concepto del IMT-2000 incluye los siguientes aspectos:

- Tener un sistema global abierto sin restricciones.
- Compatibilidad entre todos los miembros de la IMT.
- Tener la mayor compatibilidad posible con la mayor cantidad de sistemas 2G, GSM, IS95
- Convergencia entre las redes móviles y fijas.
- Alcanzar altos niveles de bit rate en las redes móviles.
- Tener conmutación de circuitos y paquetes.
- Tener acceso a aplicaciones multimedia.
- Desarrollo de las redes de Telecomunicaciones de los países de una manera económica.

El IMT 2000 esta comprometido a permitir la comunicación móvil global. Por eso la ITU formuló directivas para los sistemas IMT 2000 y pidió a los organismos de

estandarización emitir propuestas basadas en estas directivas las cuales son discutidas en conjunto con la ITU y adaptadas para asegurar la compatibilidad entre los miembros de la familia IMT-2000.

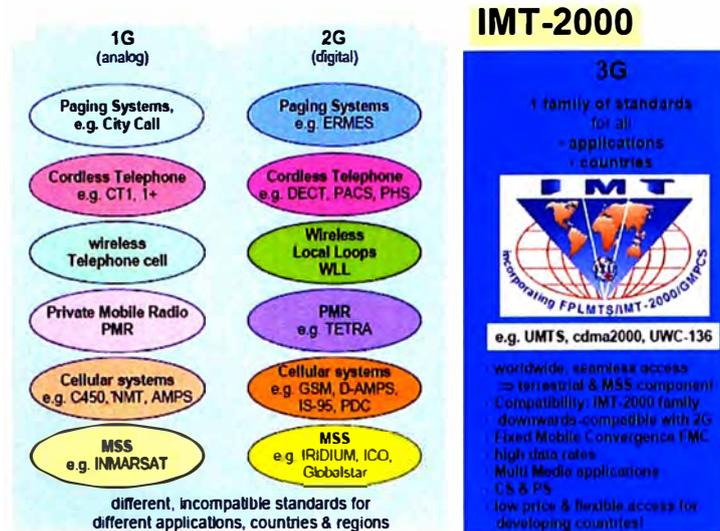


Figura 1.1. IMT-2000

Varias organizaciones de estandarización en todo el mundo participan con sus propuestas, tal como se muestra en la figura 1.2, entre las principales tenemos:

- Por Europa esta la ETSI (European Telecommunication Standardization Institute).
- Por Japón está la TTC (Telecommunication Technology Committee) y la ARIB (Association of Radio Industries and Business).
- Por Corea del Sur esta la TTA (Telecommunication Technology Association).
- Por Estados Unidos tenemos a la T1 (Standards Committee T1 Telecommunications) y la TIA (Telecommunication Industry Association).
- Por China esta la CATT (China Academy of Telecommunication Technology).

Estos organismos recomendaron y desarrollaron diversas tecnologías de transmisión de radio (RTT) alrededor del mundo, las cuales se encuentran resumidas en el mapa de la figura 1.3.

Todas estas organizaciones han desarrollado y propuesto diversas tecnologías de acceso desde el punto de vista de radio tal como se ve en la figura 1.3, entre estas tecnologías tenemos TD-SCDMA, CDMA, SAT-CDMA, WCDMA, UWC-136, entre todas estas tecnologías la que mas a destacado es WCDMA.

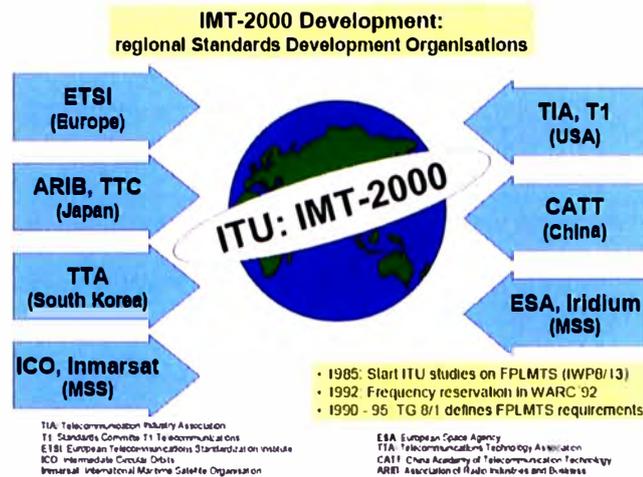


Figura 1.2: Organización Estandarización IMT-2000

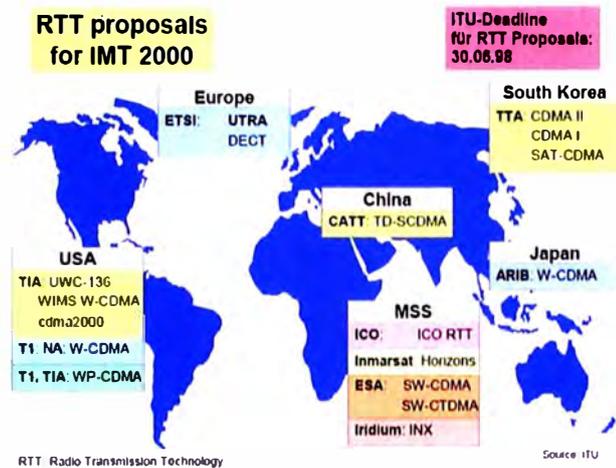


Figura 1.3: Mapa de organizaciones

## 1.2 ARMONIZACIÓN DE TECNOLOGÍAS:

Debido a la gran demanda por la compatibilidad de los sistemas IMT-2000 y como resultado de mejorar individualmente cada propuesta por parte de los organismos de estandarización, varias soluciones de tecnología de acceso de radio, las cuales afectan más a las soluciones para sistemas celulares terrestres debido al crecimiento de la demanda en este sector. Las propuestas de la ARIB (W-CDMA) y la ETSI (UTRA), fueron armonizadas para formar el desarrollo conjunto de los sistemas UTRA FDD/TDD para que se convierta en el sucesor del sistema celular GSM el cual está limitado por los bajos bit rates que proporciona EDGE para los servicios de datos. El Sucesor de IS-95, CDMA 2000 y la UTRA FDD/TDD fueron armonizadas para formar la MC-CDMA que luego pasó a ser DS-SS-SS-SS. La propuesta china TD-SS-SS fue descartada como una solución IMT-2000.

## IMT-2000 Framework and Resulting 3G Standards

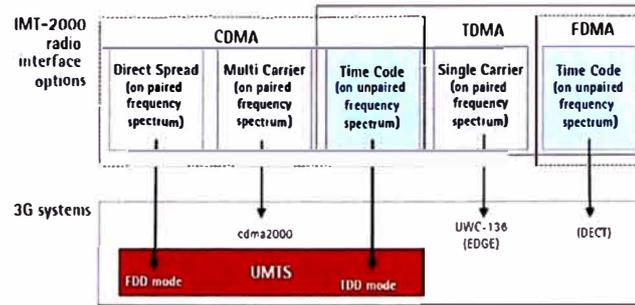


Figura 1.4: Estándares de la IMT-2000

Otra solución que se tenía era la UWC-136 la cual pretendía mejorar a D-AMPS, UWC-136 es el equivalente de EDGE para GSM. En general se esperaba que al menos 3 o más estándares de tercera generación fueran los más difundidos: UMTS FDD/TDD, MC-CDMA, EDGE y TD-SCDMA.

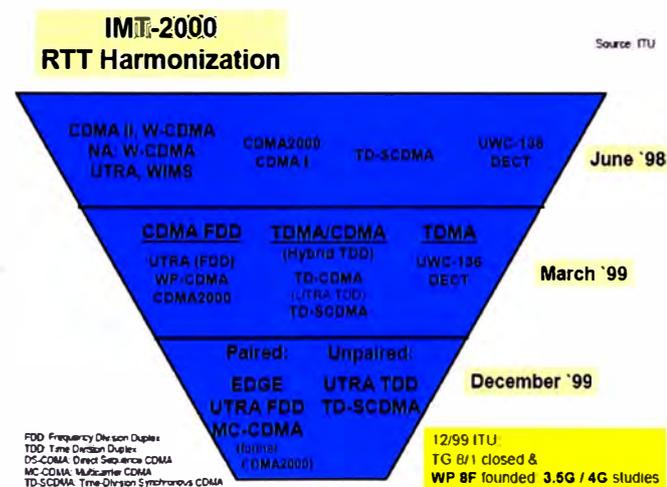


Figura 1.5: Grupos de Armonización

### 1.3 NORMA UMTS Y GRUPOS DE TRABAJO:

La ETSI comienza con la emisión de normas para UMTS, diferentes estudios se han realizado sobre la interfaz de radio UMTS las cuales se completaron entre 1996 y 1997, los cuales formaron la primera fase de la concepción de un sistema UTRA, tal como indica la figura 1.6. En diciembre de 1998, cinco organizaciones internacionales (Japón: ARIB y TTC, EUROPA: ETSI, Corea del Sur: TTA, USA:TI) acordaron fundar un cuerpo

de estandarización el cual se llamaría 3GPP el cual continuaría con la estandarización de norma UMTS.

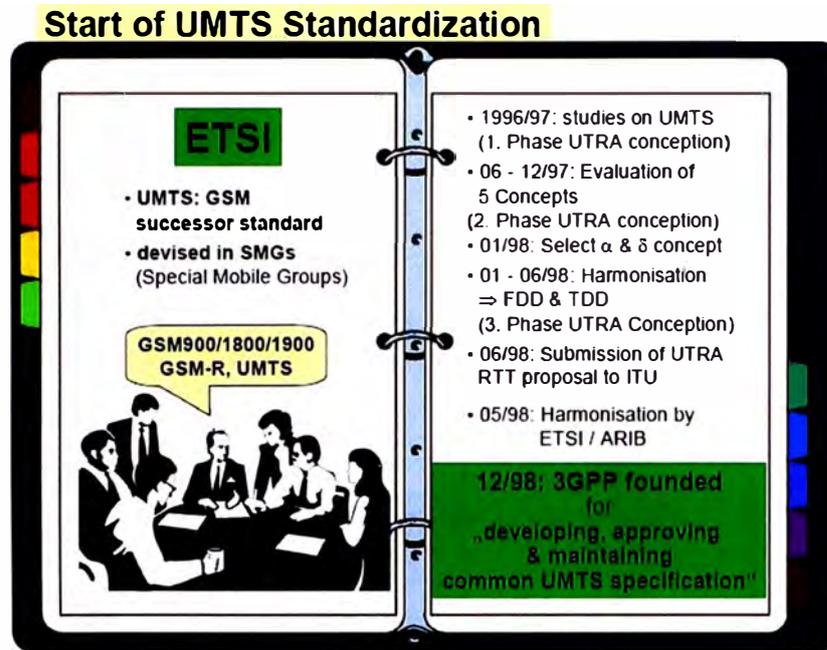


Figura 1.6: Inicios de la estandarización de UMTS

La cooperación entre varias organizaciones mundiales de estandarización asegurara el dominio y establecimiento del estándar 3G así como la facilidad del roaming internacional para colocarlo como opción para el mercado global.

El 3GPP distingue entre los asociados 3 categorías:

- **Asociados Organizacionales:** Delegan expertos a 3GPP para trabajar en el desarrollo del estándar.
- **Asociados representantes de mercado:** Pueden enviar propuestas de investigación al 3GPP en base a estudios de mercado y demanda de servicios.
- **Los observadores:** Son organizaciones con acceso a los comités de la 3GPP pero no tienen poder de decisión en cuanto a la norma.

Desde la fundación de 3GPP, varias organizaciones se han unido al proyecto de desarrollo de la norma UMTS. A comienzos del 2000 la CWTS (China) se unió como socio organizacional; El foro UMTS, la asociación GSM (GSA), UWCC y el foro de IPv6 se unieron como socios representantes del mercado. La TIA y la TSACC se unieron como socios observadores.



Figura 1.7: Grupo de trabajo 3GPP

El 3GPP originalmente se dividió en un grupo de coordinación (PCG) el cual manejaría varios grupos de trabajo. Hoy en día tiene 5 grupos técnicos de especificación (TSG's) los cuales desarrollan y especifican el estándar para UMTS y GSM/EDGE y varios grupos de trabajo (WG's). Hay un TSG para cada aspecto del estándar UMTS: Radio Access Network, Aspectos del servicio y sistema, Core Network y terminales.

Los grupos de trabajo trabajan en diferentes estudios respecto al estándar. Estos estudios son usados por los Grupos Técnicos de Especificación para hacer los draft de las recomendaciones.

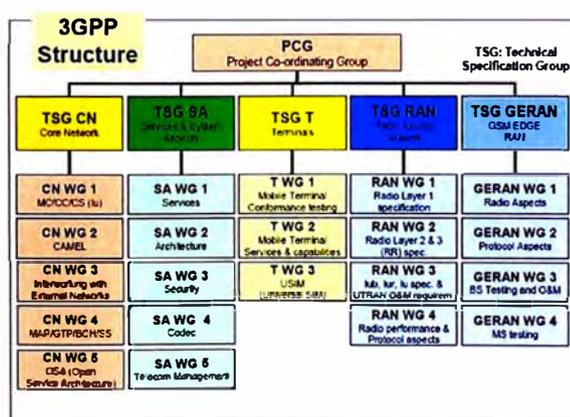


Figura 1.8: Estructura del grupo de trabajo de la 3GPP

## 1.4 ZONAS UMTS

El 3GPP definió el estándar UMTS en base a experiencias satisfactorias del estándar GSM. Las recomendaciones son conocidas como especificaciones técnicas, las diferentes zonas que se definieron en UMTS se ilustran en la figura 1.9.

El concepto de UMTS esta basado en la especificación IMT-2000 de la ITU el cual define cuatro zonas a ser cubiertas (In-Bulding, Urban, SubUrban/Rural) y una zona global para los sistemas satelitales.

**Zona 1 (Indoor):** Debe ser cubierta por las pico-celdas y usan par edificios, sótanos y zonas de alta densidad urbana, almacenes. El radio de servicio de una pico celda esta en el orden d las decenas de metros. Suelen ser áreas pequeñas con alta densidad de usuarios con poca movilidad (max 10 KPH). Según la ITU, el bit rate que se debe alcanzar en este tipo de zona debe ser de hasta 2 Mbps la cual teóricamente es posible en esta zona.

**Zona 2 (Indoor):** Debe ser cubierta por las micro-celdas las cuales son usadas para cubrir zonas conocidas como hot-spots, que suelen estar en áreas publicas dentro de las ciudades, estadios, salas de exhibición, aeropuertos, estaciones de tren, etc. El radio de cobertura de estas celdas es del orden de cientos de metros. Son áreas relativamente pequeñas con alta densidad de usuarios y con baja movilidad (max 10 KPH). El bit rate que se debe alcanzar en este tipo de zona debe ser de hasta 2 Mbps la cual teóricamente es posible en esta zona.

**Zona 3 (SubUrbana-Rural):** Debe ser cubierta por las macro celdas, el radio de cobertura de estas celdas esta en el orden de los kilómetros, una característica de estas zonas es que son de tamaño medo con densidad media de usuarios los cuales tienen movilidad media. La ITU ha fijado hasta 284 Kbps para velocidad media.

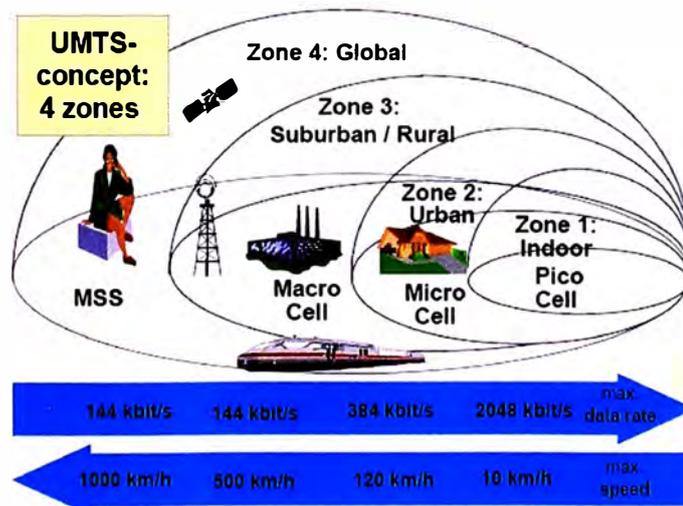


Figura 1.9: Zonas de UMTS

**Zona 4(Global):** Esta zona comprende todas aquellas que no cubren las zonas 1 a la 3, es decir desiertos, montañas, etc. Supuestamente esta zona debería ser para el UMTS satelital (S-UMTS), el cual nunca fue desarrollado.

Las tres primeras zonas son las que se usan para el proceso de diseño de cobertura y grado de servicio.

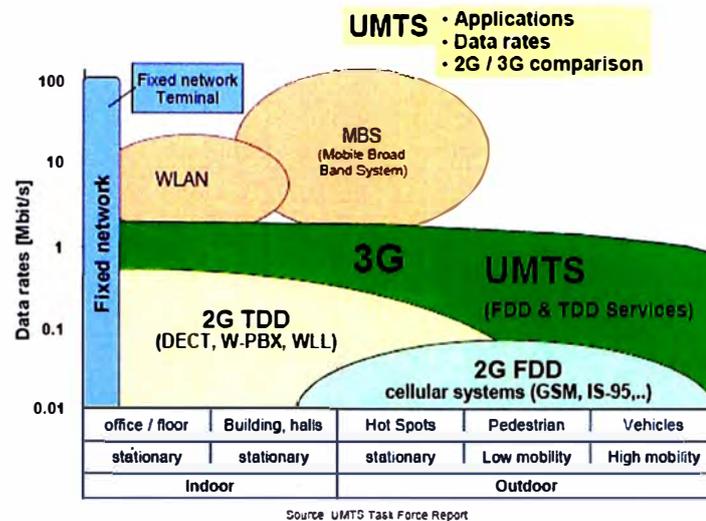


Figura 1.10: tasa de bits en las distintas tecnologías

## 1.5 CONCEPTOS

**Soft Handover (SHO):** Este tipo de handover o traspaso de celda opera cuando las celdas servidoras pertenecen a la misma portadora WCDMA. El SHO consiste en las conexiones de radio (Radio Links) que son retiradas o agregadas en la conexión activa (active-set) entre la red y un móvil, este tipo de conexión es hecha mediante un procedimiento llamado Macro-Diversidad la cual permite a un móvil tener varias conexiones de radio al mismo tiempo.

**Scrambling Code:** Logran que la señal de una celda sea identificable de las demás celdas en WCDMA. Los “Scrambling Codes”(SC) son secuencias de pseudo ruido, esto significa, que son secuencias binarias las cuales exhiben propiedades de ruido. Los SC están basados en los “Gold Codes”. Los cuales no son ortogonales pero tienen baja correlación en retrasos arbitrarios. Por lo tanto, los “Gold Codes” son buenos para sistemas asíncronos como WCDMA ya que pueden ser identificados y separados entre ellos aún cuando los códigos tienen retraso.

Los “Scrambling Codes” son usados para separar terminales (en UL) y estaciones base (en DL) entre ellos.

**Radio Access Bearer (RAB):** Provee el transporte de un servicio entre el móvil y el core de la red con una calidad de servicio adecuada, este servicio esta basado en las

características de la interfaz de radio. Hay 4 diferentes tipos de QoS (Calidad de servicio) para los access bearer de UMTS, tal como lo muestra la tabla 1.1.

- ◆ Clase conversacional.
- ◆ Clase Streaming (tráfico de tipo fluido, sin interrupciones).
- ◆ Clase interactiva.
- ◆ Clase background

Tabla 1.1: Tipos de tráfico en UMTS

Traffic class	Conversational class conversational RT	Streaming class streaming RT	Interactive class Interactive best effort	Background Background best effort
<b>Características Fundamentales</b>	Preserva la relación de tiempo (variación) entre los entes de la información (bajo delay)	Preserva la relación de tiempo (variación) entre los entes que intercambian un flujo de datos	Tiempo de Respuesta según el tamaño del contenido	El destinatario no hace requerimiento de la información, llega en cualquier momento
<b>Ejemplo de Aplicación</b>	Speech	Streaming video	Web browsing	emails

## 1.6 ARQUITECTURA DE UNA RED DE ACCESO UMTS

En las redes 3G se tiene la siguiente topología o arquitectura de red para el acceso y enrutado de las llamadas de los usuarios.

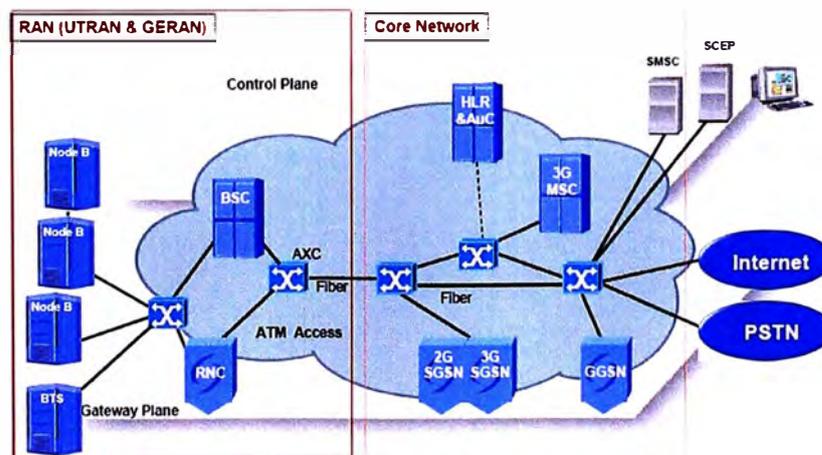


Figura 1.11: Arquitectura de la red 3G

Como se puede observar todo que respecta a la red de acceso 3G en este caso UTRAN (UMTS TERRESTRIAL RADIO ACCESS NETWORK) va directamente al

CORE (Centro Conmutación de circuitos y paquetes móvil), el cual ya tiene la capacidad de brindar servicios de 3era generación. Desde el punto de vista de la estandarización tanto el móvil como la red UTRAN consisten en nuevos protocolos que están diseñados en función a las necesidades del WCDMA como tecnología de radio.

Además hay que mencionar que el sistema de transporte usado actualmente es el ATM, debido a que maneja anchos de banda variables, pero para lograr mayores y además poder implementar la filosofía “type of service” y mejorar los bit rates es posible implementar un sistema híbrido que incluye tecnología Ethernet para usar IP para los servicios de datos, con la introducción de este sistema se puede aplicar calidad de servicio a los servicios que van sobre IP.

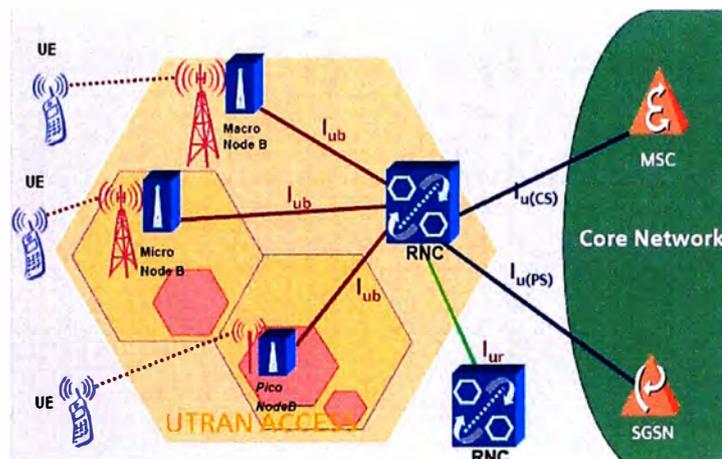


Figura 1.12: Interfaces de la red UTRAN

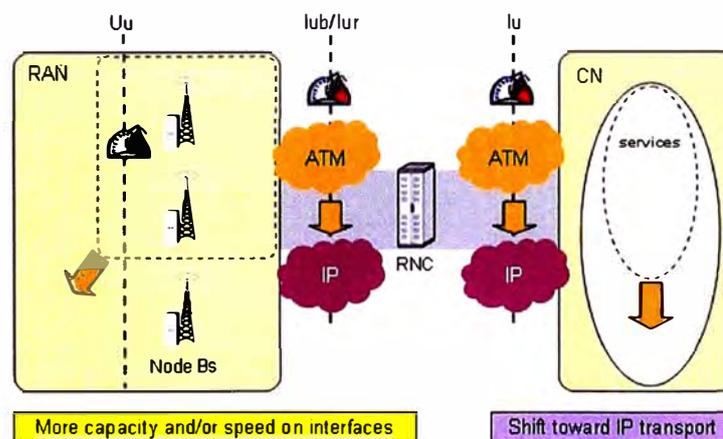


Figura 1.13: Interfaces en el RNC

Un sistema UTRAN consiste en uno o más sub-sistemas de Radio, tal como se indica en las figuras 1.12, cada sub-sistema de radio está identificado por un RNC. En las siguientes secciones se indican cada parte de la red UTRAN.

### 1.6.1. RNC (RADIO NETWORK CONTROLLER):

Este es el controlador celular UMTS, al cual se conecta un conjunto de nodos B, su principal función es controlar todo lo relacionado a lo que es capacidad y movilidad de los usuarios de la red (**Radio Resource Management - RRM**): Entre estas funciones tenemos los siguientes procesos:

- Control de Admisión (Admission Control).
- Control de Carga o tráfico (Load Control).
- Control de Potencia (Power Control).
- Handover Control.
- Control de Recursos de radio (Resource Manager).
- Switching y Multiplexación ATM.
- Conectividad a sistemas de operación y mantenimiento (O&M).

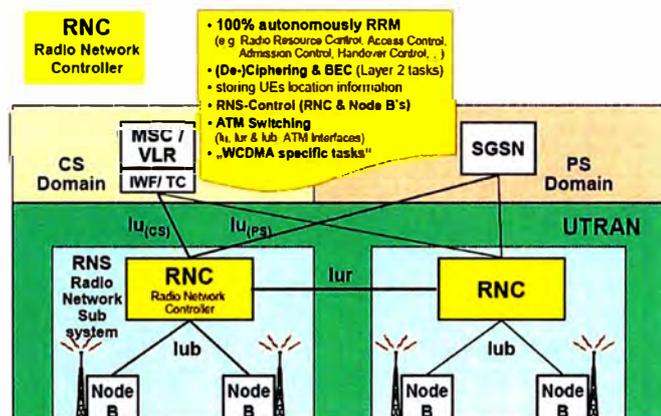


Figura 1.14: Funciones del RNC

Además cuenta con funciones de Telecomunicaciones y funcionalidades para el usuario final:

- Control de procesos en la capa de radio.
- Funciones de chequeo, seguridad y cifrado.
- Servicios de localización.
- Funcionalidades HSPA para el acceso a Internet en “Banda Ancha”.

### 1.6.2. Nodo B (Estación Base o BTS):

El nodo B es la estación celular en si, la cual va directamente conectada al RNC vía fibra óptica, microondas, etc. El nodo B puede tener de 1 a 6 sectores o celdas. Entre sus funciones tenemos las siguientes:

- Interfaz Aire: Funciones en banda base y RF, codificación y decodificación, ensanchamiento y desensanchamiento de códigos.
- Medidas de radio.
- Manejo de los radio canales.
- Manejo de la interfaz Iub, maneja las conexiones ATM AAL2/AAL5

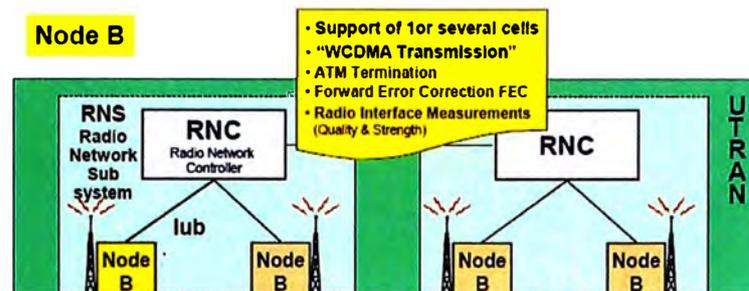


Figura 1.15: Funciones del Nodo B

La capacidad de una celda WCDMA no es proporcional a un número de usuarios sino más bien por la cantidad de potencia que cada unidad de radio pueda manejar, la carga se incrementa a medida de que la cantidad de usuarios en la celda crece o en proporción a la que algunos usuarios empiezan a acceder servicios de datos y/o voz.

Todos los elementos mencionados se conectan a su vez estos elementos se unen a través de las interfaces Iu la cual conecta la red UTRAN hacia el Centro de conmutación (Core network).

### 1.6.3. Interfaces UTRAN Iu (Iups y Iucs -> RNC-Core Network):

A través de estas interfaces el RNC o varios RNCs se conectan al core de la red (Paquetes y Circuitos), estas interfaces son de protocolo abierto lo que permite que varios fabricantes puedan conectarse entre sí, es decir el core puede ser de un fabricante mientras que las redes UTRAN pueden ser de otros fabricantes. Además permite la interacción con el core GSM ya existente, lo que quiere decir que las interfaces están preparadas para permitir la evolución de los protocolos tanto del CORE como de la red UTRAN, ya que para esta interfaz estos protocolos son transparentes.

Entre las capacidades y servicios de estas interfaces tenemos:

- Procedimientos para establecer, sostener y liberar los Radio Access Bearer.
- Procedimientos para realizar el Inter-System-Handover
- Soporta el servicio de Cell Broadcast.

- Servicios de localización a través de peticiones desde el core hacia la red acceso (UTRAN)
- Soporta el acceso a múltiples dominios del core (paquetes y datos a la vez) para un solo móvil.

#### **1.6.4. Interfaz Iub (RNC-Nodo B):**

Esta es la interfaz que nos permite la interconexión entre el RNC y los nodos B, entre sus principios de operación tenemos:

- Esta interfaz debe facilitar la interconexión entre distintos fabricantes, actualmente los fabricantes no hacen uso de esta característica debido a temas de gestión la cual si es propietaria.
- La transmisión se puede compartir con los actuales sistemas GSM.
- La evolución del nodo B tanto en nivel físico como en protocolo debe ser transparente para permitir el futuro desarrollo.
- La funcionalidad de la interfaz de tomar en cuenta la probabilidad de frecuentes cambios entre diferentes tipos de canales de radio

#### **1.6.5. Interfaz Iur (RNC-RNC):**

Esta conexión o interfaz es usada para la conexión entre distintos RNCs, entre los principios de esta interfaz tenemos:

- Es de protocolo abierto para que distintos fabricantes puedan conectarse entre si dentro de una red UTRAN.
- Esta interfaz permitirá el intercambio de señalización entre ambos RNCs.

### **1.7 TECNOLOGÍA DE TRANSPORTE**

En las redes actuales de tercera generación se usa como tecnología de transporte el ATM, esto es usado para las tres interfaces del RNC: Iub, Iucs y el Iups.

ATM es una tecnología de transporte que tiene orientación a conexión a través de circuitos virtuales, rutas y canales. Soporta servicios con distintos anchos de banda al mismo tiempo

Entre las razones que se tiene para usar ATM como red de transporte tenemos:

- a. ATM provee eficiencia para la transmisión de voz, video y datos.

- b. Por usar unidades de paquetes pequeños, los delay son mínimos, los cuales son vitales en los switches ATM ya que usaran menores recursos para el procesamiento y enrutado.
- c. ATM provee fiabilidad y Calidad de servicio (QoS).
- d. ATM soporta la funcionalidad del soft handover la cual es usada en las redes WCDMA, esta es una de las principales razones.

Los distintos beneficios del uso de ATM para redes WCDMA se resumen en la figura 1.16:

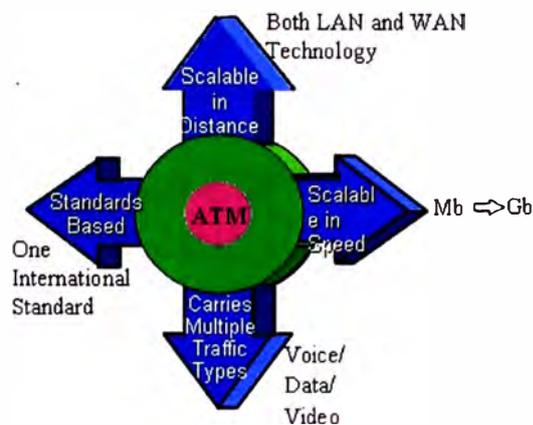


Figura 1.16: Beneficios de ATM

En ATM se puede transmitir tiempo real y en tiempo no real (RT y NRT). Según el concepto de ATM, todas las tramas de datos con distintos bit rates son convertidos en paquetes mas pequeños llamados CELDAS ATM (cps) las cuales son de 53 bytes con una cabecera de 5 bytes, las cuales son transmitidas a través de un solo camino o interfaz.

La estructura de una celda ATM se muestra en la figura 1.17, en la cual se muestra la cabecera de 5 bytes que contienen los distintos campos de control para cada celda ATM.

Los campos VPI/VCI indican los números de Virtual Path Id/Virtual Channel Id a los que las celdas ATM pertenecen. Un único y separado VPI/VCI Id es asignado para indicar que tipo de celda viene tras de una. El campo PT (Payload Type), el primer bit indica cuando la celda contiene datos de usuario o control, el segundo bit indica si hay o no congestión y el tercer bit nos indica si la celda es o no la ultima en la serie cuando representa a una sola trama tipo AAL5.

EL campo CLP (Cell Loss Priority), indica cuando la celda debería ser descartada, esto se da si existe alta congestión en la red ATM. El campo HEC (Header error control) es un chequeo de suma calculada sobre la cabecera de cada CELDA ATM.

8	7	6	5	4	3	2	1	
GFC				VPI				1
VPI				VCI				2
VCI								3
VCI				PT		CLP		4
HEC								5
Payload								6 to 53

Figura 1.17: Celda ATM

Existen 2 tipos de celdas ATM que son las siguientes:

- a. **User Network Interfaz (UNI):** Usada para la conexión entre puntos finales ATM y switches ATM. Se entiende como punto final a cada nodo terminal de una red ATM, por ejemplo, en caso de 3G este nodo terminal sería el nodo B.

UNI FORMAT								
8	7	6	5	4	3	2	1	
GFC				VPI				1
VPI				VCI				2
VCI								3
VCI				PT		CLP		4
HEC								5
Payload								6 to 53

Figura 1.18a: Celda tipo UNI

- b. **Network Node Interfaz (NNI):** Usada para la conexión entre switches ATM. Como se puede observar en las figuras 1.8a y 1.18b, se observa que la diferencia es que el formato NNI 12 bits para VPI, mientras que el UNI tiene 8 bits para VPI, este es un indicativo de que el formato NNI se usa para unir varios nodos en nubes ATM.

NNI FORMAT								
8	7	6	5	4	3	2	1	
VPI								1
VPI				VCI				2
VCI								3
VCI				PT		CLP		4
HEC								5
Payload								6 to 53

Figura 1.18b: Celda tipo NNI

En el caso de 3G un switch sería el RNC. Según las definiciones que se tiene, la red UTRAN tendrá la configuración de interfaces ATM que se indica en la figura 1.19.

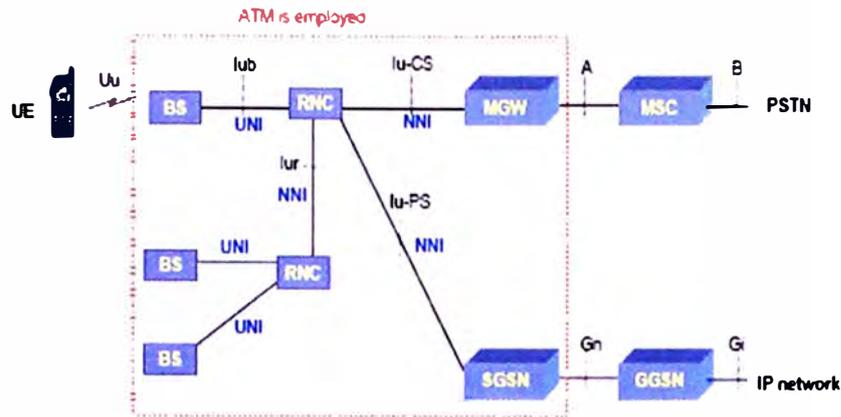


Figura 1.19: Tipos de interfaces ATM en la red UTRAN

Como se puede observar las conexiones UNI corresponden a la interfaz Iub (BTS-RNC), la BTS es una conexión final. Las conexiones NNI corresponden a las conexiones entre RNC, SGSN o MGW, es decir entre elementos que conmutan la comunicación a nivel de tramas ATM, cada uno de estos equipos posee tarjetas y/o interfaces que soportan protocolos ATM.

Entre los nodos B y el RNC se suele usar un equipo ATM llamado concentrador que básicamente lo que hace es multiplexar y demultiplexar n Els hacia interfaces STM1, que son la que generalmente usan los RNCs

### 1.7.1. Capa de Adaptación ATM (AAL – ATM Adaptation Layer)

Las redes ATM son capaces de soportar diferentes tipos de transmisión de datos según los requerimientos de tráfico. AAL acepta datos de diferentes aplicaciones y los presenta a la capa ATM bajo la forma de segmentos de carga ATM de 48 bytes. Las AAL difieren según la temporización origen-destino utilizada, si usan CBR o VBR, y si se usan como transferencia de datos orientada a conexión o no orientada a conexión.

Para una mejor distribución de tráfico y debido a los diferentes anchos de banda requeridos, las capas de adaptación se han dividido en sub-capas y a su vez se han dividido en tipos de sub-capas, tal como se muestran en los siguientes párrafos:

AAL esta dividido en 2 sub-capas:

- **Sub Capa de Convergencia (CS)**

En esta capa se encarga de la adaptación AAL hacia la capa superior y del tipo de datos y de la sincronización (servicios RT y NRT).

- **Sub capa de Segmentación y Reensamble (SAR)**

Esta capa es responsable de la segmentación del flujo de datos en paquetes de 48 bytes y del reensamble de los datos ATM para regenerar el flujo original de datos.

Para soportar diferentes tipos de transmisión de datos, se han definido diferentes tipos de AAL para redes UMTS, tal como se muestra en la figura 1.20.

Entre las capas de adaptación disponibles tenemos:

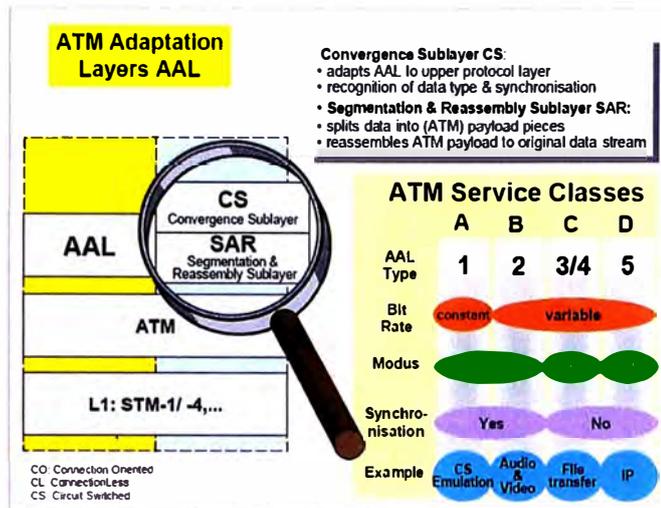
- **AAL1:** Usado para el modo sincronizado (RT data), esta orientado a conexión con bitrate constante (CBR services), típicamente este tipo de AAL es usado para la emulación de servicios de circuitos conmutados
- **AAL2:** Usado para el modo sincronizado (NRT data), esta orientado a conexión con bitrate variable (Variable Bit Rate, VBR services). Típicamente es usado para aplicaciones de audio y video.
- **AAL 3/4:** Es usado para el modo asíncrono (NRT data), soporta servicios orientados o no orientados a conexión con bit rate variable. Es típicamente usado para emulación de LAN o conexión de LANs vía redes ATM.
- **AAL5:** Usado para el modo asíncrono (NRT data), no orientado a conexión con bit rate variable. Es típicamente usado para soportar IP o FR. Y es usado para los protocolos superiores que estén orientados a conexión. AAL5 adapta las multiceldas de la capa superior (PDUs) dentro de ATM con errores mínimos.

### 1.7.2. Configuración y numeración de un camino ATM para las distintas interfaces

Las interfaces en UTRAN usan generalmente conexiones virtuales permanentes en ATM (PVC - Permanent Virtual ATM Connections), los PVC están predefinidos entre los nodos y se mantienen activos hasta que el operador de la red desconecte el servicio, en este sentido los PVC son similares a la conexión de líneas dedicadas. En la figura 1.21 se puede observar como estan distribuidos los VCIs dentro de un VP y como estos a su vez están dentro de un path o camino de transmisión.

En la capa de ATM, uno o más Virtual Paths (VP) son establecidos entre dos nodos, cada VP contiene uno o más Virtual Channels (VC), los cuales pueden usar diferentes tipos de ATM Adaptation Layers (ATM). La combinación de Virtual Path

Identifier (VPI) y Virtual Channel Identifier (VCI) identifican una conexión ATM (PVC), esta información es incluida en los 5 bytes de encabezado de la celda ATM.



ATM adaptation layers: AAL 1 / 2 / 5

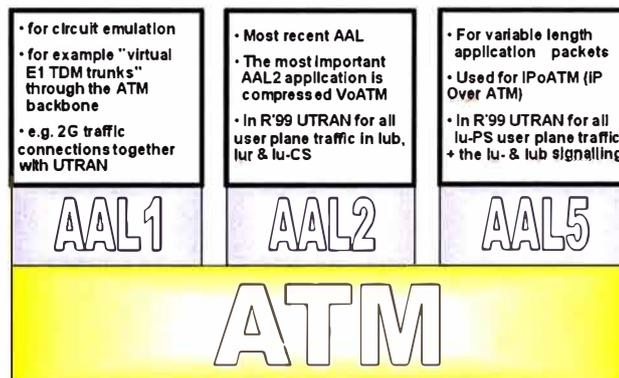


Figura 1.20: Capas de Adaptación ATM

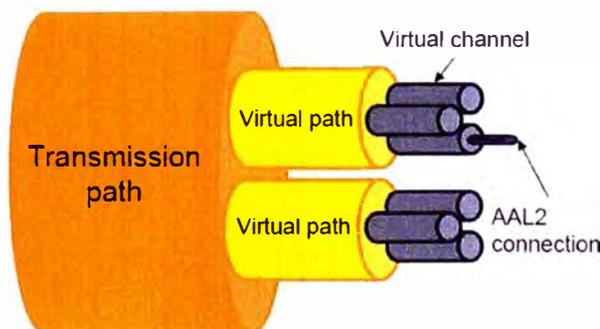


Figura 1.21: Interfaces ATM

Un Nodo B se conecta al RNC por medio de una conexión lógica punto a punto haciendo uso de PVC, el tráfico cursado dentro de un VP en la interfaz Iub esta destinado para un único Nodo B.

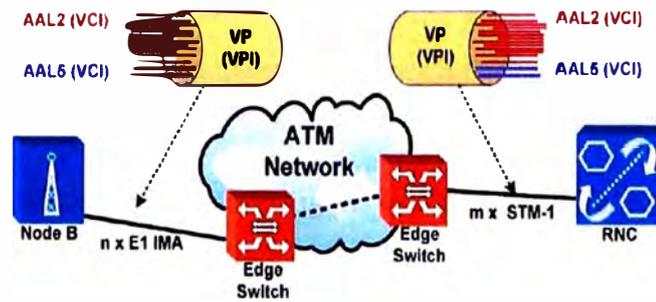


Figura 1.22: VP/VC entre nodos y RNC

**Interfaz Iub:** Los valores de identificación de VCI entre 0 y 31 fueron reservados por el ITU-T y el ATM Forum, esto lleva a que el primer valor disponible sea el 32. Considerando los diferentes sub-flujos de la interfaz Iub, la siguiente tabla muestra los valores de VCI que se usarían dentro del VP que identificaría un Nodo B hacia al RNC.

Tabla 1.2: Numeración de VCI en Iub

Sub-Flow	VCI Value
IPOAM	32
C-NBAP	33
D-NBAP	34
AAL2SL	35
AALUD	36

Como la interfaz entre el RNC y el concentrador ATM es un STM-1 VC4, la idea es tener una numeración de VPI consecutiva y relacionada a los Nodos B que estarán conectados al RNC a través de una interfaz física definida.

Dado que es posible usar el mismo VPI en diferentes interfaces ATM del mismo nodo, en la conexión entre el concentrador ATM y cada Nodo B podemos usar el mismo VPI y la identificación del Nodo B se realizaría por la interfaz ATM o IMA GROUP que se use en el concentrador ATM.

El protocolo **NBAP** (Node B Application Part) se divide en capas común y dedicada:

Las tareas de la capa común son:

- Configuración de Celda.
- Manejo de los canales RACH/FACH/CPCH y PCH (canales de control de la interfaz radio).

- Reporte de las medidas de radio de la celda o del nodo B.
- Control de errores.

Las tareas de la capa Dedicada son:

- Adición, eliminación y reconfiguración de los Radio enlaces para cada móvil (proceso de SHO) en modo dedicado.
- Manejo de los canales dedicados y compartidos
- Inicio y reporte de las medidas de radio un enlace específico de radio.
- Control de fallas en un Radio enlace con un móvil.

**Interfaz IuCS:** El tráfico en la interfaz Iu<sub>cs</sub> es:

- **Control Plane** : RANAP y AAL2SL son transportados en CBR VCC.
- **User Plane** : AAL2UD (AAL2 User Date) es transportado en CBR VCC.

Con el fin de diferenciar los VPI que serán usados en esta interfaz, se usará el rango de valores entre 100 al 199, con esto el primer VP que se cree entre el RNC y el MGW/MSC utilizaría el valor 100, en caso de requerir VPs adicionales la numeración se incrementaría secuencialmente.

Considerando los diferentes sub-flujos de la interfaz Iu<sub>cs</sub>, la siguiente tabla muestra los valores de VCI que se usarían dentro del VP.

Tabla 1.3: Numeración de VCI en IuCS

Sub-Flow	VCI Value
User Plane	32 al 99
Control Plane	100 al 199

**Interfaz IuPS:** El tráfico en la interfaz Iu<sub>cs</sub> es:

- **Control Plane** : RANAP (MTP3SL) es transportado sobre CBR VCC
- **User Plane** : IPOAUD (IP Over ATM User Data), el tráfico de usuario es transportado usando AAL5 en UBR VCC.

Para la interfaz IuPS, el rango de valores para VPI sería del 200 al 239. Considerando los diferentes sub-flujos de la interfaz Iu\_ps, la tabla 1.4 muestra los valores de VCI que se usarían dentro del VP.

Tabla 1.4: Numeración de VCI en IuPS

Sub-Flow	VCI Value
User Plane	32 al 99
Control Plane	100 al 199

Tabla 1.5: Numeración de VCI en Iur

Sub-Flow	VCI Value
User Plane	32 al 99
Control Plane	100 al 199

**Interfaz Iur:** El tráfico en esta interfaz tiene una estructura similar al de la interfaz Iu\_cs, la única diferencia es que el protocolo de señalización es RNSAP en lugar de RANAP. La función de esta interfaz es brindar la funcionalidad de soft handover entre nodos pertenecientes a distintos RNCs.

En la tabla 1.5, la numeración VPI/VCI en la interfaz Iur sigue el mismo esquema usado en las interfaces Iu\_cs y Iu\_ps, los valores para VPI estarían a partir de 240.

### 1.7.3. Equivalencia con las redes TDM y agrupaciones

La unidad de transmisión en ATM es la celda por segundo (cps), como se mencionó anteriormente son de 53 bytes, entonces se puede hacer las siguientes equivalencias de capacidad respecto a otras redes de transporte:

Tabla 1.6: Equivalencias de interfaces STM/E1 en CPS

TRANS	CANT	Payload (kbps)	Equiv CPS ATM
E1	1	1920	4528
STM1 - VC4	1	149760	353207
E1	2	3801.6	8966
E1	3	5702.4	13449
E1	4	7603.2	17932

En ATM debido a que es un pool se suele hacer conexiones de varios E1s lo que es usado para la interfaz Iub que es la que puede variar de tamaño según el tráfico que curse

cada estación, estas conexiones son conocidas como los grupos IMA (Inverse Multiplexing ATM), el tamaño de estas conexiones lo determina el número de E1s usados, físicamente estas conexiones van por redes PDH.

Estos grupos IMA se configuran los cps de la siguiente manera, según lo indicado en la tabla 1.7.

Tabal 1.7: Configuración de IMA groups según cantidad de E1s

Config	1*2M	2*2M-IMA	3*2M-IMA	4*2M-IMA
VP0	4528	8980	13471	17961
C-NBAP	79	158	237	316
D-NBAP	158	316	474	632
AAL2SIG	79	158	237	316
UP	4061	8197	12372	16546
O&M	151	151	151	151

## 1.8 SOLUCIONES HIBRIDAS PARA EL TRANSPORTE:

La arquitectura original de UTRAN da como solución de transporte el ATM, pero con el desarrollo y uso masivo de IP, se ha empezado a usar soluciones híbridas en la que se esta introduciendo interfaces Ethernet para el transporte. El transporte con ip es introducido en el release 5 de la 3GPP, tanto el Iub como el Iur usan los protocolos UDP/IP y para el Iu CS se usa RTP/UDP/IP como protocolos.

Estas soluciones híbridas fueron desarrolladas para aliviar el transporte de tráfico HSPA ya que este tipo de tráfico incrementa la carga de la interfaz Iub. En contraste con los E1s clásicos, los servicios basadas en Ethernet suelen ser menos costosos, la estrategia a adoptar es pasar solo tráfico de tiempo real sobre el ATM, es decir las llamadas de voz y las video-llamadas, mientras que el tráfico de paquetes se pasaría sobre la red Ethernet.

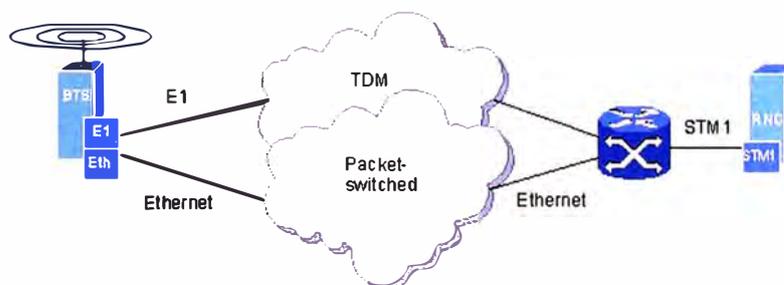


Figura 1.23: Solución híbrida para el transporte Nodo B – RNC/SGSN

Las soluciones híbridas incluyen:

- ◆ Los nodos cuentan con interfaces Ethernet para soportar transmisión por IP.

- ◆ Cuentan con un Gateway para conectar una conexión IP sobre la red tradicional ATM para poder llegar al RNC.
- ◆ Al usar este tipo de soluciones se ahorra en el uso de circuitos TDM, ya que solo el tráfico CS pasaría sobre estas interfaces.
- ◆ Para mantener la movilidad y lo relacionado al control seguirá pasando a través del RNC.

## CAPITULO II

### DETERMINACION DE LA DEMANDA.

Debido a que los servicios que se ofrecen en 3G incluyen acceso a datos en banda ancha y video llamadas además de las llamadas tradicionales de voz, el publico objetivo suele ser aquel que no tiene acceso a una red ADSL mayormente debido a falta de infraestructura, también hay que considerar que deben tener cierto poder adquisitivo, es por eso que estas redes salen primero en las zona urbanas de las ciudades para competir directamente con las redes fijas de banda ancha y con otras redes móviles.

Actualmente los móviles tienen capacidad de manejar los esquemas de modulación QAM para alcanzar altas tasas de bit rate, además una de las estrategias de los operadores es distribuir los modems USB, mediante el cual pretenden captar a los usuarios para que se conecten a la red 3G.

En nuestro caso se hará el estudio en los distritos de Lima Metropolitana. Las cuales representan las zonas urbanas de Lima en las que hay una infraestructura de red celular existente.

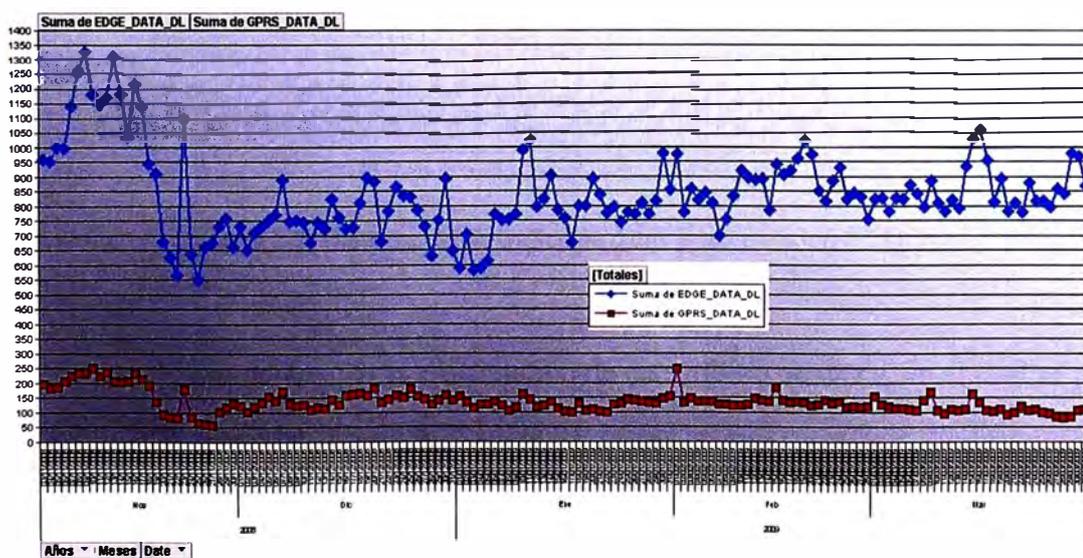


Figura 2.1: Trafico de datos de la red 2.5 G

La Demanda de datos de la actual red EDGE-GPRS se puede ver en la figura 2.1, el trafico de datos (MBytes descargados), promedio en una hora y por día, de estos cálculos

se obtiene que el tráfico promedio diario por día y por hora es 978.17 MBytes, y el tráfico de la hora pico se suele hacer asumiendo que es 20% mas que el tráfico promedio, es decir tendríamos a la hora pico:  $1.2 \times 978.17 \text{ MBytes} = 1.173 \text{ GBytes}$ .

Entre los servicios de datos que se ofrece en la plataforma EDGE/GSM (2.5G), tenemos:

- Internet móvil WAP. (Para móviles).
- Oficina Móvil (Black Berry).
- Transmisión de Datos (Uso de móviles como Modem).
- Descarga de Aplicaciones (fotos, MMSs, Ring tones).

Comparado con el tráfico de voz, el tráfico de datos representa aproximadamente el 5% del tráfico total de la red:

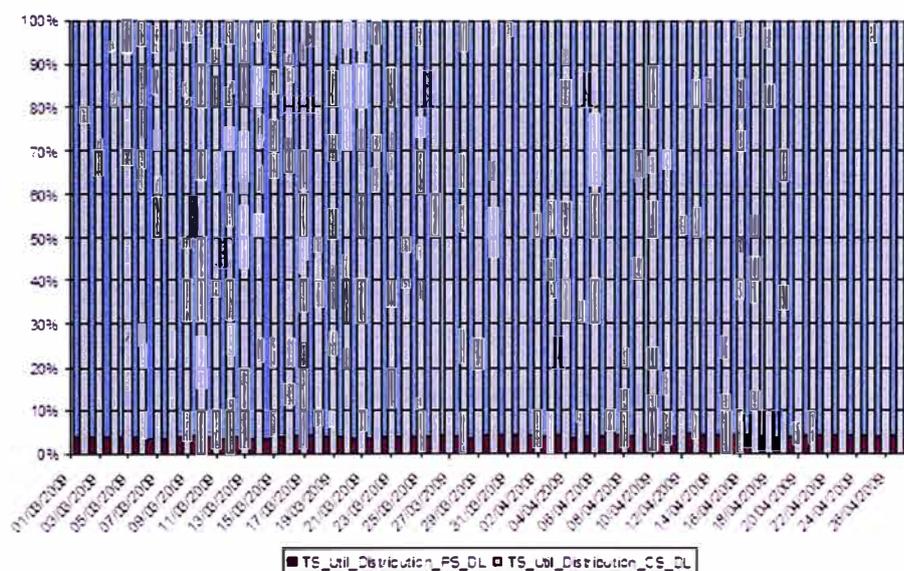


Figura 2.2: Distribución de tráfico de datos y voz en la red 2.5 G

En un mapa podemos ver la distribución de este tráfico de datos, en el cual se puede observar el uso de servicios de datos en Lima

Topológicamente la red GSM de Lima esta dividida en LACs/RACs, en el caso de esta red podría haber mas de un RAC dentro de un LAC, pero el caso es que la distribución es uno a uno, lo cual facilita la estimación para poder obtener un numero de usuarios tanto de voz como de datos sobre áreas geográficas establecidas. Estas áreas de LACS/RACS se muestran en la figura 2.3:

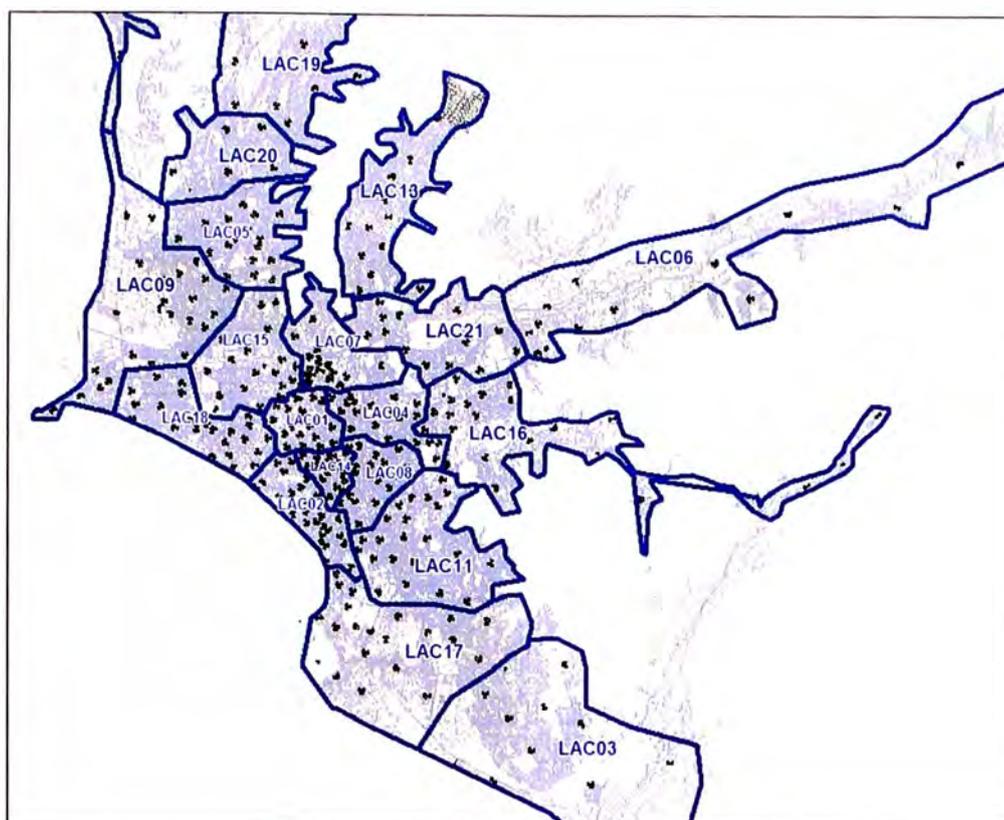


Figura 2.3: Distribución de LACS 2G en la red de Lima

En la tabla 2.1 se muestran los LACs de Lima y se marcan aquellos que cubren las zonas rurales, no se tomarán en cuenta estos LACs, ya que estamos estudiando la zona de Lima Metropolitana para el diseño inicial.

Tabla 2.1: Distritos agrupados por LAC 2G

LAC	AUCALLAMA	BARRANCA	CHANCAY	HUACHO	HUARAL	PARAMONGA	SUPE	VEGUETA
LAC12	ASIA	CERRO AZUL	CHILCA	MALA	SAN ANTONIO	SAN VICENTE DE CAÑETE	LUMAHUANA	X
LAC09	LURIN	PUCUSANA	PTA HERMOSA	SAN BARTOLO	PACHACAMAC	PUCUSANA	N El Salvador	X
LAC18	BELLAVISTA	LA PERLA	MAGDALENA	Pueblo Libre	SAN MIGUEL	X	X	X
LAC16	ANCON	SANTA ROSA	ANCON	PTE PIEDRA	VENTANILLA	X	X	X
LAC17	BARRANCO	CHORRILLOS	CHORRILLOS	SJ Miraflores	VM Triunfo	X	X	X
LAC15	BREÑA	ELIAC	SM Poma	SAN MIGUEL	X	X	X	X
LAC14	CIENEGUILLA	LA MOLENA	PACHACAMAC	SANTA ANITA	X	X	X	X
LAC04	ATE	CHACLACAYO	LURIGANCHO	X	X	X	X	X
LAC07	EL AGUSTINO	LINA	RMAC	X	X	X	X	X
LAC02	BARRANCO	MIRAFLORES	SAN ISIDRO	X	X	X	X	X
LAC04	ATE	LA VICTORIA	SAN LUIS	X	X	X	X	X
LAC21	EL AGUSTINO	SJ Lurigancho	SANTA ANITA	X	X	X	X	X
LAC09	CALLAO	LA PUNTA	SM Poma	X	X	X	X	X
LAC14	LENCE	SAN ISIDRO	SURQUILLO	X	X	X	X	X
LAC11	SJ Miraflores	SURCO	VM Triunfo	X	X	X	X	X
LAC01	JESUS MARIA	LENCE	X	X	X	X	X	X
LAC06	COMAS	LOS OLIVOS	X	X	X	X	X	X
LAC15	DEPENDENCIA	LOS OLIVOS	X	X	X	X	X	X
LAC17	CARABAYLLO	PTE PIEDRA	X	X	X	X	X	X
LAC13	SAN BORJA	SURQUILLO	X	X	X	X	X	X
LAC13	SJ Lurigancho	X	X	X	X	X	X	X

El tráfico de datos de Lima y de usuarios se muestra en la figura 2.4. En la tabla 2.2 mostramos como la distribución de tráfico de datos se concentra en los LACs marcados en naranja, los cuales son aquellas zonas en la que el tráfico de datos es mayor, es decir hay

mayor demanda. Inicialmente se dará prioridad a estas áreas para la fase de implementación.

Tabla 2.2: Trafico de datos y cantidad de usuarios por LAC

LAC	Down Load Mbytes (All_Day)	DISTRIBUCION_T RAFI CO	USUARIOS	Trafico promedio por usuario (Mbytes)	Dist_usuarios
LAC02	23236.236	8.18%	109607	0.211995913	3.69%
LAC18	22681.044	7.99%	152212	0.149009566	5.13%
LAC11	20950.544	7.38%	159451	0.131391738	5.37%
LAC16	18040.766	6.35%	116287	0.155140007	3.92%
LAC08	16221.113	5.71%	86548	0.187423314	2.91%
LAC17	14980.987	5.28%	179950	0.083250831	6.06%
LAC09	14115.447	4.97%	181406	0.077811357	6.11%
LAC04	13888.052	4.89%	146257	0.094956494	4.93%
LAC15	13062.72	4.60%	179973	0.072581554	6.06%
LAC14	12744.179	4.49%	76254	0.167128006	2.57%
LAC06	11391.1	4.01%	158802	0.071731464	5.35%
LAC21	11231.335	3.95%	148800	0.075479402	5.01%
LAC01	11229.577	3.95%	127803	0.087866302	4.30%
LAC05	11112.68	3.91%	158055	0.070308943	5.32%
LAC13	10007.01	3.52%	166939	0.059944111	5.62%
LAC07	8043.6648	2.83%	163950	0.049061694	5.52%
LAC19	7933.0093	2.79%	127841	0.062053718	4.31%
LAC10	7739.7831	2.73%	114449	0.067626481	3.85%
LAC20	4480.7162	1.58%	90785	0.049355248	3.06%

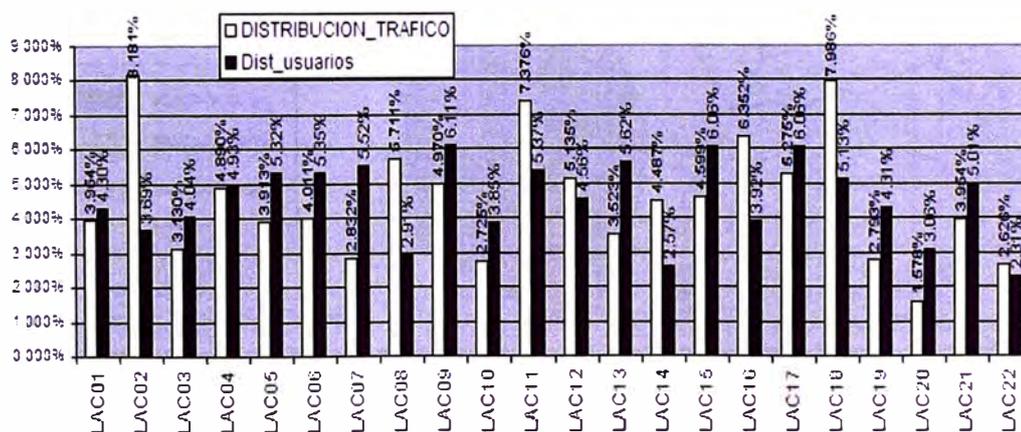


Figura 2.4: Trafico de datos y usuarios por LAC

Según esto la demanda potencial estaría en distritos mostrados en la tabla 2.3, es interesante observar que no solo aparecen distritos donde hay poder económico, tales como San isidro o Miraflores, lo cual indica que la demanda de Internet ya no esta basada en niveles socioeconómicos sino en demanda pura sin importar esto último.

Tabla 2.3: Distritos con mayor demanda de tráfico.

LAC					
LAC18	BELLAVISTA	LA PERLA	MAGDALENA	Pueblo Libre	SAN MIGUEL
LAC17	BARRANCO	CHORRILLOS	CHORRILLOS	SJ Miraflores	VM Triunfo
LAC16	CIENEGUILLA	LA MOLINA	PACHACAMAC	SANTA ANITA	X
LAC02	BARRANCO	MIRAFLORES	SAN ISIDRO	X	X
LAC09	CALLAO	LA PUNTA	SM Porres	X	X
LAC11	SJ Miraflores	SURCO	VM Triunfo	X	X
LAC08	SAN BORJA	SURQUILLO	X	X	X

En el mapa de la figura 2.5 se muestra la distribución de la actual demanda de datos:

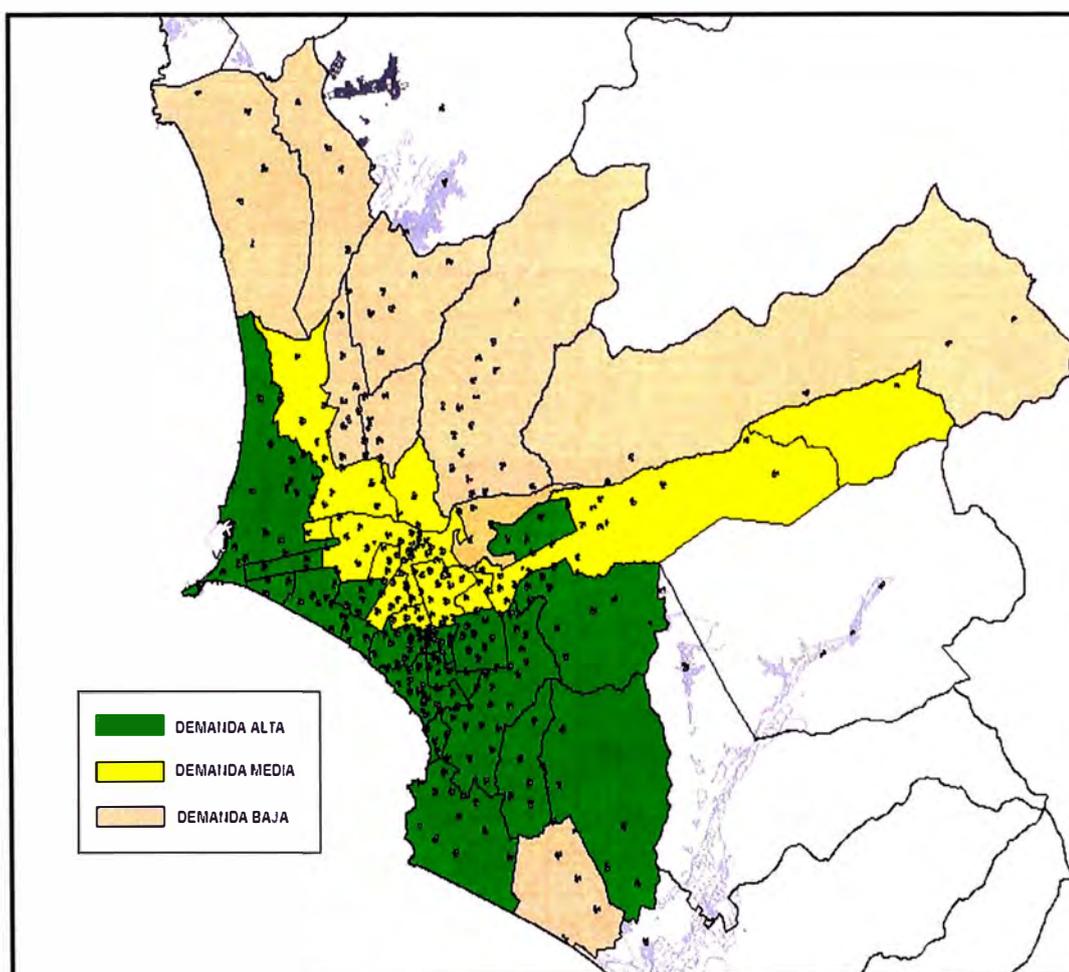


Figura 2.5: Mapa de distritos con más demanda de tráfico de datos

En los mapas mostrados en las figuras 2.6, 2.7, 2.8 y 2.9, se puede observar la distribución de tráfico por sector, en el cual indicamos las zonas con mayor nivel de tráfico, tal como lo indican estos mapas, dentro de un LAC o distrito hay sectores de la red que son más representativos que otros, pero el cálculo siempre se hace a nivel de área para poder hacer un dimensionamiento de manera uniforme.

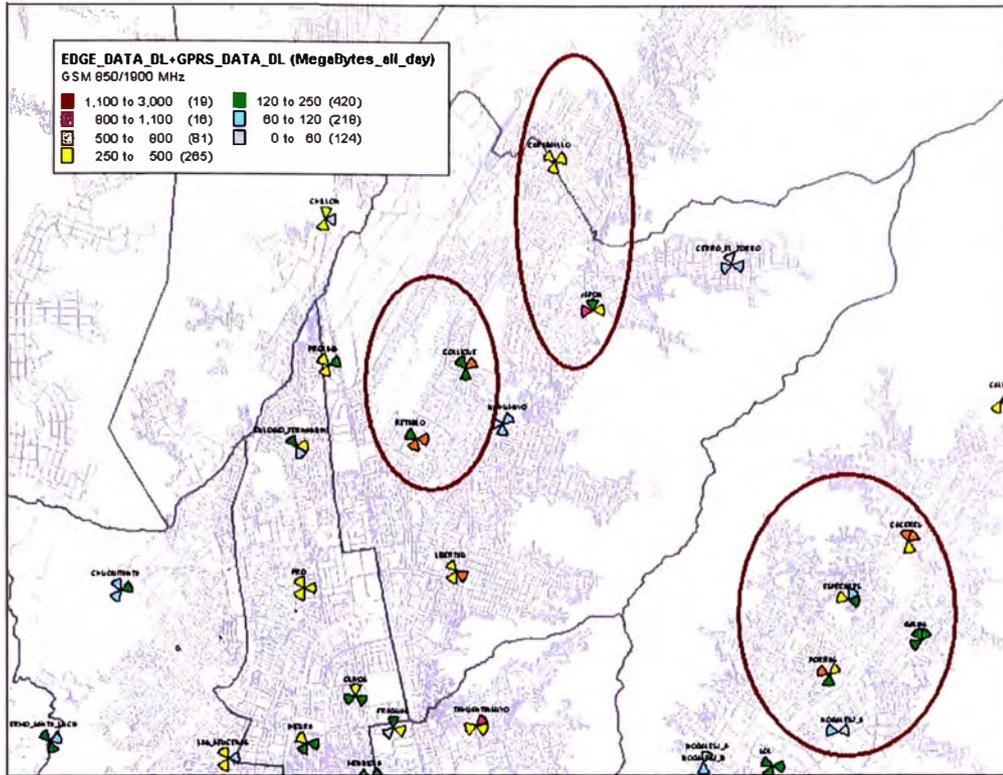


Figura 2.6: Lima Norte

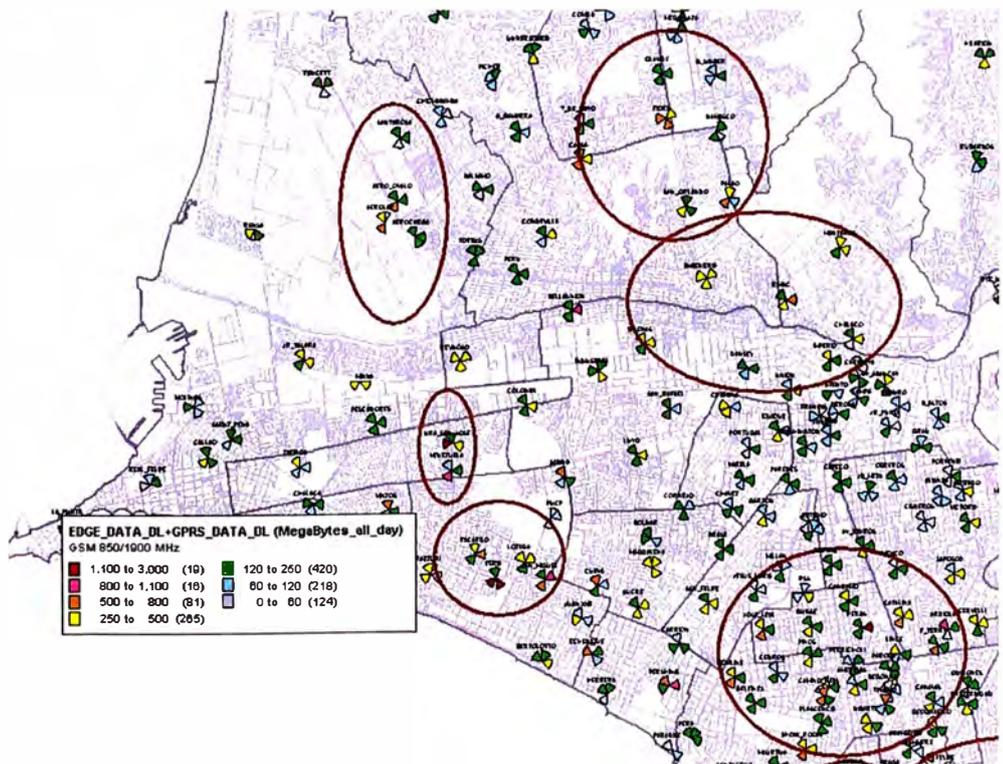


Figura 2.7: Lima Core

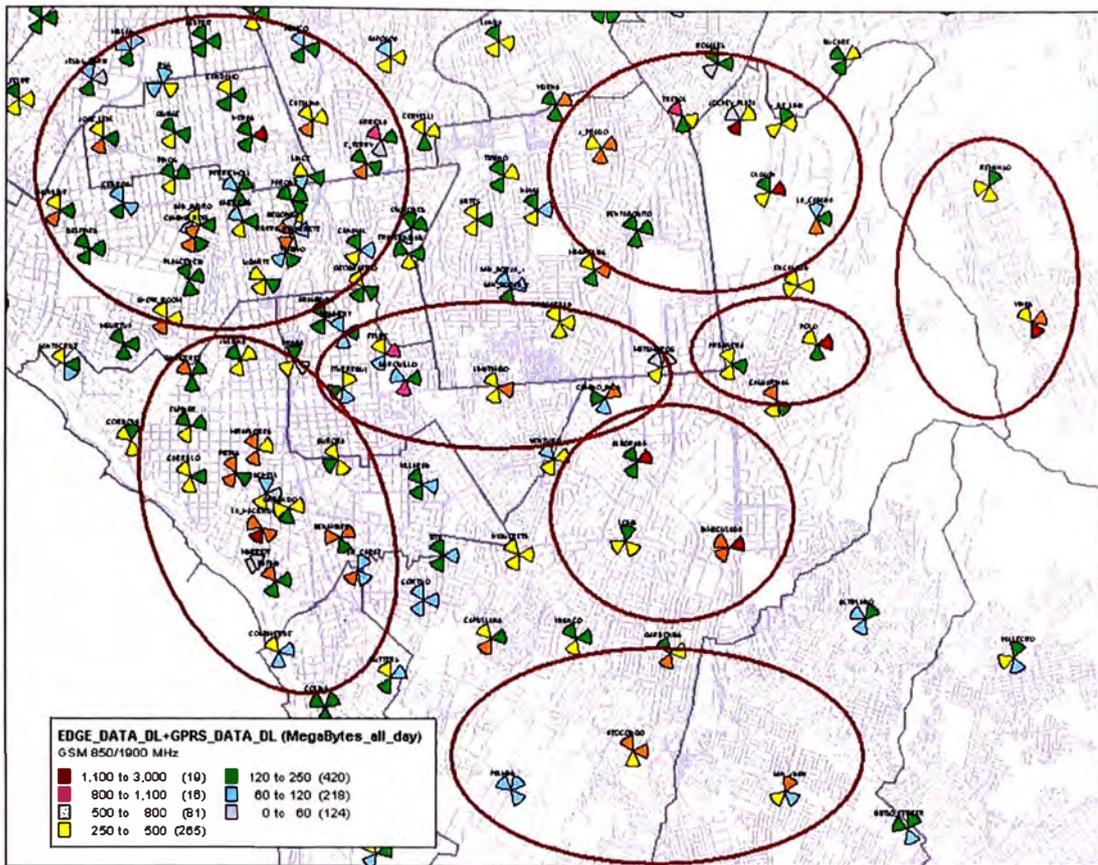


Figura 2.8: Lima Core2

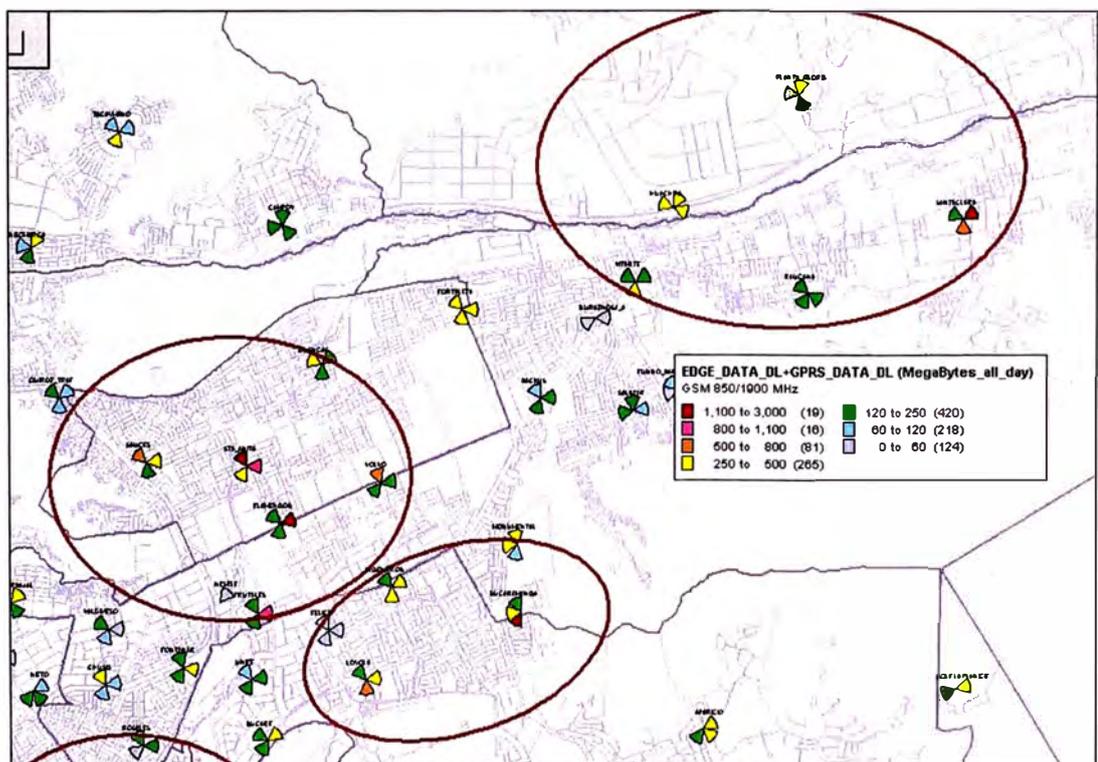


Figura 2.9: Lima Este

En general todas las zonas de Lima Metropolitana cuenta con tráfico de datos lo que indica una demanda del servicio. En los mapas se encierra en círculos aquellas zonas que tienen mayor nivel de tráfico, hablando desde el punto de vista de los distritos, tenemos las zonas o distritos de potencial demanda de servicios de tercera generación.

## **2.1 DISTINTOS SERVICIOS 3G A OFRECER:**

Los servicios a ofrecer con WCDMA son de dos tipos: Tiempo Real y No real (CS y PS), los cuales pueden usarse al mismo tiempo, es decir que mientras se navega en Internet se puede hacer o recibir una llamada telefónica, esto es conocido como MULTIRAB. La idea de tener una red 3G es poder tener convergencia entre los servicios de voz y datos, con el actual desarrollo de las redes IP de alta velocidad se podrá hacer esto para poder introducir servicios de voz sobre ip sobre la red 3G que podrá soportar sistemas de transporte híbrido (ATM y MPLS) para poder lograr esto.

Los servicios a brindar serán:

- Servicios de voz, como los brindados por GSM.
- Servicios de mensajería (SMS, MMS).
- Servicios de Datos de banda Ancha (Internet).
- Servicios de Internet móvil.

En la tabla 2.4 se enumera una serie de servicios que se puede brindar a través de las redes WCDMA. Según esto podemos mocionar varios tipos de servicio desde el punto de vista de marketing, estos servicios para la parte de radio y funcionalidad de la red desde el punto de vista de acceso son transparentes.

Para el despliegue de las actuales redes 3G, se suele hacer la planeación con modelos de marketing para generar tráfico y demanda, especialmente de datos, los cuales suelen brindar servicios como los siguientes:

- Internet móvil 3.5G (HSPA), consiste en proporcionar tarjetas HSDPA/HSPA para ser usados como módem, brindando un bit rate garantizado de 400 Kbps.
- Correo Móvil desde terminales. (Palms, BlackBerry, agendas electrónicas).
- Portales WAP para navegar desde móviles.
- Servicios de Video llamada, que es una variante de tráfico CS.

Tabla 2.4: Tipos de tráfico y servicios

Service Type (Marketing)	Terminal Type	Service (Application)	QOS CLASS	Proposed Traffic Type
Speech	HANDSET	Call	Conversational	CS
Multi-media Services	HANDSET	Video streaming	Streaming	PS
	HANDSET	Picture transmission	Interactive	PS
	HANDSET	Video telephony	Conversational	CS
	HANDSET	Video conference	Conversational	PS
	HANDSET	Music on demand	Streaming	PS
Information Services	HANDSET	E-postcard	Background	PS
	HANDSET	Search engines	Interactive	PS
	HANDSET	Online translation	Interactive	PS
	HANDSET	Booking and reservation news	Interactive	PS
	HANDSET	E-mail	Background	PS
E-Commerce	HANDSET	Push and pull services (stock price)	Interactive	PS
	HANDSET	Financial information analysis	Interactive	PS
	HANDSET	Online Bank transaction	Interactive	PS
	HANDSET	Micropayments	Interactive	PS
	HANDSET	Online stock trading	Interactive	PS
	HANDSET	Online shopping	Interactive	PS
	HANDSET	Download ringing tones	Background	PS
	HANDSET	Online Auction	Interactive	PS
Telematic	HANDSET	Online ticketing	Interactive	PS
	HANDSET	Advertising	Background	PS
	HANDSET	Fleet Management	Interactive	PS
	HANDSET	Location based tracking	Interactive	PS
Security	HANDSET	Information on traffic conditions	Interactive	PS
	HANDSET	Remote surveillance	Interactive	PS
	HANDSET	Dispatcher service	Interactive	PS
	HANDSET	Camera surveillance of rooms	Streaming	PS
Public Information	HANDSET	Stolen vehicle tracking	Interactive	PS
	HANDSET	Detection of burglary	Interactive	PS
	HANDSET	Emergency alarm notification	Conversational	CS
	HANDSET	Household device control	Interactive	PS
Leisure	HANDSET	Elections/voting	Interactive	PS
	HANDSET	Yellow Pages	Interactive	PS
	HANDSET	Help and guidance	Interactive	PS
	HANDSET	Property information	Interactive	PS
Intra/Internet	HANDSET	Horse racing betting	Interactive	PS
	HANDSET	Mark Six	Interactive	PS
	HANDSET	Jokes	Interactive	PS
	HANDSET	Chatroom	Interactive	PS
Intra/Internet	HANDSET	Real-time Interactive game	Conversational	PS
	PCMCIA	Access to Internet	Interactive / Background	PS
	PCMCIA	Access to Intranet	Interactive / Background	PS
PCMCIA	Access to Extranet	Interactive / Background	PS	

Entre algunos ejemplos de servicios y tarifas tenemos:

### Video Llamadas:

Tabla 2.5: Tarifa de Videollamada de Claro

Paquetes	Minutos	Cargo Fijo x mes inc IGV	Tarifa por Minuto	
			Incluido	Adicional
Video Llamada 15	15	S/. 13.00	S/. 0.87	S/. 1.00
Video Llamada 30	30	S/. 25.00	S/. 0.83	S/. 1.00
Video Llamada 50	50	S/. 40.00	S/. 0.80	S/. 1.00

Estas tarifas corresponden a mayo del 2009, tomadas de la página web de CLARO Perú

## Servicio de banda Ancha:

Tabla 2.6: Tarifa de banda ancha de Claro

PAQUETES DE DATOS	MB incluidos	Cargo Fijo Velocidad Máxima		
		200 Kbps	700 Kbps	1500 Kbps
Internet Claro 100 MB	100 MB	S/. 59	S/. 79	S/. 99
Internet Claro 1000 MB	1000 MB	S/. 79	S/. 99	S/. 139
Internet Claro Ilimitado	Ilimitado	S/. 99	S/. 129	S/. 199

## Servicio de banda Ancha con cargo fijo de servicios de voz:

Tabla 2.7: Tarifa de banda Ancha + voz de Claro

PAQUETES DE DATOS	MB incluidos	Cargo Fijo Velocidad Máxima		
		200 Kbps	700 Kbps	1500 Kbps
Internet Claro 100 MB	100 Mb	S/. 55	S/. 65	S/. 95
Internet Claro 1000 MB	1000 Mb	S/. 85	S/. 95	S/. 135
Internet Claro Ilimitado	Ilimitado	S/. 95	S/. 125	S/. 175

Estas tarifas corresponden a mayo del 2009, tomadas de la página web de CLARO Perú

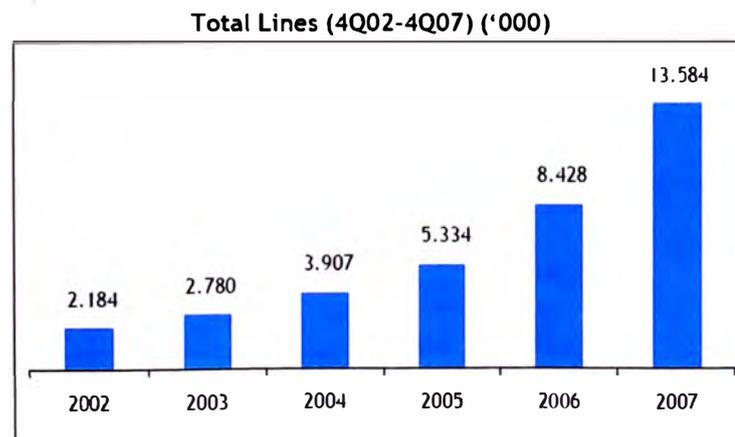
### 2.1 USUARIOS DE LOS DIFERENTES SERVICIOS.

Como se menciona en la sección 2.0, el porcentaje de tráfico de datos en la red 2G es del 5% en toda la red, de las estadísticas diarias red las cuales se obtienen de la base de datos del sistema de O&M que se conecta al HLR de la red GSM, podemos obtener el número de usuarios activos y del sistema BSS de la red GSM y con esto se puede obtener la cantidad Mbytes que se descargan por día, para un mayor orden y poder identificar las zonas, escogemos los LAC en los que esta dividido Lima, los cuales nos dan una idea del tráfico cursado por zona así como la distribución de usuarios. Se dará mayor prioridad a los LACs que resultaron tener mayor demanda según la sección 2.

Tabla 2.8: Distribución usuarios GSM por LAC

AC	Down Load Mbytes (All Day)	USUARIOS	Dist usuarios
LAC02	23236.236	109607	3.69%
LAC18	22681.044	152212	5.13%
LAC11	20950.544	159451	5.37%
LAC16	18040.766	116287	3.92%
LAC08	16221.113	86548	2.91%
LAC17	14980.987	179950	6.06%
LAC09	14115.447	181406	6.11%
LAC04	13888.052	146257	4.93%
LAC15	13062.72	179973	6.06%
LAC14	12744.179	76254	2.57%
LAC06	11391.1	158802	5.35%
LAC21	11231.335	148800	5.01%
LAC01	11229.577	127803	4.30%
LAC05	11112.68	158055	5.32%
LAC13	10007.01	166939	5.62%
LAC07	8043.6648	163950	5.52%
LAC19	7933.0093	127841	4.31%
LAC10	7739.7831	114449	3.85%
LAC20	4480.7162	90785	3.06%

Para el estudio de la penetración primero observaremos el incremento de las líneas celulares en Perú. En la figura 2.10 se muestra el crecimiento sostenido de líneas celulares en Perú hasta el año 2007, entre 2006 y 2007 hubo un crecimiento del 61%.

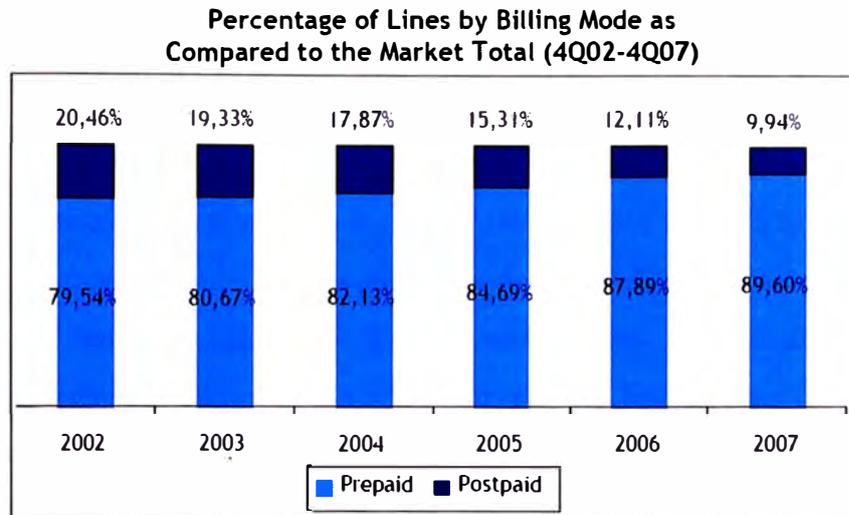


Source: Signals Telecom Consulting

Figura 2.10: Crecimiento de líneas celulares en Perú

En cuanto a la distribución del mercado, al igual que en la mayoría de países de Latino America, son mas del tipo prepago, actualmente representa un 89% para ambos operadores (Claro y MoviStar), debido a esto el plan de oferta de servicios 3G deberá ser de tal manera de que puedan ofrecer servicios para ambos tipos de usuarios para poder dar

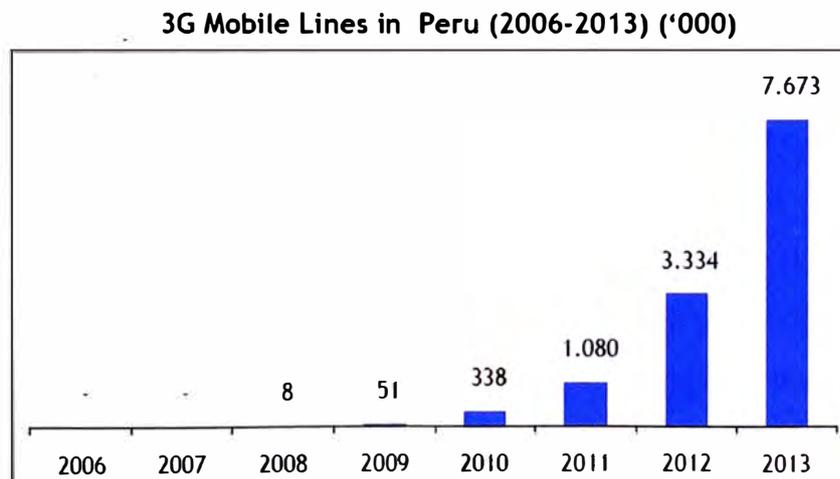
oportunidad a las masas del uso de la tecnología de banda ancha, lo cual brindará un mayor ingreso.



Source: Signals Telecom Consulting

Figura 2.11: Tipo de línea post/pre - pago

En cuanto al crecimiento del servicio, se estima que será lento debido al desarrollo de la tecnología así como de la penetración en la población, tal como muestra la grafica de tendencia para 2001 habría un número importante de usuarios.



Source: Signals Telecom Consulting

Figura 2.12: Previsión de crecimiento de líneas 3G en Perú entre 2006 y 2013

Se tomará en cuenta los 3 escenarios de penetración de usuarios, este análisis se hará solo para los usuarios de datos. La idea es captar un porcentaje de los actuales usuarios de 2.5G y tomar otro porcentaje de la competencia. En la tabla 2.9 se muestran los tres tipos de escenarios a ser considerados para el análisis de la demanda.

Tabla 2.9: Escenarios de penetración de tráfico

	OPTIMISTA	MEDIO	PESIMISTA
<b>Usuarios actuales 2.5G</b>	60%	40%	20%
<b>usuarios de la Competencia</b>	15%	10%	5%

Estos porcentajes se aplicaran a los 2645369 usuarios de la tabla 2.8 considerando además que la penetración del uso de servicios de datos es del 5 % respecto a todo el tráfico de la red según la figura 2.2. Para el caso de los usuarios de la competencia, asumiremos también que ellos usan un 5% de su red para los servicios de datos. Con esto tenemos nuestros 3 escenarios para la cantidad de usuarios inicial, tal como se muestra en la tabla 2.10.

Tabla 2.10: Escenarios de tráfico para la red 3G de Lima.

	OPTIMISTA	MEDIO	PESIMISTA
<b>Usuarios actuales 2.5G</b>	79361	52907	26454
<b>usuarios de la Competencia</b>	24378	16252	8126
<b>TOTAL</b>	103739	69159	34580

Los usuarios de la competencia en Lima son 3250413 aproximadamente, este dato se tomo de la pagina web del OSIPTEL. En la figura 35 se indica una tendencia de crecimiento de líneas 3G según un estudio de mercados, según esto podemos decir que el escenario pesimista es el que se ajusta al mercado actual, pero para tomar un balance se puede optar por el escenario medio como indicador para el diseño inicial de la red de acceso.

## 2.2 DATOS DEL DEPARTAMENTO DE MARKETING:

Según el departamento de Marketing y en base a estudios hechos comparado con otros mercados de Latino América, se propuso una cifra inicial para la implementación de la red 3G en su primera fase, entre estas consideraciones tenemos datos de tráfico para voz y datos. El tráfico inicial de voz indicado para la futura red WCDMA es aproximadamente un 8% del tráfico que se cursa en la red GSM, por otro lado el trafico de datos si representa

un valor alto, lo que indica la estrategia de orientarse al servicio de paquetes para competir con las redes fijas.

Tabla 2.11: Tráfico requerido por marketing

	<b>Trafico</b>
<b>Trafico de Voz BH</b>	5000 Erl
<b>Datos descargados en la BH</b>	400 GBytes

El tráfico de voz indicado es aproximadamente un 8% del tráfico que se cursa en la red GSM, por otro lado el tráfico de datos si representa un valor alto, lo que indica la estrategia de orientarse al servicio de paquetes.

Según estudios en otros mercados de Latinoamérica, lo que respecta a la video llamada no representa un trafico significativo dentro de la red 3G, debido a que los terminales 3G suelen ser caros en contra parte las tarjetas USB y PCMCIA para conexión HSDPA suelen ser mas asequibles y atractivas al publico.

## **CAPITULO III**

### **INGENIERIA DEL PROYECTO**

#### **3.1 INFRAESTRUCTURA EXISTENTE.**

Para el diseño inicial se va usar como base para la implementación la red 2G existente, a esto se le suele llamar “overlay”, ya que se usará los emplazamientos existentes, en los cuales está montada la red GSM, para la instalación de los nodos. La decisión para escoger las estaciones base a usar se basa en la cobertura que se desea dar, debido a que se trata de una zona urbana (Lima Metropolitana), la cobertura debe asegurarse al 98%, considerando zonas de exclusión aquellas como caminos solitarios, cerros y zonas de difícil acceso o donde haya problemas con la población local que a veces suele negarse a la instalación de estaciones cerca a sus viviendas. La cobertura WCDMA que se desee dar dependerá de que tan bien este la cobertura de GSM debido a que se reutilizaran los emplazamientos de las estaciones existentes.

Entre la infraestructura de red existente contamos con las 2 partes fundamentales CORE y ACCESO, como se menciona en el capítulo I, describiremos la parte de acceso que está comprendida por los nodos B y el RNC, pero también se enumerará el alcance de la actual red que está en el CORE la cual se divide en core de circuitos para los servicios de voz y core de paquetes para el servicio de datos.

##### **3.1.1. Core o Centro de Conmutación de la Red.**

Actualmente para la red GSM de Lima se cuenta con 6 centrales cada una con su respectivo HLR y VLR, los cuales están conectados a un backbone IP para poder interconectarse con las centrales que sirven a provincia y así interconectar todo el Perú.

Estos MSCs ya cuentan con la capacidad de manejar servicios UMTS ya que cuentan con funcionalidades Release 4 que es una norma de la 3GPP en la cual se agregan funcionalidades “all IP” en el core de circuitos, los cuales están optimizados para el transporte de servicios de voz, los MSCs realizan tareas de control de llamadas y provisión

de servicios así como de conmutación. En la figura 3.1 se muestra la distribución geográfica de centrales sobre la ciudad de Lima.

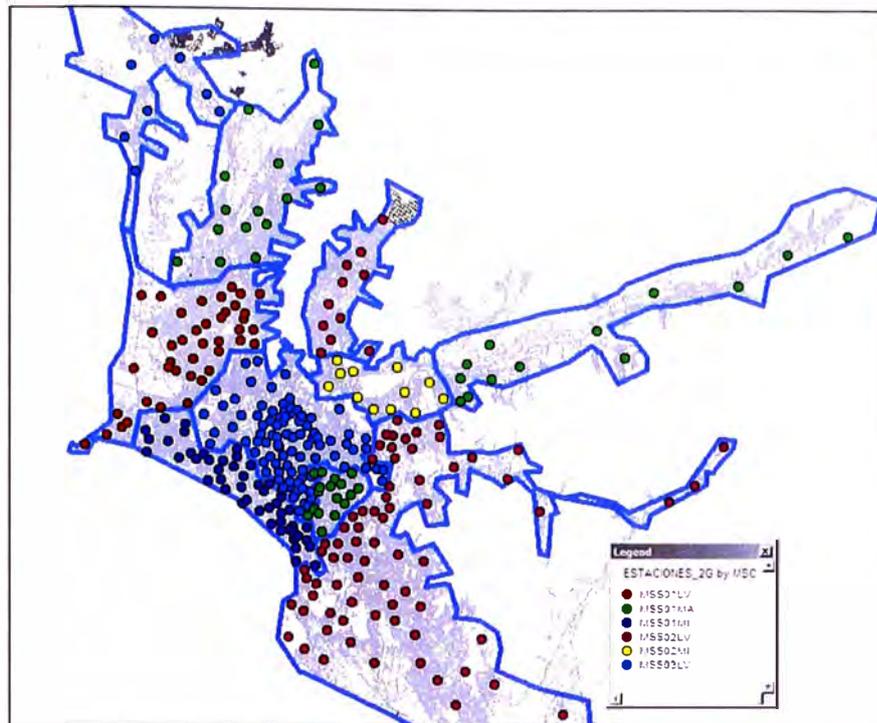


Figura 3.1: Distribución de Centrales

Estos conmutadores cuentan con la capacidad de soportar los servicios de 3G referentes a voz y video-llamadas así como servicios de localización y mensajería. También cuentan con las funciones de análisis de numeración, selección de troncales, señalización hacia otras redes, sistemas de cobranza y handover entre centrales.

Tabla 3.1: Carga de lo MCSs

MSC	CARGA
<b>MSS01LV</b>	60%
<b>MSS01MA</b>	55%
<b>MSS01MI</b>	59%
<b>MSS02LV</b>	35%
<b>MSS02MI</b>	30%
<b>MSS03LV</b>	63%

La actual configuración de centrales permitirá el ingreso de una red 3G para los servicios CS R99 que son los relacionados a voz y datos a tasas de 384 Kbps, el criterio de que centrales se usaran para interconectar los RNCs será en base a la carga de los mismos, la cual se muestra en la tabla 3.1. Según los valores de carga mostrados en la tabla 3.1, podemos escoger los MSSs de MSS02LV y MSS02MI los que tienen menor carga.

En cuanto al core de paquetes se cuenta con un SGSN y un GGSN los cuales tienen una salida hacia Internet de 1 Gbps, para los servicios de EDGE/GPRS.

El SGSN soporta las especificaciones 3GPP para Release 99 y R5, para la compartición de recursos de las redes GSM y de la futura red 3G, también soporta interfaces E1, ATM, STM-1 e IP para las interfaces Gb para la salida de datos de la Red GSM y para la interfaz IuPS para la red 3G.

EL GGSN (Gateway GPRS Support Node), básicamente es el router que da la salida hacia las redes externas, por ejemplo el proveedor de Internet TDP.

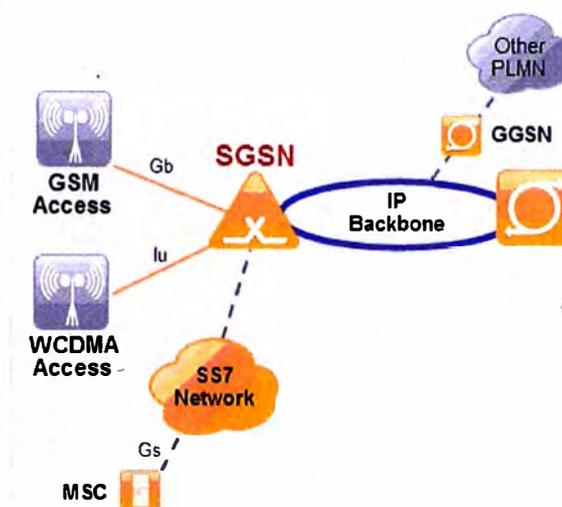


Figura 3.2: SGSN en la Red de Lima

### 3.1.2. Estaciones Base y Espectro usado:

Actualmente en Lima hay aproximadamente 350 estaciones operando en las bandas GSM 850/1900 MHz para el servicio de voz y datos en GPRS/EDGE. Para la red 3G se escogió la banda de 850 MHz para desplegar el servicio en Lima. Para lograr esto se procedió a hacer un proceso de "REFARMING" mediante el cual se libera un espectro de 5 MHz de la actual banda de 850 usado en GSM, este es un proceso delicado ya que se están quitando un equivalente de 25 canales GSM lo que se traduce en degradación de calidad y capacidad en la parte radio. La configuración que se suele usar para la asignación de la portadora WCDMA es colocar la misma en medio de la banda GSM, de tal manera que los canales GM laterales a la portadora sean tipo TCH y no BCCH, debido a que la potencia de un canal TCH es mucho menor a la del canal de control BCCH, esto se hace para asegurar que el piso de ruido en el DL sea menor o igual a los -99 dBm en el downLink. y -103 dBm en el UpLink.

En la tabla 3.2 se resume la distribución de los canales GSM para alojar a la nueva portadora WCDMA:

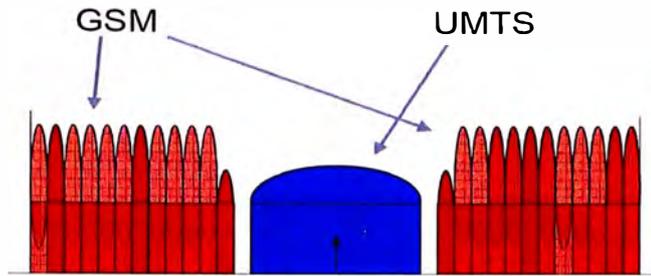


Figura 3.3: Portadora WCDMA en medio de los canales GSM

Tabla 3.2: Distribución de los canales GSM

Canales	tipo	UL.(MHZ)	DL. (MHZ)
128	BCCH/TCH	824.2	869.2
129	BCCH/TCH	824.4	869.4
130	BCCH/TCH	824.6	869.6
131	BCCH/TCH	824.8	869.8
132	BCCH/TCH	825	870
133	BCCH/TCH	825.2	870.2
134	BCCH/TCH	825.4	870.4
135	TCH	825.6	870.6
136	TCH	825.8	870.8
137	UMTS	826	871
138	UMTS	826.2	871.2
139	UMTS	826.4	871.4
140	UMTS	826.6	871.6
141	UMTS	826.8	871.8
142	UMTS	827	872
143	UMTS	827.2	872.2
144	UMTS	827.4	872.4
145	UMTS	827.6	872.6
146	UMTS	827.8	872.8
---	UMTS	---	---
154	UMTS	829.4	874.4
155	UMTS	829.6	874.6
156	UMTS	829.8	874.8
157	UMTS	830	875
158	UMTS	830.2	875.2
159	UMTS	830.4	875.4
160	UMTS	830.6	875.6
161	UMTS	830.8	875.8
162	TCH	831	876
163	TCH	831.2	876.2
164	BCCH/TCH	831.4	876.4
165	BCCH/TCH	831.6	876.6
166	BCCH/TCH	831.8	876.8
167	BCCH/TCH	832	877
168	BCCH/TCH	832.2	877.2
169	BCCH/TCH	832.4	877.4
170	BCCH/TCH	832.6	877.6
179	BCCH/TCH	834.4	879.4
180	BCCH/TCH	834.6	879.6
181	BCCH/TCH	834.8	879.8
233	BCCH/TCH	845.2	890.2
234	BCCH/TCH	845.4	890.4
235	BCCH/TCH	845.6	890.6
236	BCCH/TCH	845.8	890.8

Los canales de GSM mostrados en la tabla 3.2 son de referencia.

Para el refarming de Lima se dejó 2 canales TCH a cada lado de la futura portadora WCDMA, lo que brindará menor interferencia adyacente en ambos lados de la portadora, tal como se muestra en la tabla 3.2.

Este rango de frecuencias cuenta con una canalización al igual que GSM, para la banda de 850 MHz, la canalización de portadoras WCDMA obedece a la siguiente regla y a la tabla 3.3:

$$\text{UARFCN(DL)} = 5 \times (\text{Frec\_DL\_MHz}) \dots \dots \dots 3.1$$

**UARFCN** : UMTS Absolute Radio Frequency Channel Number

**Frec\_DL\_MHz** : Frecuencia central en MHz

Tabla 3.3: Bandas UMTS según la 3GPP

Operating Band	UL Frequencies UE transmit, Node B receive	DL frequencies UE receive, Node B transmit	TX-RX frequency separation
I	1920 - 1980 MHz	2110 - 2170 MHz	190 MHz
II	1850 - 1910 MHz	1930 - 1990 MHz	80 MHz.
III	1710-1785 MHz	1805-1880 MHz	95 MHz.
IV	1710-1755 MHz	2110-2155 MHz	400 MHz
V	824 - 849MHz	869-894MHz	45 MHz
VI	830-840 MHz	875-885 MHz	45 MHz
VII	2500 - 2570 MHz	2620 - 2690 MHz	120 MHz
VIII	880 - 915 MHz	925 - 960 MHz	45 MHz
IX	1749.9 - 1784.9 MHz	1844.9 - 1879.9 MHz	95 MHz
X	1710-1770 MHz	2110-2170 MHz	400 MHz

Según la tabla 3.2, la frecuencia central en DL para la portadora WCDMA será 873.4 MHz, entonces el UARFCN a usar es  $5 \times 873.4 = 4367$ , este valor será el que se cargará en la base de datos del RNC como valor de portadora.

En cuanto a los sistemas radiantes, las antenas que se usan son del tipo panel, para tecnología WCDMA como GSM, se suele escoger antenas dualband, previendo de esta forma una futura ampliación.

Todas las estaciones base de la red de Lima usan diversas antenas, esto es por la existencia de distintas tecnologías en un mismo emplazamiento, las tecnologías que se tienen instaladas son CDMA 2000 y GSM, se plantean diversas soluciones para la instalación del nuevo sistema radiante, las cuales son particulares para cada estación, a

continuación se enumeran en la tabla 3.4 las distintas opciones que se tienen para escoger una solución específica.

Tabla 3.4: Soluciones para sistema radiante

	PROS	CONTRAS
<b>REUTILIZAR ANTENAS DE CDMA/1X</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ahorro en adquisición de antenas nuevas</li> <li>- No se incrementa peso en torre.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Estas antenas no cuentan con control de tilt eléctrico</li> <li>- No se podría optimizar sin afectar el sistema 1X.</li> <li>- Se tendrían mayores pérdidas al reutilizar las guías del sistema existente</li> </ul>
<b>DUPLEXAR EN LA ANTENA PRINCIPAL DE 2G</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ahorro en adquisición de antenas nuevas</li> <li>- No se incrementa peso en torre</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- No se podrá variar el azimuth y tilt eléctrico sin afectar el desempeño de GSM.</li> </ul>
<b>INSTALAR ANTENA NUEVA</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Se podrá variar el azimuth y/o tilt eléctrico para procesos de optimización y sin afectar el desempeño de otro sistema.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Incremento de peso en torre y plan de adecuaciones.</li> <li>- Inversión en compra de antenas nuevas</li> </ul>

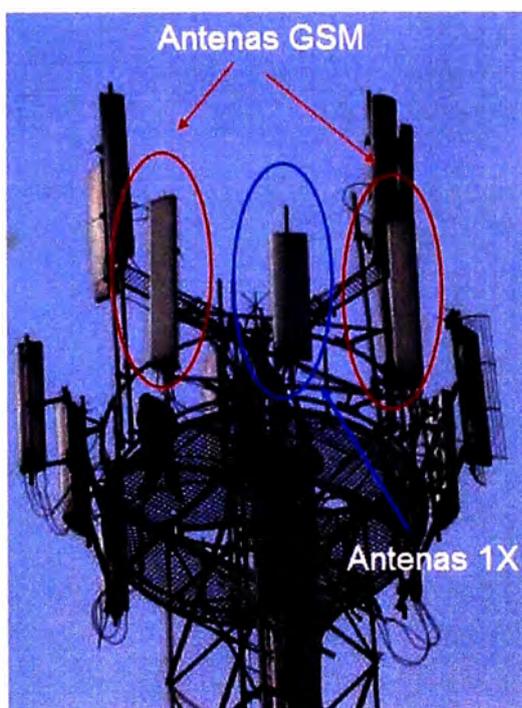


Figura 3.4: Instalación de Antenas

Se optó por la instalación de antenas nuevas para 3G para elaborar un plan distinto al del GSM ya que en la fase inicial los nodos 3G no serán uno a uno con los de GSM. Las antenas a usar son las antenas de 850 MHz, otra razón de porque optar por esta solución es

de que se va a usar la solución “feederless” con la cual se ahorra en instalación de guías de onda (feeders).

Las antenas a instalar cuentan con kits de brazos mecánicos para dar tilt negativo o positivo, según convenga así como control de tilt eléctrico.

Los nodos a instalar cuentan con una arquitectura usada por todos los proveedores de equipos WCDMA llamada OBSAI, la cual es adoptada por la mayoría de proveedores de equipos WCDMA.

### OBSAI (Open Base Station Architecture Initiative)

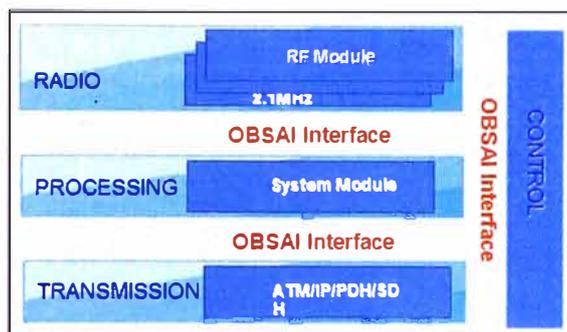


Figura 3.5: arquitectura del nodo B

En resumen cada estación base 3G o nodo B para la red de Lima, contara con las siguientes características:

- Solución Feeder Less: la cual consiste en el uso de fibra óptica en la interconexión de los módulos de radio con el modulo principal, esto brinda menores perdidas así como una mayor facilidad de instalación, ya que se evita el despliegue de guías de onda (feeders) los cuales son complicados de instalar en las torres o edificios.
- 3 Antenas duales 850/1900 MHz con control de Tilt eléctrico, 17 dBi de ganancia y una apertura vertical y horizontal de 7 y 65° respectivamente.
- Un modulo principal, el cual es el nodo en si, para controlar los módulos de radio así como brindar la interconexión con el RNC a través de la interfaz Iub.

### 3.1.3.Potencia y configuración de los radio-canales

Debido a que todos los nodos B en WCDMA usan la misma portadora, hay que seguir ciertas reglas para la asignación de potencia de los radio canales destinados a los

procesos de control, debido a que una portadora UMTS transmite en modo FDD, es decir usan todo el ancho de banda espectral en el tiempo, los usuarios comparten la potencia que pueda ser transmitida para poder cursar el tráfico tanto de voz como de datos:

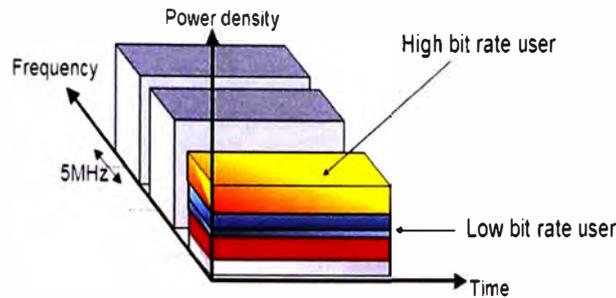


Figura 3.6: Acceso WCDMA

Es por esto que la potencia a usar para los canales de control se configura de tal manera de que el porcentaje del total de potencia disponible no sea menor al 30%.

Parte de la potencia en down-link debe ser usada para los radio canales comunes o de control, los factores de actividad están tabulados en la figura 42.

Node B Power Allocation 20W per Sector									
Total Available Power Per Sector		20	W						
		43.0	cBm						
P-CPICH Power		13.2	cBm						
DL Common Channels	Rel. To CPICH	Activity Factor	Max. Pwr(dBm)	Avr. Pwr(dBm)	Avr. Pwr(W)	% of Tot.	Step (dB)		
P-CPICH	0	100%	33.0	33.0	2.0	10.0%	0.1		
P-SCH	-3.0	10%	30.0	20.0	0.1	0.5%	0.1		
S-SCH	-3.0	10%	30.0	20.0	0.1	0.5%	0.1		
P-CCPCH	-5.0	90%	28.0	27.5	0.6	2.8%	0.1		
PICH	-8.0	60%	25.0	24.0	0.3	1.3%	1.0		
AICH	-8.0	10%	25.0	15.0	0.0	0.2%	1.0		
S-CCPCH	0.0	30%	33.0	27.8	0.6	0.0	0.1		
Total Power Used For Common Channels		3.6	W						
		35.6	cBm						
		18.23%							
Power Available For Dedicated Channels		16.4	W						
		42.1	cBm						
		62%							
Description of Common Channel	Name	Activity Factor	Comments for Activity						
P-CPICH	Primary Common Pilot Channel	100%	Fixed, not not change						
P-SCH	Primary Synch Channel	10%	Fixed, not not change						
S-SCH	Secondary Synch Channel	10%	Fixed, not not change						
P-CCPCH	Primary Common Control Physical Channel	90%	Fixed, not not change						
S-CCPCH	Secondary Common Control Physical Channel	60%	Variable						
PICH	Paging Indicator Channel	60%	Fixed, not not change						
AICH	Acquisition Indicator Channel	10%	Fixed, not not change						
Description									
P-CPICH	Predefined pilot sequence (15kbps, SF = 256); used for 256 chip code used for initial slot synchronization. (256								
P-SCH	Primary Synch Channel								
S-SCH	Sequence of 256 chip code words, used for frame sync								
P-CCPCH	Carries the BCH information (system & cell specific) using								
S-CCPCH	Used to carry FACH and PCH								
PICH	Carries paging indicators. (SF=256)								
AICH	Carries acquisition indicators to respond to RACH								

Figura 3.7: Distribución de potencia de los canales de control

Como se puede observar en la figura 42, los canales de control, ocuparían unos 3.6 W de los 20 W que corresponden al transmisor de la celda, los cuales representan un

18.23% del total de la potencia, quedando para tráfico un 82% de la potencia. En cada sector de la red se usara la configuración de potencia mostrada en la figura 42.

Como se muestra en la siguiente figura, el tráfico se distribuye hasta alcanzar la máxima potencia del transmisor, por lo general el valor de potencia a configurar suele ser menor a la capacidad máxima del transmisor.

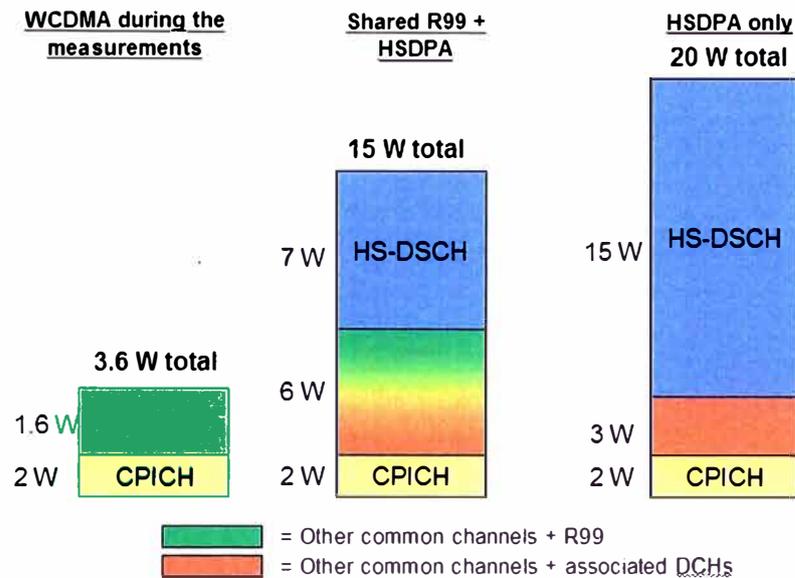


Figura 3.8: Potencia compartida para los distintos tipos de trafico.

### 3.1.4. Asignación de los Scrambling Codes:

La fácil identificación de un nodo/sector facilita la planeación de futuras expansiones de nodos en el área. El planeamiento de los "Scrambling Codes" es una actividad importante a efectuar por el grupo de Radio Network Planning para asegurar que no se definan celdas vecinas con el mismo Primary Scrambling Codes, inclusive las vecinas de las vecinas, ya que en el algoritmo de SHO un sector puede hacer SHO hacia un sector que no este definido como vecino, lo cual podría ocasionar caída de llamadas.

Estas asignaciones se suelen hacer según el azimuth, que tenga el sector según la premisa:

- Sector 1.- Azimuth de 270° a 29°. Centrado en 330°
- Sector 2.- Azimuth de 30° hasta 149°. Centrado en 90°

- Sector 3.- Azimuth de  $150^{\circ}$  hasta  $269^{\circ}$ . Centrado en  $210^{\circ}$ .

En caso de tenerse 2 azimuth dentro del mismo rango, se dará prioridad al azimuth que se encuentre más cercano al valor representativo del sector.

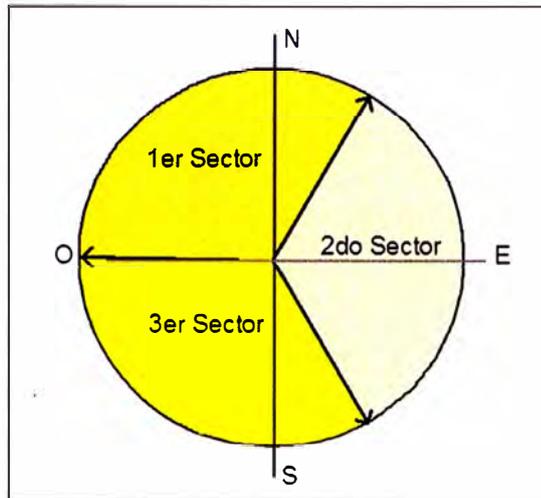


Figura 3.9: rango de azimuths en los sectores

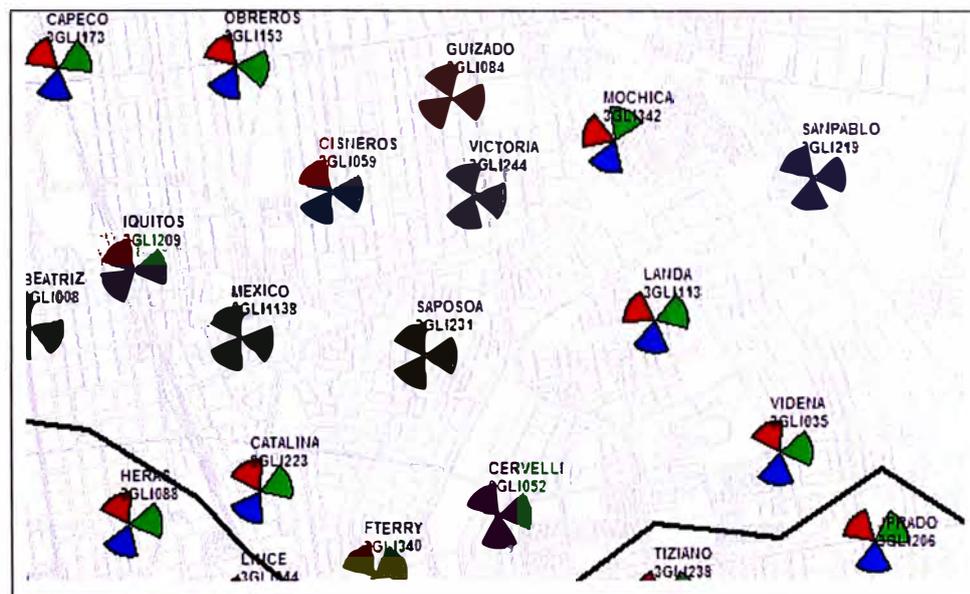


Figura 3.10: Muestra de los sectores en un grupo de sitios

Para la correcta asignación, podemos tomar los 512 “Scrambling Codes”. La estrategia a seguir para la planeación de estos “Scrambling Codes” para Lima, es tomar los 512 códigos y ordenarlos en 10 renglones y columnas de 7, como se muestra en la tabla 3.5, en la cual se muestra la triada de Scrambling codes, las cuales se pueden asignar a nodos de tres sectores, los Scrambling Codes que terminan en cero se dejan reservados para futuros sitios Indoor o para sitios nuevos.

Tabla 3.5: Distribución de Scrambling Codes

GROUP	SC1	SC2	SC3	SC4	SC5	SC6	SC7	GROUP	SC1	SC2	SC3	SC4	SC5	SC6	SC7
1	1	11	21	31	41	51	61	5	281	291	301	311	321	331	341
	2	12	22	32	42	52	62		282	292	302	312	322	332	342
	3	13	23	33	43	53	63		283	293	303	313	323	333	343
	4	14	24	34	44	54	64		284	294	304	314	324	334	344
	5	15	25	35	45	55	65		285	295	305	315	325	335	345
	6	16	26	36	46	56	66		286	296	306	316	326	336	346
	7	17	27	37	47	57	67		287	297	307	317	327	337	347
	8	18	28	38	48	58	68		288	298	308	318	328	338	348
	9	19	29	39	49	59	69		289	299	309	319	329	339	349
C	10	20	30	40	50	60	70	C	290	300	310	320	330	340	350
	71	81	91	101	111	121	131		351	361	371	381	391	401	411
	72	82	92	102	112	122	132		352	362	372	382	392	402	412
2	73	83	93	103	113	123	133	353	363	373	383	393	403	413	
	74	84	94	104	114	124	134	354	364	374	384	394	404	414	
	75	85	95	105	115	125	135	355	365	375	385	395	405	415	
C	76	86	96	106	116	126	136	356	366	376	386	396	406	416	
	77	87	97	107	117	127	137	357	367	377	387	397	407	417	
	78	88	98	108	118	128	138	358	368	378	388	398	408	418	
3	79	89	99	109	119	129	139	359	369	379	389	399	409	419	
	80	90	100	110	120	130	140	C	360	370	380	390	400	410	420
	141	151	161	171	181	191	201		421	431	441	451	461	471	481
142	152	162	172	182	192	202	422		432	442	452	462	472	482	
C	143	153	163	173	183	193	203	423	433	443	453	463	473	483	
	144	154	164	174	184	194	204	424	434	444	454	464	474	484	
	145	155	165	175	185	195	205	425	435	445	455	465	475	485	
3	146	156	166	176	186	196	206	426	436	446	456	466	476	486	
	147	157	167	177	187	197	207	427	437	447	457	467	477	487	
	148	158	168	178	188	198	208	428	438	448	458	468	478	488	
C	149	159	169	179	189	199	209	429	439	449	459	469	479	489	
	150	160	170	180	190	200	210	C	430	440	450	460	470	480	490
	211	221	231	241	251	261	271		491	501					
212	222	232	242	252	262	272	492		502						
4	213	223	233	243	253	263	273	493	503						
	214	224	234	244	254	264	274	494	504						
	215	225	235	245	255	265	275	495	505						
C	216	226	236	246	256	266	276	496	506						
	217	227	237	247	257	267	277	497	507						
	218	228	238	248	258	268	278	498	508						
C	219	229	239	249	259	269	279	499	509						
	220	230	240	250	260	270	280	C	500	510					

### 3.1.5. Numeración de las estaciones y sectores

Al igual que en una red GSM, las estaciones deberán contar con una numeración, para poder identificarlos, para el actual proyecto se usará la misma numeración de que se usan en los sitios GSM, por ejemplo si una estación GSM esta denominada como LI023, la estación 3G tendrá por identificador 3GLI023, esto es en cuanto al código del sitio, pero para nombrarlos en la base de datos 3G se asignará el numero 1023, ya que el software del sistema no admite letras en el identificador, su sistema solo admite números como entrada.

Tomando el ID GSM LI023 como ejemplo nos basaremos en la numeración mostrada en la tabla 3.6. Como se puede observar para los identificadores, llamados Cell IDs (CI) tienen terminación 5, 6 y 7. El Cell ID obedece a la siguiente regla:

$$CI=[ID\ DB][SECTOR+4] \dots\dots\dots 3.2$$

Tabla 3.6: Numeración de sectores y sites.

BANDA	SITIO GSM			CO SITIO WCDMA			
	ID	SECTOR	CI	ID	ID DB	SECTOR	CI
850 MHZ	LI023	1	231	3GLI023	1023	1	10235
850 MHZ	LI023	2	232	3GLI023	1023	2	10236
850 MHZ	LI023	3	233	3GLI023	1023	3	10237
1900 MHZ	LI023	4	10231	x	1023	x	x
1900 MHZ	LI023	5	10232	x	1023	x	x
1900 MHZ	LI023	6	10233	x	1023	x	x

### 3.2 ÁREA DE SERVICIO

Como se menciona al principio el área a cubrir sería el de Lima metropolitana, los parámetros de calidad se definen mediante el RSCP (Received Signal Code Power) y el  $E_c/I_o$  (Relación de Energía del piloto y la energía total de la portadora) de la señal CDMA, estos parámetros son importantes y representan entradas principales para el diseño inicial de una red 3G ya que con estos valores y con los datos de tipo de terreno se asignarán los azimuths y tilts para el sistema radiante de las estaciones.

Lima está dividido en cuatro tipos de cluster, básicamente, los cuales son:

- Urbano, Denso Urbano,
- Sub Urbano y Rural.

En la figura 3.11 estamos indicando el mapeo de sitios 2G y los nuevos de 3G, los cuales han sido escogidos para dar la cobertura necesaria, se escogieron un total de 279 emplazamientos de GSM para instalar la red 3G, este estudio se hizo en base a la morfología de Lima y a la disponibilidad del emplazamiento para poder instalar antenas

nuevas la cual se hizo en manera conjunta con el cliente (operador). Lima esta dividida en distintito tipos de terreno o clusters los cuales se muestran en la figura 3.13.

Tabla 3.7: Probabilidad de cobertura por clutter.

<b>ZONE</b>	<b>BANDA</b>	<b>Desv STd</b>	<b>Loc Probability in cell area and cell edge</b>	<b>Penetration loss</b>
DU	850 MHz	9 dB	98%	13 dB
U	850 MHz	8 dB	96%	13 dB
SU	850 MHz	8 dB	95%	8 dB
R	850 MHz	7 dB	80%	3 dB

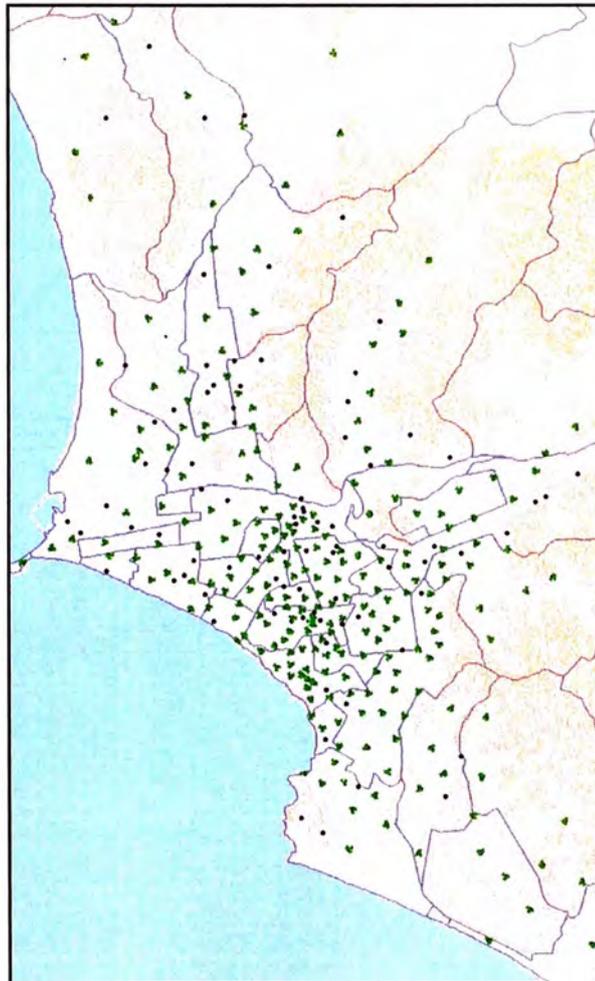


Figura 3.11: Red GSM y UMTS

Con estos datos se hace el modelo inicial para la configuración RF con programas de simulación comerciales que hacen el cálculo de la pérdida en el espacio basados en el modelo de Okumura HATA, al cual se le suma la perdida por tipo de terreno, tal como se muestra en la siguiente formula:

$$L_{pathloss} = \underbrace{a_1 + a_2 \log\left(\frac{f}{MHz}\right)}_{K1} + \underbrace{44.9 \log\left(\frac{d}{km}\right)}_{K2} - \underbrace{13.82 \log\left(\frac{h_{RS}}{m}\right)}_{K5} - \underbrace{6.55 \log\left(\frac{h_{RS}}{m}\right) * \log\left(\frac{d}{km}\right)}_{K6} - \underbrace{a\left(\frac{h_{MS}}{m}\right)}_{K3} + \underbrace{L(Clutter)}_{K(Clutter)} \dots\dots 3.3$$

Tabla 3.8: Radio de celdas por tipo.

Cell type	Cell radius*	Transmitted power	Antenna height	Use
Macrocell	1 ~ 30 km	1 ~ 10 W	> 30 m. top of tall buildings	Large area coverage. support high-speed mobiles
Microcell	0.2 ~ 1 km	0.01 ~ 1 W	< 10 m. street lamp elevation	High subscriber density areas
Pico cell	< 200 m	< 100 mW	Ceiling/top of bookshelves	Mainly for indoor

\* Cell radius is used to indicate the cell size, although the cell shape is not circular.

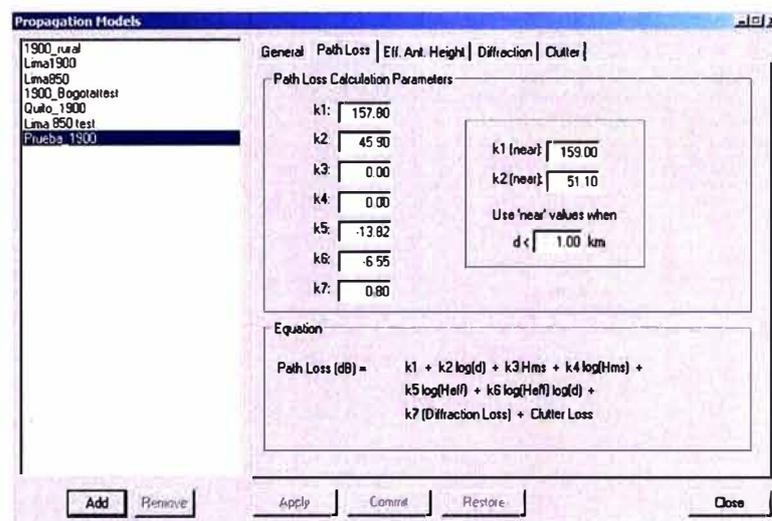


Figura 3.12: Ventana de configuración de los coeficientes de Hata

Estos programas de simulación toman en cuenta los siguientes parámetros que se cargan en el software de simulación:

- Altura de las antenas respecto a tierra.
- Datos de la altimetría del área a cubrir (curvas de nivel, en este caso de Lima).
- Configuración de potencia de los radio canales, para la carga de datos.
- Configuración de los clutters de la ciudad, los cuales indican el tipo de terreno y la pérdida que se le va a asignar, es decir si es urbano, denso, sub-urbano o rural.
- Especificar el tipo de sectores que se van a usar (macro cell, pico-cell o micro-cell).
- Datos de tráfico de datos y de voz estimado por sector.

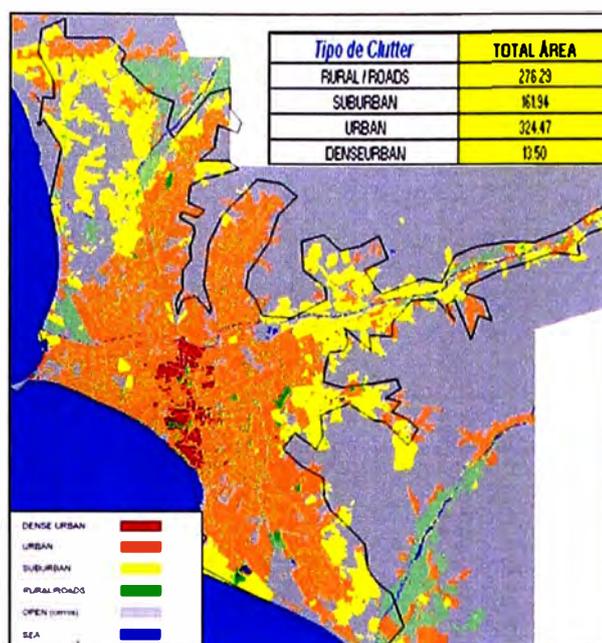


Figura 3.13: Tipos de área en Lima

Los modelos de propagación usados para las simulaciones y para el planteo de configuración inicial de las antenas es de OKUMURA HATA, el mismo usado para el modelo de propagación de GSM 850 MHZ. Las simulaciones se realizan en herramientas propietarias que contienen las ecuaciones y usan mapas digitales.

Para la simulación se obtiene el mapa de cobertura mostrado en la figura 3.14:

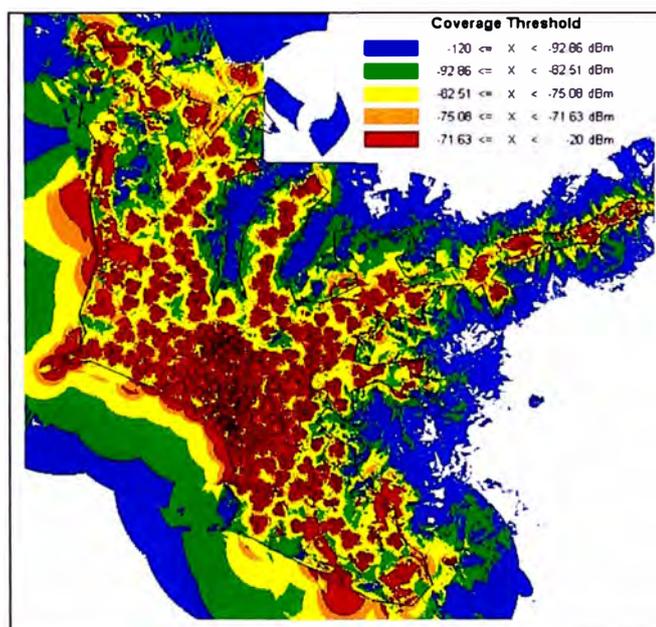


Figura 3.14: Predicción de cobertura en Lima

El nivel de colores indica el nivel de cobertura así como el requerimiento por tipo de morfología, la morfología de Lima se muestran en la figura 3.13.

### 3.3 CONEXIÓN ENTRE NODOS Y CONFIGURACION INICIAL

La parte de conexión es tarea del operador ya que solo la red UTRAN se integrará a su red de transporte para que la nueva red se integre a la red de conmutación, será el operador el que

La red UTRAN de Lima deberá requerir con ciertos aspectos de funcionalidad requeridos por el operador para poder desplegar la red 3G sobre la red GSM que opera actualmente, los cuales deberán ser provistos por el proveedor, entre estos requerimientos tenemos:

1. Funcionalidad de INTER-SYSTEM Handover hacia GSM para servicios de voz y datos.
2. Capacidad de los equipos, tanto RNC como nodos, de tener posibilidad de tener sistemas Backhaul para usar redes de transporte IP en el futuro.
3. Los nodos B deben ser modulares para facilitar la instalación, los cuales deben soportar interfaces tipo E1, fibra óptica y Ethernet para poder integrarse a la red de transporte del operador.
4. Contar con sistemas de monitoreo y en línea para O&M.
5. El RNC deberá soportar al menos release 5 de la 3GPP, en este release esta especificado las funciones de HSDPA.
6. Los nodos y RNC deberán estar listos para poder soportar tecnologías HSUPA (release 6 del 3GPP), para poder implementarlo cuando haya demanda de este servicio.

Como se mencionó en el capítulo I, las interfaces que existen en una red de acceso UTRAN son del tipo Iu (Iub, Iucs, Iups y Iur), las cuales puedan usar cualquier tipo de tecnología de transporte de microondas o Fibra Óptica, como PDH y SDH por el cual pasará el protocolo de transporte ATM, en la figura 3.15 se ilustra la conexión entre elementos de red y que tipo de sub capa ATM se usan en cada uno.

Tal como lo describe la tabla 3.16 en la sección 3.4.2, el RNC cuenta 12 tarjetas para la interfaz Iu, cada una de estas tarjetas tiene 4 interfaces o puertos STM-1/OC-3, es decir contamos con 48 interfaces STM-1, para brindar la conexión hacia los nodos B y hacia el core, como el sistema debe ser 1+1 para todas las interfaces, podremos usar 24

interfaces para la conexión de los nodos B y la salida hacia el core de paquetes y circuitos, los otros 24 serán de protección para cada una de las 24 interfaces principales en las cuales estarán alojados las interfaces Iub, IuPS y IuCS.

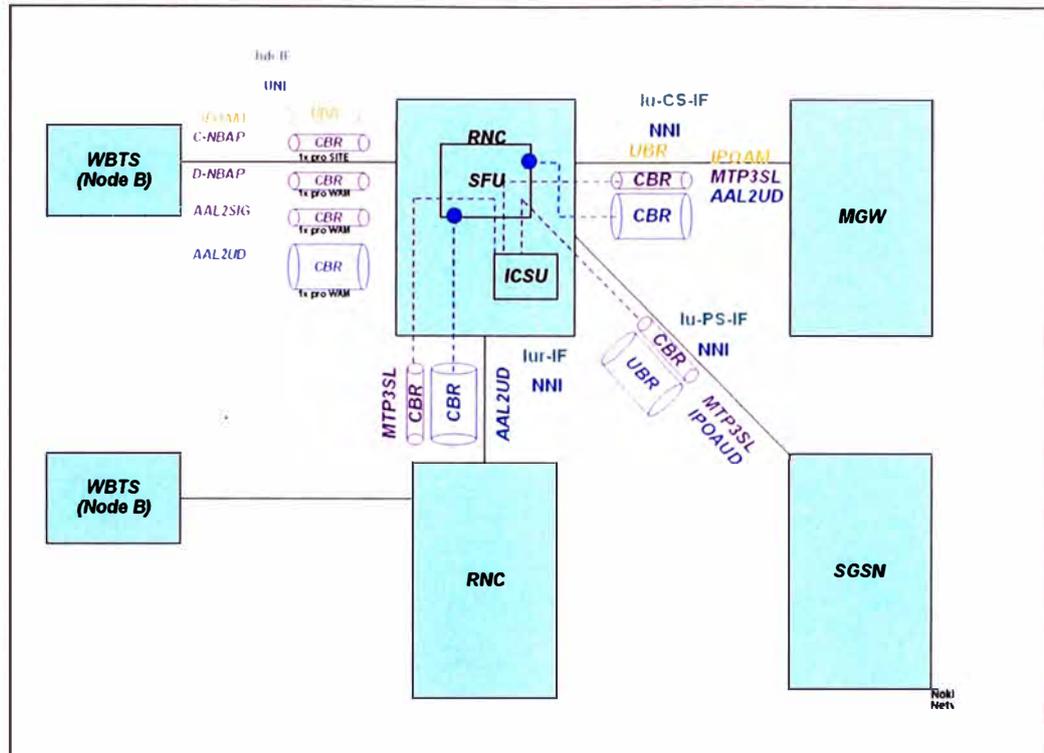


Figura 3.15: Tipos de tráfico en las distintas interfaces

Tabla 3.9: Cantidad de interfaces por RNC

Interfaz	Nº de Interfaces	Proteccion
Iu-ps	1	SI
Iu-cs	1	SI
Iur	1	SI
Futura ampliaciones hacia core	6	
Disponibles para Iub	15	SI
TOTAL RNC	24	

### 3.3.1 Interconexión Nodo B – RNC:

Todos los nodos B se configuraran con la máxima capacidad de transmisión TDM con que cuentan, cada nodo B tendrá 4 E1s hacia el RNC, esto debido a que el cliente quiere asegurar el trafico de datos que es el que mas ancho de banda ocupa en esta interfaz, debido a que el RNC no tiene interfaces E1 sino interfaces STM-1 para las conexiones Iu, se hará uso de un concentrador ATM entre nodos y RNC, este elemento es transparente para el intercambio de datos entre RNCs y nodos B, como cada nodo B tendrá 4 E1s, por cada interfaz STM-1 podríamos pasar un equivalente de 15 nodos B por interfaz STM-1.

Para la configuración del concentrador se debe establecer un direccionamiento, ya que este elemento va a multiplexar varias interfaces STM-1 en grupos de cuatro EIs y viceversa. La tarea de este direccionamiento será del concentrador ATM que se instalará entre los nodos y el RNC.

En el RNC se puede tener hasta  $15 \times 15 = 225$  nodos B, cada uno con una configuración de transmisión de cuatro EIs, pero como se requiere 279 estaciones por motivos de cobertura y capacidad, se va a requerir 2 RNCs para la fase inicial de la red, esto por el lado de capacidad de interfaces físicas.

Las conexiones de distribución de los nodos B se hará por STM-1, a los cuales se les asigna un número de interfaz la cual lo identifica.

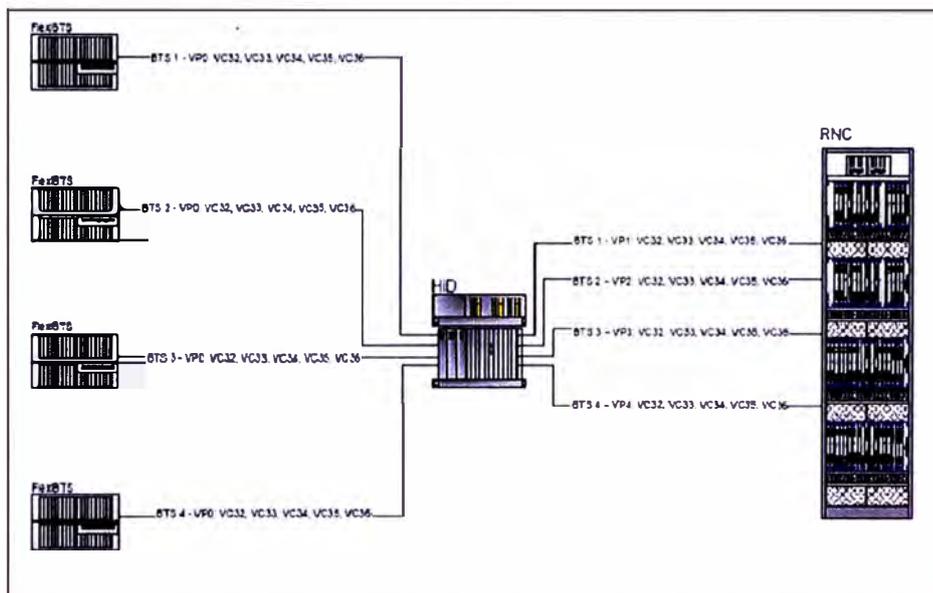


Figura 3.16: interfaz Iub, con concentrador ATM

La configuración de cada nodo se hará bajo el esquema indicado en la sección 1.5.2, en la cual se indica la numeración de los VPs y VCs para la interfaz Iub, es importante realizar una correcta numeración de los VPs en el lado del concentrador hacia el RNC y del concentrador hacia los nodos para un correcto funcionamiento.

En la tabla 3.10 se muestra un ejemplo de la configuración de algunos nodos hacia el concentrador y del concentrador hacia el RNC, como se puede observar del concentrador hacia al nodo siempre se usa el VP 1 y del concentrador hacia el RNC se diferencian los VPs, uno por nodo, lo cual ayuda a identificar a los nodos dentro de una interfaz ATM. También se indican los puertos a ser usados, tanto del concentrador como el del RNC, ambos del tipo STM-1, como los nodos van a tener una capacidad de 4 EIs por nodo, habrá 15 nodos por interfaz STM-1.

Tabla 3.10: Muestra de la configuración del concentrador

BTS ID	BTS Site Name	CONCENTRADOR ----> NODO B							CONCENTRADOR ----> RNC		
		VP	VC TD	Service Descrip.	IMA Group / N° E1	Patch Panel (PP) / E1 port number	STM1 PORT CONCENTRADOR	STM 1 PORT RNC	VP	VC	Service Descrip.
3GLI006	LIM.ANCON	1	32	UBR+	1 / 1-4	1 - 4 / PPx	1	5	1	32	UBR+
		1	33	CBR					1	33	CBR
		1	34	CBR					1	34	CBR
		1	35	CBR					1	35	CBR
		1	36	CBR					1	36	CBR
3GLI100	LIM.ARONA	1	32	UBR+	2 / 5-8	5 - 8 / PPx	1	5	2	32	UBR+
		1	33	CBR					2	33	CBR
		1	34	CBR					2	34	CBR
		1	35	CBR					2	35	CBR
		1	36	CBR					2	36	CBR
3GLI011	LIM.ASIA	1	32	UBR+	3 / 9-12	9 - 12 / PPx	1	5	3	32	UBR+
		1	33	CBR					3	33	CBR
		1	34	CBR					3	34	CBR
		1	35	CBR					3	35	CBR
		1	36	CBR					3	36	CBR
3GLI197	LIM.BOTIJA	1	32	UBR+	4 / 12-16	12 - 16 / PPx	1	5	4	32	UBR+
		1	33	CBR					4	33	CBR
		1	34	CBR					4	34	CBR
		1	35	CBR					4	35	CBR
		1	36	CBR					4	36	CBR
3GLI353	LIM.BOULEVARDASIA	1	32	UBR+	5 / 17-20	17 - 20 / PPx	1	5	5	32	UBR+
		1	33	CBR					5	33	CBR
		1	34	CBR					5	34	CBR
		1	35	CBR					5	35	CBR
		1	36	CBR					5	36	CBR
3GLI357	LIM.BUJAMA	1	32	UBR+	6 / 21-24	21 - 24 / PPx	1	5	6	32	UBR+
		1	33	CBR					6	33	CBR
		1	34	CBR					6	34	CBR
		1	35	CBR					6	35	CBR
		1	36	CBR					6	36	CBR
3GLI036	LIM.CANETE	1	32	UBR+	7 / 25-28	25 - 28 / PPx	1	5	7	32	UBR+
		1	33	CBR					7	33	CBR
		1	34	CBR					7	34	CBR
		1	35	CBR					7	35	CBR
		1	36	CBR					7	36	CBR
3GLI058	LIM.CIENEGUILLA	1	32	UBR+	8 / 29-32	29 - 32 / PPx	1	5	8	32	UBR+
		1	33	CBR					8	33	CBR
		1	34	CBR					8	34	CBR
		1	35	CBR					8	35	CBR
		1	36	CBR					8	36	CBR
3GLI195	LIM.CORRIENTES	1	32	UBR+	9 / 33-36	33 - 36 / PPx	1	5	9	32	UBR+
		1	33	CBR					9	33	CBR
		1	34	CBR					9	34	CBR
		1	35	CBR					9	35	CBR
		1	36	CBR					9	36	CBR
3GLI069	LIM.CULEBRAS	1	32	UBR+	10 / 37-40	37 - 40 / PPx	1	5	10	32	UBR+
		1	33	CBR					10	33	CBR
		1	34	CBR					10	34	CBR
		1	35	CBR					10	35	CBR
		1	36	CBR					10	36	CBR

Según el mapa de la figura 2.3, tenemos un total de 22 LACS GSM en la ciudad de Lima, se va tomar los LAC uno a uno de GSM y se va a asignar un LAC a 3G bajo la regla indicada en la ecuación 3.3.

$$\text{LAC}_{3G} = \text{LAC}_{2G} + 2000 \quad \dots\dots\dots 3.3$$

Como va a haber 2 RNCs, se hará la división de tal forma que el core de Lima sea un RNC y el resto otro, esto con la finalidad de distribuir el tráfico en Zona CORE y Zona periferia.

Tabla 3.11: Numero de nodos por LAC y RNC.

LAC_2G	LAC_3G	Nº NODOS	RNC
LAC01	LAC2001	13	1
LAC02	LAC2002	23	1
LAC03	LAC2003	16	2
LAC04	LAC2004	14	1
LAC05	LAC2005	9	2
LAC06	LAC2006	10	2
LAC07	LAC2007	10	1
LAC08	LAC2008	14	1
LAC09	LAC2009	15	2
LAC10	LAC2010	6	2
LAC11	LAC2011	19	2
LAC12	LAC2012	9	2
LAC13	LAC2013	6	2
LAC14	LAC2014	13	1
LAC15	LAC2015	16	1
LAC16	LAC2016	17	2
LAC17	LAC2017	16	2
LAC18	LAC2018	15	2
LAC19	LAC2019	8	2
LAC20	LAC2020	4	2
LAC21	LAC2021	10	1
LAC22	LAC2022	16	2

RNC	Nº NODOS
1	113
2	166
Total	279

Según esta distribución, la distribución geográfica de los RNCs será la que se indica en la figura 3.17 como se puede observar un RNC cubre el core Lima mientras que el otro RNC cubrirá la periferia. Finalmente el RNC 1 tendrá un total de ocho LACs, mientras que el RNC 2 tendrá catorce LACs, como se resume en la tabla 3.11, el RNC albergará 113 nodos y el otro 166 nodos. Después de la asignación de LACs, se debe informar al departamento de conmutación para que creen los sectores 3G con la información de sectores indicada en la sección 3.1.5 con los LACs respectivos en cada uno de los MSSs

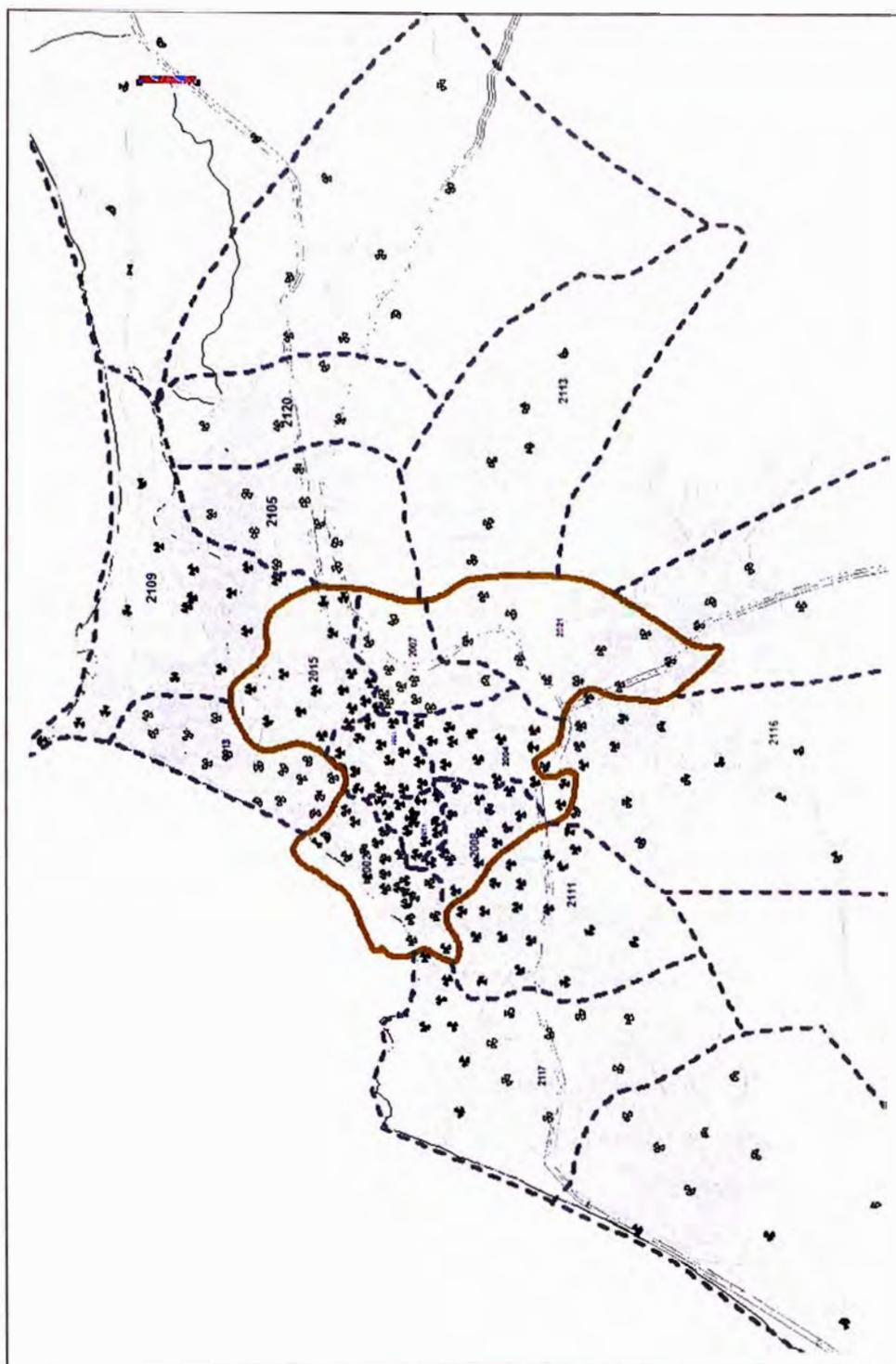


Figura 3.17: RNCs en Lima

### 3.3.2 Interconexión RNC – CORE:

Se dedicará una interfaz STM-1 hacia el SGSN y otra hacia el MSC, esto es para cada RNC, los cuales se conectarán a 2 MSCs distintos y a un solo SGSN que a su vez está conectado a un solo GGSN que dará la salida hacia Internet a través de un proveedor ISP.

Como se mencionó antes, las interfaces hacia el core son la IuCS para tráfico de voz y el IuPS para el tráfico de datos.

**Iu-CS:** El tráfico de esta interfaz se transporta sobre la capa AAL2, por la cual pasa el tráfico de capa usuario (USER PLANE). La transmisión de las tramas AMR se hacen sobre esta interfaz, existen 2 flujos de señalización: Uno para el control de radio vía RANAP y otro para el control de la red de transporte vía ALCAP, en el lado de core estos 2 protocolos pueden terminar en distintos puntos de señalización 7 o en uno solo.

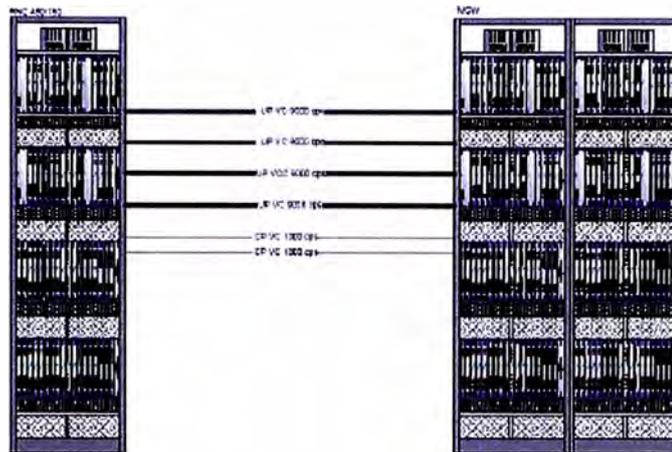


Figura 3.18: Interfaz RNC-3G-MSC

La configuración requiere de las partes USER-PLANE (UP) y CONTROL-PLANE (CP), las que se hacen a 9000 cps para UP. Para el CP, se considera que será un 6% del UP, cada uno de 1000 cps.

Según el requerimiento de la red se va a pasar inicialmente 5000 Erl para tráfico de voz en la hora más cargada, para poder hacer una comparación pondremos este tráfico a su equivalente en Mbps, una llamada AMR tiene una tasa de 16.4 Kbps con cabecera y control de errores, entonces, podemos hacer los siguientes cálculos:

Usando la tabla de Erlang B tenemos el número de canales, se usará un GOS del 0.1%:

$$\text{ChanErlB}(\text{Traf}, \text{GOS}) = \text{ChanErlB}(5000, 0.1\%) = 5133 \text{ canales}$$

Como tenemos el bit rate de cada canal, obtenemos el ancho de banda requerido:

$$\text{BW} = 5133 \text{ canales} \times 16.4 \text{ Kbps} = 84.14 \text{ Mbps}$$

Una celda ATM equivale a 424 bps, entonces tenemos el equivalente a CPS:

$$BW(\text{cps}) = \frac{84.14 \text{ Mbps}}{424 \text{ bps}} \approx 198444 \text{ cps}$$

Para la interfaz IuCS, se define que un canal virtual (VC) es de 9000 cps para el tráfico, usada por la capa USER PLANE en ATM, con esto obtenemos el número de VCs requeridos para el tráfico:

$$N^{\circ} \text{VCs} = \frac{198444}{9000} \approx 23 \text{ VCs}$$

Para la capa de control, se tiene que la capacidad debe ser del 6% y que el tamaño del VC es de 1000 cps.

$$N^{\circ} \text{cpsCP} = 6\% \times N^{\circ} \text{cpsUP} = 6\% \times 198444 \approx 11907 \text{ cps}$$

Finalmente la cantidad de VCs para el Control Plane es:  $\frac{11907}{1000} \approx 12$

En resumen tenemos la tabla 3.12:

Tabla 3.12: Capacidad de interfaz IuCS

		Erl	Can Req al 0.1% bloqueo	Equiv Mbps	Equivalente en CPS	VC Size (cps)	N° VCs
<b>UP</b>	<b>Trafico AMR</b>	5000	5133	84.14	198444	9000	23
<b>CP (6%UP)</b>	---	---	---	---	11907	1000	12

Como un STM-1 tiene 353207 cps de tráfico efectivo, esta cantidad de VCs pueden ser alojados en un STM-1, además consideremos que este es el cálculo para toda la red, pero como se va a contar con 2 RNCs, se puede asignar esta configuración a cada uno de los RNCs, lo que brindará holgura a medida de que el tráfico se incremente en cada uno de los RNCs y sus respectivas salidas al core de circuitos.

**IU-PS:** El tráfico en esta interfaz va sobre la capa AAL5 que se usa para transporte de paquetes de tamaño variable, los paquetes IP van encapsulados sobre ATM, como hay 2 RNCs, uno con 113 nodos y el otro con 166, según tablas tabuladas y la siguiente formula tenemos la siguiente formula para IuPS para cada RNC:

$$\frac{(N^{\circ}\text{nodeperRNC})(N^{\circ}\text{Nodes})(1 + \text{protoverhead})(1 + \text{IuOverdimensioning})(1 + \text{MarginRetransmission})(1 + \text{MarginBurstiness})}{1000 \times (N^{\circ}\text{SGSNperRNC})} \dots \mathbf{3.4}$$

Tabla 3.13: Capacidad de interfaz IuPS

	RNC 1	RNC 2
Number of NodeB/RNC	113	166
Number of SGSN/RNC	1	1
Iu Overdimensioning ratio	30%	30%
Average Packet size	512	512
Protocol Overhead	24.2%	24.2%
Margin for retransmission	10.0%	10.0%
Margin for burstiness	15%	15%
PS Load per NodeB	410.0	410.0
Load per RNC-SGSN (Mbps)	94.64	139.03

Los encabezados de protocolo en esta interfaz (Protocol Overhead) depende principalmente del tamaño de los paquetes, en nuestro caso asumimos un tamaño de 512 Bytes (Packet Data User) para facilitar la aproximación, según la tabla siguiente cuanto más pequeño sea el paquete, mayor será el overhead:

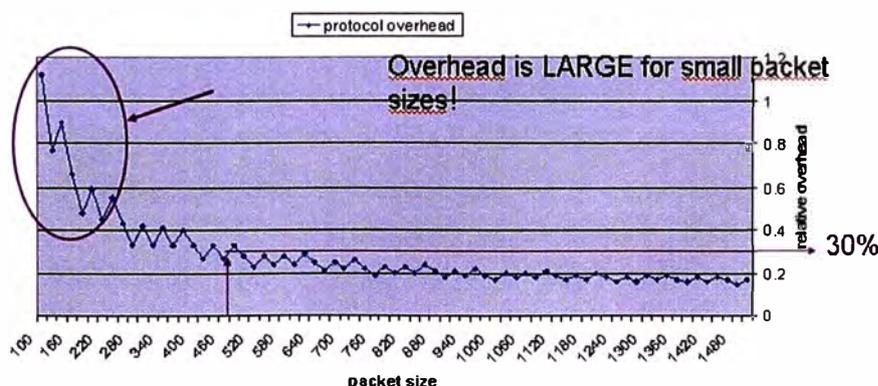


Figura 3.19: Overhead del protocolo en la interfase IuPS

El sobredimensionado, lo colocamos al 30%, es decir se esta dimensionando para un 70% de carga, dando pie a tener un margen del 30% para el trafico excedente. También se introduce datos como el desborde (burstiness) y retransmisión los cuales son indicadores

de posibles ráfagas de datos, es decir cuando el tamaño de paquete varié por incremento de tráfico en ciertos intervalos de tiempo, estos parámetros son propios de la variación de tráfico de paquetes.

Para la señalización, es decir para el tráfico RANAP, nos basamos en las reglas indicadas en la tabla 3.14.

Tabla 3.14: Capacidad de Links RANAP en función del tráfico de datos

Packet Data (Mbps)	Iu PS link Size RANAP	N° LNKS
< 85 M	1000	2
85 a 122	1000	4
122 a 159	1000	6
> 159 Mbps	1000	8

Para cada RNC tendríamos el mapeo de las interfaces físicas, las cuales pueden manejar las conexiones indicadas en la tabla 28, el RNC 1 tendrá 4 enlaces de control y el RNC 2 tendrá 6 enlaces, cada enlace tiene un equivalente de 1000 CPS, lo que nos indica de que cada IUPS obedecerá a la siguiente regla para obtener el número de CPS ATM:

$$N^{\circ} \text{cps IuPS} = \text{CPS(UP)} + 1000 \times (\text{N}^{\circ} \text{LinksControl}) \dots\dots\dots 3.5$$

Tabla 3.15: Interfaces de los RNCs

	UP Equiv Mbps	UP Equivalente en CPS	N° links RANAP (control)	Equiv CPS	N° STM-1
	96.64	227925	4	231925	1
	139.03	327901	6	333901	1

En cuanto a la configuración de la conexión entre equipos, ya se tiene dimensionado las interfaces, cada una de estas interfaces cuenta con el debido número de links para control, en la tabla 3.16 mostramos una matriz de conexiones, en la que mostramos las interfaces físicas SDH y como se ha asignado cada una. Los cuadros que aparecen en blanco se reservan para futuras ampliaciones que se puedan presentar en las interfaz IuCS o IuPS, que son las principales en ser monitoreadas, también se podría usar

alguna para alguna ampliación de Iub para nuevos nodos B, pero esto dependerá también del tráfico global que maneje el RNC.

Tabla 3.16: Capacidad del RNC

UNIT	0	1	2	3
1		IuCS	IuPS	Iur
2	Iub	Iub	Iub	Iub
3	Iub	Iub	Iub	Iub
4	Iub	Iub	Iub	Iub
5	Iub	Iub	Iub	
6				
7		IuCS prot	IuPS prot	Iur prot
8	Iub prot	Iub prot	Iub prot	Iub prot
9	Iub prot	Iub prot	Iub prot	Iub prot
10	Iub prot	Iub prot	Iub prot	Iub prot
11	Iub prot	Iub prot	Iub prot	
12				

### 3.4 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS.

#### 3.4.1 Nodos B

El nodo B con que se cuenta es de tipo modular, es decir el equipo cuenta con diversos módulos que cuentan con la arquitectura OBSAI (Open Base Station Architecture Interface). Una de las principales características, es que tiene la etapa de radio físicamente separada del módulo principal donde se encuentra la etapa de banda base y frecuencia intermedia, la parte de control y la de conexiones hacia el RNC. La comunicación entre estos dos elementos es a través de fibra óptica. En la parte de software, el nodo soporta el Release 6 de la 3GPP en la que se incluye funciones HSUPA para el servicio de datos de banda ancha en Up Link.

El Nodo B tiene las siguientes características:

- Modularidad.
- Conexiones de O&M para los módulos de RF.
- Monitoreo de la línea de antena: pérdida por retorno.
- Pocas pérdidas debido a que no se usan feeders.
- Bajo, peso, ideal para instalación sobre mástiles o paredes.

La corta longitud que existe entre la antena y el módulo RF nos permite tener menos pérdidas ya que no se usa guía de onda para la transmisión de radio, esto reduce las pérdidas tanto en el enlace de subida como el de bajada.

Las interfaces y módulos del nodo B se enumeran en la tabla 3.17.

Tabla 3.17: Características del Nodo B

Module Name	Sub-Mod name	INTERFACES	CAPACITY	Remarks
SYSTEM MODULE	TRANS	4xE1 coaxial	-----	Conexión ATM y configuración del IMA GROUP
		2xFast Ethernet, 1xGE	-----	SMB, RJ45, SFP- para futuras soluciones Backhaul
	SYSTEM	-----	170 Channel Element	-----
RF MODULE	DUAL	FO to System Module, 4 antenna port tx/rx	2 antennas	2 x 20 W output power
	SINGLE	FO to System Module, 2 antenna port tx/rx	1 antenna	1 x 20 W output power

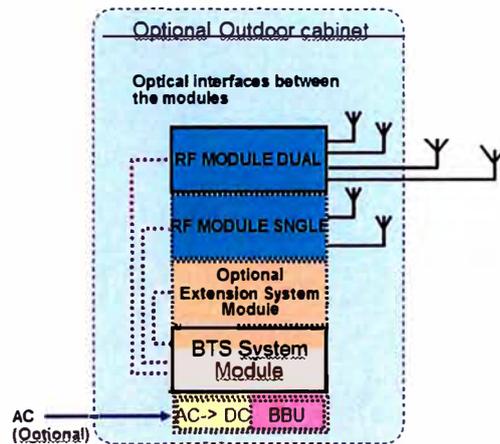


Figura 3.20: Arquitectura del nodo B

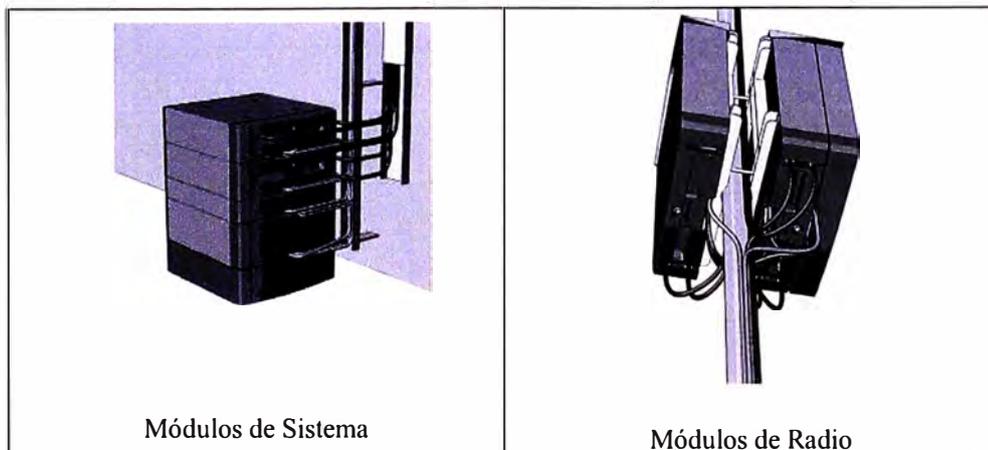


Figura 3.21: Instalación de los módulos del nodo B.

Debido a la modularidad del equipo se puede instalar en el suelo o en mástiles, tal como se muestra en la figura 3.21.

### 3.4.2 RNC (Radio Network Controller)

El RNC debe contar con la capacidad de manejar interfaces ATM e IP ya que la actual red de transporte del operador es de tipo SDH y PDH, en el futuro se contará con una red MPLS para poder pasar todo lo que es tráfico de datos a través de esa red usando IP para el tráfico de datos, es por eso que tanto el RNC y los nodos B deben estar listos para esto, en nuestro caso los RNCs a usar cuentan con estos tipos de interfaz para poder conectarse al core y a los nodos B tal como se mencionó en la sección 3.3.

En cuanto al software, el RNC debe contar con un sistema de O&M para poder monitorear las celdas así como poder modificar parámetros de radio y modificar la base de datos en el proceso de optimización, entre estas características, el RNC a usar cuenta con lo siguiente:

- Sub sistema de O&M para modificar la Base de datos vía interfaz grafica.
- El software del RNC soporta funcionalidades de R99 y HSPA para las BTSs, es decir cuenta con capacidad Release 6 de la 3GPP
- Cuenta con un disco duro interno para almacenar los contadores durante un periodo de 15 días, es decir cada 15 días la información se ira renovando, esto es para que puedan pasarse a una base de datos para poder ser procesados.

En cuanto al dimensionamiento de un RNC, este se basa en:

- Capacidad requerida en Erlangs del RNC, para el tráfico de voz.
- Capacidad requerida en MBytes del RNC, para el tráfico de datos.
- Numero de nodos y sectores que irán conectados al RNC
- Total de conexiones AAL2 para el total de interfaces Iu (Iub, Iur y Iu-CS interfaces en Mbps).
- Conexiones físicas en Mbps.

Para la fase inicial de este proyecto, el número de nodos inicial determino el número de RNCs que es 2. A medida de que el tráfico vaya en aumento este número se irá incrementando. Como una de las principales limitantes de un RNC suele ser la cantidad de nodos y sectores que puedan manejar así como el tráfico total, es necesario conocer las características del RNC en cuanto a capacidad, en la tabla 3.18 se enumera las capacidades del actual RNC.

Tabla 3.18: Características del RNC

HIGH CAPACITY RNC	RNC450/450	Coments
Number subscriber	360000	
BHCA	295000	Máximo numero de llamadas entrantes simultaneas
Erlangs	8000	Máximo trafico de voz a manejar
Iub Throughput Mbps	450	
Number of carriers	1152	Nº de sectores
Number of BTSs	512	Nº de Nodos
AAL2UP connectivity Mbps	3594	para conexiones NRT
RRC connected mode users	100000	usuarios activos simultáneos
Nbr of int unprot / protected	24 / (24+24)	
Max number of cards	12	
Max HSDPA peak rate per UE (Mbps)	10	
Max HSDPA peak rate per cell (Mbps)	14.4	
Max HSUPA peak rate per UE / cell (Mbps)	2	
HSDPA active users per cell	48	
Iu - ps HSDPA net bit rate Mbps	405	

### 3.5 PLAN PARA LA INTERACCIÓN CON LA RED GSM

Una de las principales cosas a tener en cuenta es la planeación de la interacción con las redes GSM actuales, ya que ambas tecnologías obedecen a las normas de la 3GPP, este plan depende de factores como cobertura, tipo de servicio que se quiera dar en 3G, tráfico o incluso jerarquía. Cabe resaltar que estos procedimientos afectan solo a los móviles que son tipo GSM/UMTS. Los procedimientos que existen para la interacción es en ambos estados principales del móvil IDLE (espera) el cual será la reelección inter-system y Dedicado el cual será el handover inter-system, es decir el móvil podrá campar en GSM o 3G tanto en idle como en llamada según la estrategia que el operador quiera desplegar. En ambas redes existen parámetros a nivel de BSC y RNC para activar o desactivar estas funcionalidades y también existen parámetros para afinar el tipo de handover o reelección a nivel de sector.

Antes de mencionar los parámetros a tener en cuenta de la red de acceso, tenemos que mencionar que el core de la red debe contar con algunas cosas:

- Los MSCs deberán contar con la funcionalidad de Inter system Handover entre MSCs. Esto para la parte de llamadas de voz.
- Los SGSNs actualmente cuentan con el sistema inter system.

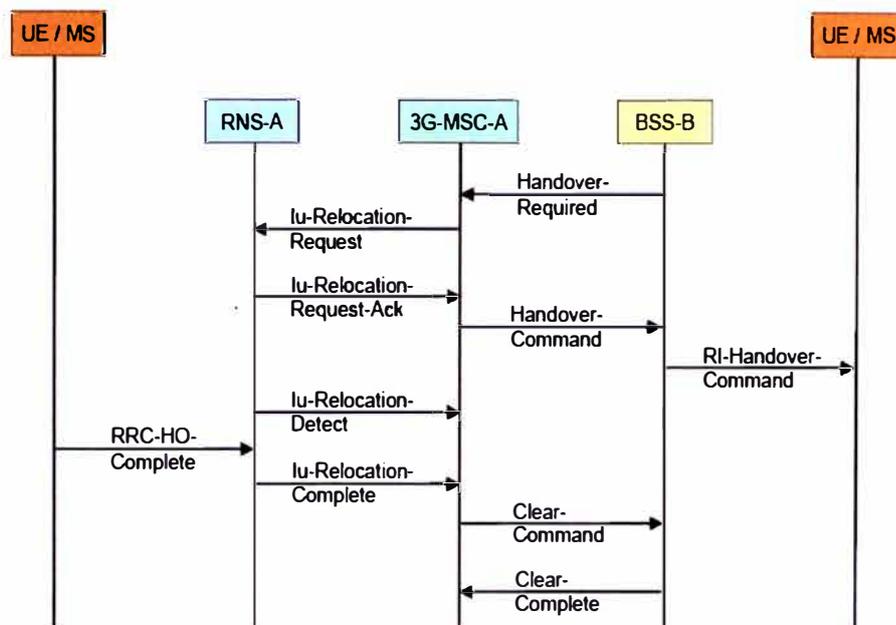


Figura 3.22: pasos de señalización en HO GSM/UMTS

Para que estas funcionalidades operen de manera correcta hay que definir las listas de vecino inter-sistema en ambas redes, es decir hay que declarar en la red GSM los vecinos WCDMA y en la red WCDMA se tiene que declarar los vecino GSM, esto es un proceso delicado ya que en ambas tecnologías hay que declarar varios parámetros como SCs, frecuencias, BSICS y LACS ya que como cualquier tipo de handover o reelección, el móvil cambiara de sector según lo que ordene el RNC o BSC.

En la base de datos se debe indicar el código de red del país (MCC), en el caso del Perú es 716 y el código de red en el país (MNC), el cual es único para cada operador, en el caso de CLARO, su MNC es 10 y el de MOVISTAR es 06, también se indica el LAC destino al cual pertenece el sector vecino.

En ambas base de datos se debe crear una lista de vecinos la cual es bidireccional, esta lista se define por sector, por norma cada sector puede tener hasta 32 vecinos GSM o WCDMA, pero por motivos de una correcta funcionalidad no se deberían definir más de 15 vecinos inter-sistema por sector.

En las tablas 3.19 y 3.20 se enumera los parámetros a tener en cuenta a la hora de crear los vecinos inter-sistema, tanto para GSM como UMTS.

Tabla 3.19: Definición de vecinos GSM a UMTS

	Parámetro	Descripción
<b>SECTOR GSM</b>	<b>SRC-SITE</b>	Sitio GSM
	<b>SRC-SECTOR</b>	Sector GSM Servidor
<b>Datos del vecino UMTS</b>	<b>ADJ-SITE</b>	código del sitio vecino
	<b>ADJ-SECTOR</b>	Sector vecino
	<b>CELLGLID-MCC</b>	Código de la red de país
	<b>CELLGLID-MNC</b>	Código de red en el país
	<b>CELLGLID-LAC</b>	LAC del vecino
	<b>CELLGLID-CI</b>	CI del vecino
	<b>TGTCELL-TYPE</b>	FDD o TDD
	<b>RNCID</b>	ID del RNC del vecino
<b>SC</b>	Scrambling Code del sector vecino	

Tabla 3.20: Definición de vecinos UMTS a GSM

	Parámetro	Descripción
<b>Sector UMTS</b>	<b>WBTSId</b>	nodo B servidor
	<b>LerId</b>	CI servidor
<b>Datos del vecino GSM</b>	<b>AdjgBCC</b>	BCC del vecino GSM
	<b>AdjgBCCH</b>	BCCH o frecuencia del vecino GSM
	<b>AdjgCI</b>	Cell ID del vecino GSM
	<b>AdjgLAC</b>	LAC del vecino GSM
	<b>AdjgMCC</b>	Código de la red de país
	<b>AdjgMNC</b>	Código de red en el país
<b>AdjgNCC</b>	NCC del vecino GSM	

Con estos parámetros se forma una lista bidireccional para ambas redes.

Entre las estrategias propuestas por el operador y el proveedor para la interacción de ambas redes, se propuso lo siguiente:

- Tanto la reelección como el handover de 3G a 2G se dará hacia los sectores 850 de GSM, mientras que los sectores 850 y 1900 de GSM si podrán hacer reelección y handover hacia UMTS, esto debido de que la filosofía de pasar de 3G a 2G es cuando la cobertura de 3G este deteriorada, lo lógico es pasar a GSM 850 que tiene mejor cobertura que GSM 1900.

- Todos los móviles WCDMA/GSM deberían camparse en WCDMA preferentemente, los parámetros a configurar del lado de la red GSM serán de tal forma de que haya preferencia de reelección a UMTS siempre que las condiciones de radio de UMTS sean óptimas.
- Para el servicio de datos, hay que asegurar que el móvil este siempre en UMTS y que solo pase a GSM si es que la calidad de la señal este degradada, ya que si el móvil pasa a GSM, la tasa de descarga se degradará y la percepción del usuario sería mala.
- Como el tráfico de voz de GSM esta desviado a 1900 por motivos de calidad de voz, el handover hacia UMTS estará desactivado en esta banda pero si se activara hacia 850 para aquellos casos en la que la cobertura de 1900 sea pobre.

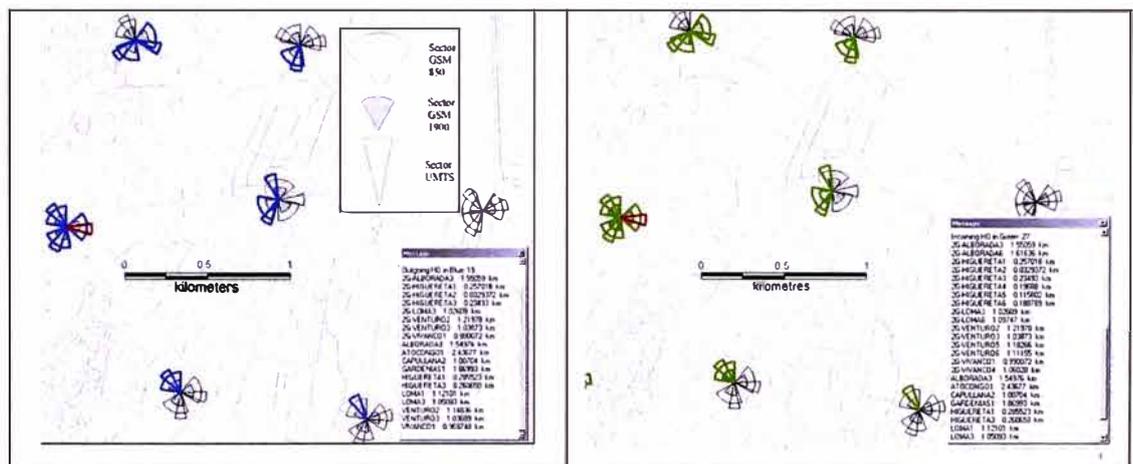


Figura 3.23: Ejemplo de vecinos entrantes y salientes de UMTS a GSM

Para lograr esto hay que activar y calibrar parámetros tanto en los RNCs como los BSCs, a continuación describiremos este proceso:

### 3.5.1 Interacción GSM a UMTS:

#### 3.5.1.1 Reselección:

El primer paso es definir la lista de vecinos UMTS a cada sector GSM, tanto los de 850 como los de 1900, para que puedan funcionar los procedimientos de handover (estado dedicado) y reelección (estado IDLE o espera). Para la reelección hay 2 posibilidades, el móvil esta totalmente en idle o que este en modo GPRS ON en el cual puede estar haciendo una transacción de datos o navegando en WAP.

Lo que hay que tener en cuenta respecto a la reelección hacia 3G es lo siguiente, los vecinos 3G deben cumplir con las siguientes condiciones:

- El valor de RSCP excede el RLA de la celda GSM servidora y de las demás celdas GSM no servidoras.
- El  $E_c/N_0$  de la celda 3G debe ser mayor o igual que  $FDD\_QMI-FDD\_QMIO$ .
- El valor de RSCP debe ser mayor o igual que el parámetro  $FDD\_RSCPmin$

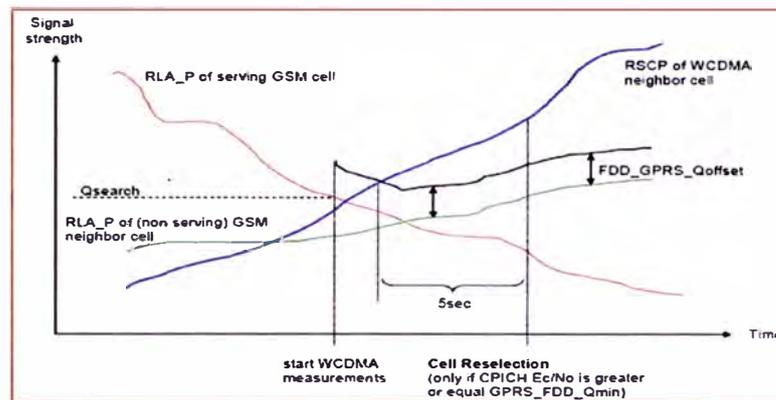


Figura 3.24: Condiciones de reelección GSM a UMTS

Los parámetros a tener en cuenta se muestran en la tabla 3.21.

Para el caso de una sesión de datos, en la que el móvil se encuentra en estado GPRS/EDGE ON, existe un set de parámetros similar. Los principios a usar son los mismos los que se usan en la reelección en idle, solo que esto aplica para sesiones de datos, los parámetros para esto pertenecen a un objeto del BSC, el cual gobierna todos los parámetros de movilidad y radio cuando hay una sesión de datos activa, el grupo de parámetros de 2G a 3G para datos se resumen en la tabla 3.22.

Tabla 3.21: Parámetros de reelección en GSM.

Parameter Name	Valor	DESCRIPCION
QSRHI	ALWAYS	Búsqueda de vecinos UMTS
FDDQMI	MDB07	$E_c/N_0$ mínimo que debe tener el vecino UMTS para que sea candidato a ser un servidor WCDMA para el móvil
FDDQO	MDB24	Este es un delta que se le dará al $E_c/N_0$ del vecino 3G para que pueda hacer reelección con facilidad.
FDDRSCPMI	MDB99	Mínimo valor de RSCP que deberá tener el vecino UMTS para que el móvil pueda camparse en él
FDDMURREP	2	Numero de celdas UMTS a ser consideradas en el calculo de reelección.
FDDQMIO	DB00	Este es un Offset o fase que se le puede aplicar al vecino para ajustar la reelección

Hay que tener en cuenta que los parámetros en IDLE y GPRS son distintos.

Tabla 3.22: Parámetros de reelección en EDGE/GPRS.

Parameter name	Value	Description
GUMTSSRHPRI	1	Prioridad de búsqueda de celdas 3G
GFDDQMI	MDB12	Umbral de Ec/No para la reelección en datos hacia UMTS
GFDDMURREP	2	Numero de celdas UMTS a ser consideradas en el calculo de reelección.
QSRHPRI	ALWAYS	Prioridad de búsqueda de celdas UMTS, para la reelección, en este caso el móvil siempre buscara celdas UMTS, sin importar el nivel de señal que tengan
FDDGQO	DB00	The FDD_GPRS_Qoffset parameter indicates an offset which is applied for the carrier level of the serving GPRS cell and suitable non-serving GPRS cell(s).
GFDDRSCPMI	MDB099	Mínimo valor de RSCP que deberá tener el vecino UMTS para que el móvil pueda camparse en él

### 3.5.1.2 Handover:

El proceso de Handover en GSM hacia otro sistema se puede realizar por las siguientes razones:

- Mejor Servidor.
- Suficiente cobertura UMTS.

Los handovers hacia UMTS se realizan por mejor servidor siempre y cuando haya un vecino que tenga mejor nivel que la celda servidora GSM. Mientras que el handover debido a suficiente cobertura UMTS se activa cuando cierto umbral de RSCP y/o Ec/No es alcanzado por el vecino UMTS.

El handover por mejor servidor tiene por objetivo reducir la potencia de transmisión, es decir en GSM cuando los niveles de interferencia suben en downlink, el control dinámico de potencia del móvil hace que este transmita a mayor potencia.

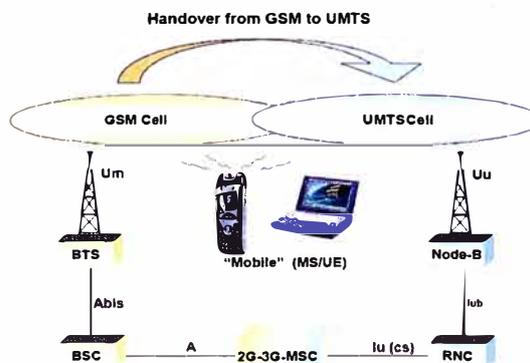


Figura 3.25: Handover GSM a UMTS

El handover por cobertura suficiente de UMTS tiene por objetivo no esperar a que los niveles de señal sean mejores a los de GSM sino esperar a tener un nivel de señal

aceptable para poder cursar una llamada en UMTS, esto ayuda a poder redireccionar rápidamente llamadas en curso cuyos terminales tengan capacidad GSM/UMTS con el fin de descongestionar celdas GSM y a su vez de poder brindar mejor calidad de audio, esto se puede realizar debido a que los requerimientos de señal de UMTS suelen ser menores a los de GSM para poder cursar una llamada de voz o datos.

Como se puede apreciar en la siguiente tabla, las equivalencias de nivel entre GSM y UMTS:

Tabla 3.23: Umbrales de cobertura para GSM y UMTS.

TYPE	UMTS (dBm)		GSM (dBm)	
	UMTS (dBm)	UMTS (dBm)	GSM (dBm)	GSM (dBm)
<b>Indoor Asegurado</b>	-71	ABOVE	-65	ABOVE
<b>Indoor Marginal</b>	-75	-71	-69	-65
<b>Solo Outdoor</b>	-82	-75	-78	-69
<b>Outdoor Marginal</b>	-92	-82	-86	-78
<b>Rural</b>	-110	-92	-100	-86
<b>No Coverage</b>	BELOW	-110	BELOW	-100

Los parámetros a tener en cuenta para el handover hacia UMTS son los mostrados en la tabla 3.24.

Tabla 3.24: Handover de GSM a UMTS.

PARAMETER	Valor	Description
EUHO	1	Activa el HO de GSM a UMTS
EUBCHO	1	Activa el HO Mejor Servidor de GSM a UMTS
EUSCHO	1	Activa el HO por suficiente cobertura hacia UMTS

### 3.5.2 Interacción UMTS a GSM:

#### 3.5.2.1 Reselección:

A diferencia de GSM en el cual el móvil siempre buscara la red UMTS, en UMTS el móvil se reselectionará a GSM siempre y cuando se den condiciones de calidad en la que el estar en UMTS resulte perjudicial para la originación de llamadas ya que una de las estrategias del operador es que los móviles UMTS/GSM estén la mayor parte del tiempo campeados en UMTS.

Como la estrategia es que los móviles UMTS/GSM siempre estén campeados en UMTS debido a que se quiere captar en UMTS a todos los terminales que soportan ambas tecnologías, pero va haber ocasiones en el que va a ser necesario que los móviles puedan pasar a GSM debido a problemas de cobertura o calidad.

El proceso de reselection en UMTS se realiza en el siguiente orden:

Inicio de medidas de la celda servidora para saber hacia que sector aplicará la reelección, en la que se considera los siguientes casos:

- ✓ El móvil mide los vecinos intra-frecuencia si:

$$\text{CPICH Ec/No} < \text{Qqualmin} + \text{Sintrasearch} \dots\dots\dots 3.6$$

- ✓ El móvil mide los vecinos inter-frecuencia si:

$$\text{CPICH Ec/No} < \text{Qqualmin} + \text{Sintersearch} \dots\dots\dots 3.7$$

- ✓ El móvil mide los vecinos inter-system si:

$$\text{CPICH Ec/No} < \text{Qqualmin} + \text{SsearchRAT} \dots\dots\dots 3.8$$

En la figura 3.26 se observa la banda de valores de Ec/No que se tienen en cuenta a la hora de evaluar una reelección, como se puede ver el peor de los casos es pasar a GSM, en el caso de la red de Lima no existe el procedimiento de “Inter Frequency” debido a que solo se tiene una portadora WCDMA.

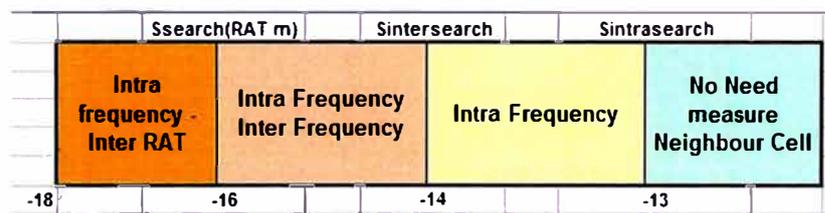


Figura 3.26: Tipos de reelección en 3G y umbrales

El móvil ejecuta una reelección hacia el vecino medido por la celda servidora usando el criterio S el cual indica la lista de vecinos para la reelección.

El criterio S está definido como:

- ✓ Vecinos WCDMA intra-frecuencia:

$$\text{CPICH Ec/No} > \text{AdjsQqualmin} \text{ and } \text{CPICH RSCP} > \text{AdjsQrexlevmin} \dots\dots 3.9$$

- ✓ Vecinos WCDMA inter-frecuencia:

$$\text{CPICH Ec/No} > \text{AdjiQqualmin} \text{ and } \text{CPICH RSCP} > \text{AdjiQrexlevmin} \dots\dots 3.10$$

- ✓ Vecinos GSM:

$$\text{Rxlev (BCCH)} > \text{Qrxlevmin} \dots\dots 3.11$$

Los parámetros de RNC a nivel de sector para esta fase son:

Tabla 3.25: Parámetros de reelección de UMTS a GSM.

Parameter	Value	Description
Sintersearch	4	Umbral para iniciar la búsqueda de vecinos inter-frecuencia.
Sintrasearch	5	Umbral para iniciar la búsqueda de vecinos intra-frecuencia.
Ssearch_RAT	2	especifica el umbral mínimo para que se inicie la búsqueda de vecinos GSM
QqualMin	-18 dB	Mínimo valor de calidad (Ec/Io) requerido en la celda UMTS servidora
QrxlevMin	-115 dBm	Determino el mínimo nivel RSSI medido del vecino GSM para que la reelección de la celda UMTS a GSM sea posible.

### 3.5.2.2 Handover:

Al igual que la parte de reelección cada llamada de voz pasara a GSM cuando se tenga problemas de calidad, no se considera tanto el nivel debido a que sin importar que nivel tan bajo se tenga en WCDMA, la calidad será mejor, debido a la ortogonalidad de los códigos. En UMTS el handover inter sistema se realiza debido a las siguientes causas y en el siguiente orden de prioridad:

- handover a GSM debido a Up link DCH quality
- handover a GSM debido a UE Tx power
- handover a GSM debido a Downlink DPCH power
- handover a GSM debido a CPICH RSCP
- handover a GSM debido a CPICH Ec/No.

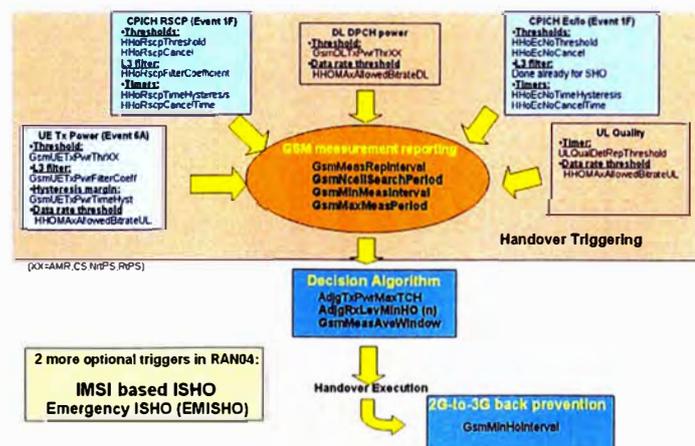


Figura 3.27: Algoritmos para realizar handover en UMTS

En el caso de red de Lima solo se configurará la opción de Handover por Ec/No (calidad) y por RSCP (nivel del piloto). Siendo el handover por calidad el principal debido

a que el  $E_c/N_0$  es el principal indicador de cuan buena es la cobertura de un sector WCDMA.

Tabla 3.26: Parámetros de handover de UMTS a GSM.

TYPE	Parameter	Description
CALIDAD	HHoEcNoThreshold	Este parámetro determina el umbral de $E_c/N_0$ que dispara el handover hacia GSM, cuando el $E_c/N_0$ es menor o igual que este parámetro, el RNC empieza la búsqueda de vecinos GSM.
	HHoEcNoCancel	Si el handover inter-RAT (GSM) causado por $E_c/N_0$ esta activado, El RNC inicia las medidas de los vecinos GSM en compressed mode. El RNC cancelara las medidas GSM si algún miembro del active set ccell tiene un $E_c/N_0$ mayor o igual a HHoEcNoCancel, esto se hace para evitar un paso innecesario hacia GSM.
R	HHoRSCPThreshold	Este parámetro determina el umbral de RSCP que dispara el handover hacia GSM, cuando el RSCP es menor o igual que este parámetro, el RNC empieza la búsqueda de vecinos GSM.
	HHoRSCPCancel	Si el handover inter-RAT (GSM) causado por RSCP esta activado, El RNC inicia las medidas de los vecinos GSM en compressed mode. El RNC cancelara las medidas GSM si algún miembro del active set ccell tiene un RSCP mayor o igual a HHoRSCPCancel, esto se hace para evitar un paso innecesario hacia GSM.

Los parámetros y umbrales a ser tenidos en cuenta para la ejecución de estos dos tipos de handover son los mostrados en la tabla 3.26. Lo mas recomendable es disparar el handover por calidad ya que WCDMA se puede acceder a niveles de señal inferiores a los de GSM siempre en cuando al calidad sea buena (nivel de interferencia bajo).

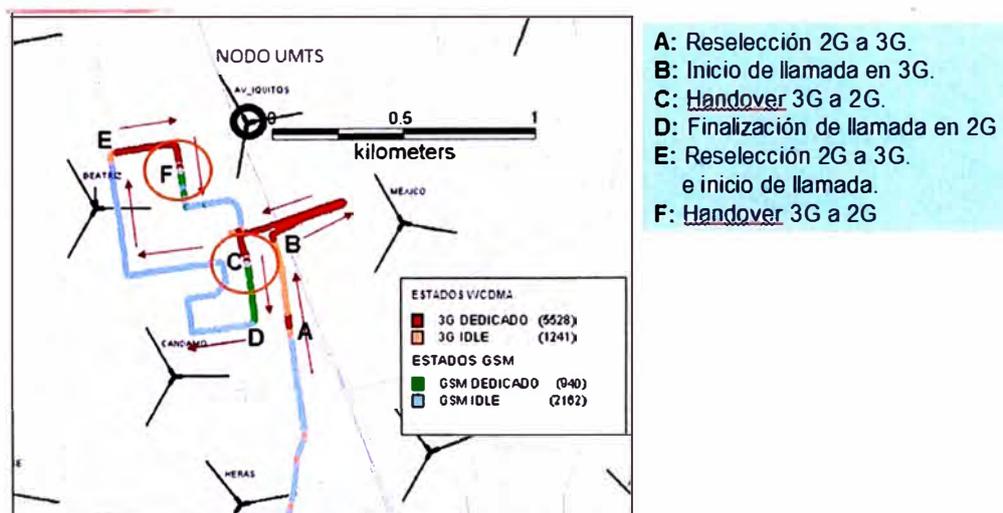


Figura 3.28: Prueba de handover y reelección inter-sistema en Lima (I)

### 3.5.3 Pruebas de pre-configuración realizadas

Inicialmente se probó la funcionalidad de reelección de GSM a UMTS y viceversa, esto fue hecho en un sitio UMTS “solitario” en medio de sitios GSM, para probar escenarios en los que se tenga sitios de UMTS con bordes de cobertura vecinos a

sitios GSM, esto es útil debido de que con esto aseguraremos de que una llamada que va en UMTS pueda pasar a GSM cuando se pierda cuando se pierda calidad o nivel de señal.

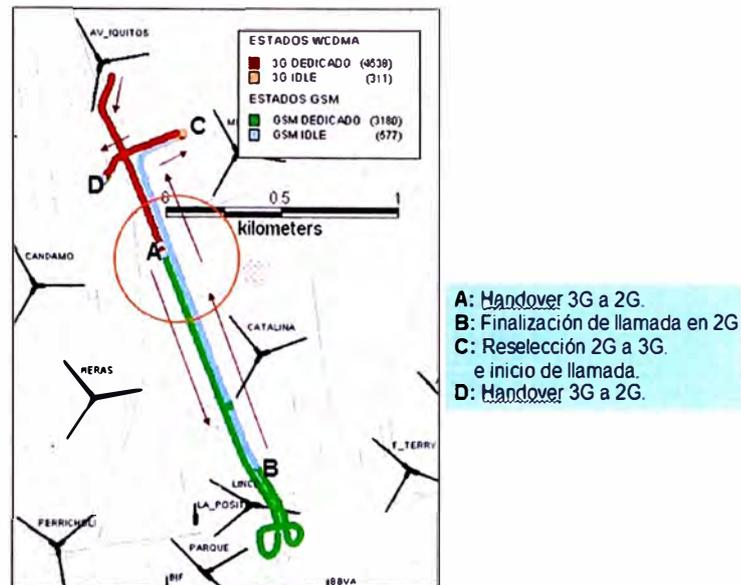


Figura 3.29: Prueba de handover y reaselección inter-sistema en Lima (II)

En la figura 3.30 se muestra un grupo de sitios GSM/UMTS (sitios en gris) en medio de otros que son solo GSM (sitios en rojo), la ruta azul indica cuando el móvil estuvo en modo UMTS y el verde cuando el móvil estuvo en modo GSM, aquí es donde se ve la funcionalidad del handover inter-sistema, la idea de esto es asegurar la continuidad de la llamada a lo largo del recorrido.

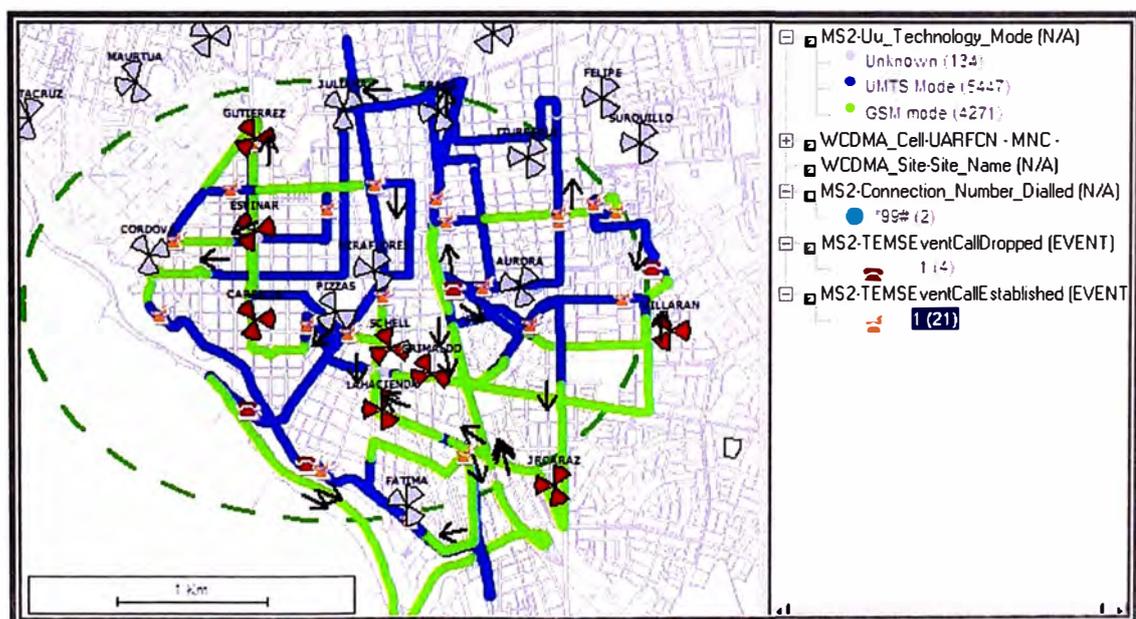


Figura 3.30: Recorrido de prueba en llamada larga de un móvil GSM/UMTS

## **CAPITULO IV**

### **COSTOS DEL PROYECTO**

En el presente capítulo describiremos de manera resumida los costos y el tiempo que se invirtió para la realización de los trabajos de planeación de la red WCDMA de Lima y el ajuste inicial de los parámetros de radio para la interacción con la red GSM existente, todo esto desde el punto de vista del proveedor. Entre las cosas que se describirán están los equipos necesarios así como el tiempo de preparación de la información para dar los datos necesarios al grupo de instalación.

La actual red que se esta describiendo es la red de la empresa de telefonía celular MoviStar, cuya planeación y posterior instalación estuvo a cargo de la empresa proveedora de equipos y servicios de telecomunicaciones Nokia Siemens Networks Perú, esto como parte de las buenas experiencias que se ha tenido con el proyecto de planeación y optimización de la red GSM de Lima por parte de la misma empresa. Como se menciona antes se tiene por objetivo el análisis de la parte de acceso de la red 3G (UTRAN), ya que el core del operador ya esta habilitado para soportar servicios 3G.

La presentación de cifras en este capitulo, muestra lo rentable que es Lima para la telefonía celular, por ejemplo, actualmente se tiene para Lima un trafico diario de aproximadamente 520200 Erl diarios, suponiendo que las llamadas solo se realizan entre abonados del mismo operador y que el costo del minuto es de 0.5 centavos y tomando un factor de 75% de minutos efectivos tarifados, ya que hay que considerar las categorías de minutos libres, consultas a sistemas de atención al cliente u otros tipos de llamada los cuales están libres de cobro.

Tomemos en cuenta que este es un calculo rápido en base al trafico actual y tomando como premisa de tráfico dentro de la misma red. Además no se esta entrando en un análisis sobre los impuestos o pagos de ley que el operador debe pagar al Estado Peruano que obviamente se descuenta de este resultado, además de los costos de operación, sueldos, mantenimiento, etc.

Tabla 4.1: Aproximación de ganancias en función del tráfico

	Trafico	Equivalente Minutos	Ganancia (75%)	Mensual
<b>BH</b>	36800	2208000	S/. 828,000.00	S/. 24,840,000.00
<b>ALL DAY</b>	520200	31212000	S/. 11,704,500.00	S/. 351,135,000.00

El nuevo reto de los operadores celulares es crear el modelo de mercado para ofrecer servicios de banda ancha, estos servicios serian demasiado caros si se tarifasen por tamaño de descarga o por tiempo de ocupación.

También podemos decir que el actual proyecto, lo podemos tomar como un “upgrade” de la actual red GSM ya que ambas se van a complementar para ofrecer mas servicios de datos y mejor calidad de voz.

#### 4.1 ALCANCES DEL PROVEEDOR:

Entre los alcances o tareas y responsabilidades especificas del proveedor esta el diseño el cual incluye:

- Dimensionamiento de interfaces y nodos B.
- Instalación y configuración de los nodos B.
- Instalación y configuración de base de datos de los RNCs.
- Presentación de informes previos de simulación de cobertura.
- La propuesta de soluciones de radio y la posterior plan de pruebas cuando la red este al aire.

Debido a los alcances anteriores, el actual proyecto, se dividió las responsabilidades de diseño y ejecución entre el operador y el proveedor ya que había cosas que no estaban dentro del alcance del proveedor como el acceso a la red de transporte del operador, estas responsabilidades se listan en la tabla 4.2.

Entre los costos a contemplar están los siguientes ítems:

- Costo de los equipos en base al dimensionamiento por parte del equipo de planeación de radio.
- Costo de las herramientas de trabajo.
- Costo del personal para la realización del trabajo de planeación.

- Algunas facilidades del RNC y nodos B para mejorar el desempeño (software, funcionalidades especiales, etc).

Tabla 4.2: Tareas del operador y proveedor.

	<b>OPERADOR</b>	<b>PROVEEDOR</b>
Escoger emplazamientos	X	X
instalación de sistema radiante	X	
Facilidades para la red de Transporte	X	
Datos iniciales de Trafico para el dimensionamiento	X	
Planeación de radio		X
Datos para creación de nodos en el core		X
Configuración de capacidad para los nodos		X
Solución de sistema radiante		X
Dimensionamiento de RNCs e interfaces		X
ajuste inicial para interacción con GSM		X
Pruebas iniciales de Drive test		X

## 4.2 EQUIPOS PARA RED

Como se menciona en la sección 3.2, se escogió en manera conjunta con el operador un total de 279 sitios GSM para instalar los nodos B en la fase inicial de la red 3G de Lima. Según los inputs de tráfico requeridos por el área de marketing del operador, así como los datos de tráfico de datos en GSM, se pudo obtener la cantidad de RNCs, que fue dos y la capacidad requerida para la interconexión hacia los nodos y hacia el core.

En la tabla 4.3 mostramos las cantidades referenciales de costos de instalación y visita a los sitios, los precios mostrados son desde el punto de vista del proveedor, en cuanto a la información de los costos de los equipos, se trata de información de confidencial entre operador y proveedor.

## 4.3 PERSONAL, EQUIPO DE TRABAJO Y TIEMPOS

Para la planeación de la red se requirió de un periodo de dos meses, es decir se tuvo un total de  $8 \times 44 = 352$  horas de trabajo, en este periodo de tiempo se realizó el proceso de levantamiento de información de los sitios, así como las simulaciones para la configuración inicial de radio (azimuths, tilts y altura de antenas).

Los costos de personal de trabajo a tener en cuenta para estos trabajos son los que se muestran en la tabla 4.4.

Tabla 4.3: Costos de planeación y de herramientas

ITEM	CARACTERISTICAS	Precio Unitario	Cantidad	Total
<b>PLANNING</b>	1.- Visita del sitios para propuesta de solución de sistema radiante. 2.- Presentación de Informe por sitio	\$1000.00	279	\$279,000.00
<b>Nodos B</b>	1.- Nodo B (2 módulos) con capacidad de 370 CE 2.- Dos módulos de radio (DUAL + SINGLE) con juego de cables de FO y de radio. 3.- Instalación de 3 antenas proporcionadas por el operador 4.- Solución de sistema radiante y adecuación en torre. 5.- Transporte y puesta en sitio de los equipos. 6.- Costos de Importación y desaduanaje. 7.- Configuración, integración y puesta en servicio. 8.- Pruebas de funcionalidad.	\$22,000.00	279	\$6,138,000.00
<b>RNC</b>	1.- Instalación, comisionamiento y puesta en servicio 2.- Importación y desaduanaje. 3.- Configuración de Base de datos y creación de celdas 4.- Pruebas de funcionalidad	\$300,000.00	2	\$600,000.00
<b>EQUIPO DT</b>	EQUIPO 2G+3G: 4 teléfonos con funcionalidad 2G+3G y modo Ingeniería para monitoreo en campo. Licencia de SW Juego de Cables para conexión USB. Tarjeta HSPA para prueba de datos	\$100,000.00	2	\$200,000.00
<b>LICENCIA DE SW DE SIMULACION</b>	Acceso remoto a una licencia de SW Netact Planner por 6 meses	\$140,000.00	1	\$140,000.00
				\$7,357,500.00

Tabla 4.4: Costos Ingenieros especialistas.

	CANTIDAD	HORAS	COSTO POR HORA	COSTO
<b>Ingenieros de Campo</b>	2	352	\$30.00	\$21,120.00
<b>Ingenieros de DT</b>	2	352	\$25.00	\$17,600.00
<b>Ingeniero Planeación Senior</b>	1	352	\$30.00	\$10,560.00
<b>Ingeniero Planeación Junior</b>	2	352	\$25.00	\$17,600.00
				\$66,880.00

## CONCLUSIONES

1. Para el caso de Lima se definió los valores apropiados de señal WCDMA dependiendo del entorno en el que se encuentren los usuarios, esto se obtuvo en base a las pruebas que se realizaron en campo, estos umbrales se pueden aplicar para diseño de futuras redes WCDMA.
2. Para el caso de reelección y handover entre sistemas GSM y UMTS se establecieron valores según el escenario de despliegue de sitios UMTS dentro de la red GSM, esto para el correcto funcionamiento de la red, estos valores se ajustaron en base a pruebas de campo y se dejaron configurados en la base de datos de la red, como conclusión de esto se tiene que es necesario ajustar estos valores según el escenario de cobertura que se tenga.
3. Del capítulo 1 se desprende la importancia de los entes de estandarización para el desarrollo de las telecomunicaciones a nivel mundial.
4. El uso de redes ATM ha traído gran flexibilidad a los operadores para poder reutilizar su infraestructura existente, dando tiempo a estos el tiempo necesario de poder migrar a sistemas puramente IP ya que las comunicaciones en general están convergiendo a todo IP, clara muestra de esto es la capacidad de los nodos B para soportar un sistema híbrido de transporte que soporte IP, MPLS.
5. Como recomendación se concluye de que es importante contar con ambos sistemas, ya que en el futuro cercano todo convergerá a soluciones puramente IP.
6. Existe alta demanda de servicios de datos en Lima, además de que se podrá mejorar la calidad de audio debido al uso de WCDMA.
7. La competencia trae la implementación de nuevas redes, esto para beneficio de los usuarios, clara muestra es la actual red de MoviStar la cual es implementada como respuesta a la nueva red UMTS de CLARO, queda nuevamente demostrado que la competencia trae beneficios a los usuarios de los diferentes servicios así como generación de puestos de trabajo.

8. El despliegue de una red UMTS o cualquier tipo de red suele ser más sencilla y barata cuando se implementa sobre una red existente ya que se evita un estudio de punto cero que consiste en la búsqueda de sitios para ubicar las estaciones base.
9. El plan de códigos WCDMA es más sencillo y eficiente que el plan de frecuencias de una red tipo TDM como GSM, ya que un reuso alto ocasiona degradación de calidad.
10. La instalación de los actuales nodos UMTS es más eficiente debido a su modularidad sin importar de que proveedor de equipos se trate, además la solución feederless es mejor debido a la facilidad de instalación y la menor cantidad de pérdidas de potencia.
11. Es mejor usar un sistema radiante ya que si se comparten antenas, por ahorrar costos en instalación, en el futuro puede traer problemas en el proceso de optimización, además de las redes UMTS no suelen ser uno a uno con las GSM.
12. Actualmente todos los operadores GSM cuentan con core con capacidad para soportar servicios 3G, como en el caso de Lima.
13. Con el actual tráfico mostramos un estimado de las ganancias pueden generar una red celular que solo brinde servicios de voz, se encontró de que es un negocio rentable que puede generar grandes ganancias.
14. Como conclusión final podemos mencionar el continuo desarrollo de las tecnologías inalámbricas orientadas a alcanzar altos bit rates para realizar conexiones de banda ancha y como estas traen beneficios a los usuarios finales dando la posibilidad de poder conectarse en cualquier punto. Esto es un gran avance para un país como Perú ya que existen muchas zonas rurales en la que la tecnología alámbrica no llega por la misma geografía, la solución de una red 3G es una buena alternativa para esto.

**ANEXO A**  
**GLOSARIO DE TERMINOS**

## **GLOSARIO DE TERMINOS**

- 3GPP:** 3rd Generation Mobile Group
- AAL2:** ATM Adaptation Layer type 2
- AAL5:** ATM Adaptation Layer type 5
- AICH:** Acquisition indication channel
- ALCAP:** Access link control application part
- AS:** Active Set.
- BCCH:** Canal de Control de Broadcast.
- BCH:** Broadcast channel (transport channel)
- 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).
- CCCH:** Common control channel (logical channel)
- CCH:** Common transport channel
- CCH:** Control channel
- CDMA:** Acceso Múltiple por División de Código.
- C-NBAP:** Common NBAP
- CPICH:** Common pilot channel
- CPS:** Celdas por segundo.
- CQI:** Channel quality indicator
- D-NBAP:** Dedicated NBAP
- DTCH:** Dedicated traffic channel
- $E_c/N_0$ :** Energía del chip sobre ruido.
- FDD:** Frequency division duplex
- FDMA:** Frequency division multiple access
- GERAN:** GSM/EDGE Radio Access Network
- GGSN:** Gateway GPRS support node
- GMSC:** Gateway MSC
- GPRS:** General packet radio system
- GSM:** Global system for mobile communications

**GTP-U:** User plane part of GPRS tunnelling protocol

**HLR:** Home location register

**HSDPA:** High speed downlink packet access

**HSUPA:** High speed uplink packet access

**IMA GROUP:** Inverse Multiplexing for ATM GROUP

**IMSI:** International mobile subscriber identity

**IMT-2000:** International Mobile Telecommunication 2000

**IP:** Internet protocol

**ITU:** International Telecommunication Union.

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

**MTP3b:** Message transfer part (broadband)

**NBAP:** Node B application part

**NRT:** Non-real time

**OSS:** Operations support system

**PC:** Power control

**PCCCH:** Physical common control channel

**PCCH:** Paging channel (logical channel)

**PCCPCH:** Primary common control physical channel

**PCH:** Paging channel (transport channel)

**PCPCH:** Physical common packet channel

**PICH:** Paging indicator channel

**PLMN:** Public Land Mobile Network.

**RAB:** Radio access bearer

**RACH:** Random access channel

**RANAP:** RAN application part

**RB:** Radio bearer

**RNC:** Radio Network Controller.

**RRC:** Radio resource control

**RSCP:** Received Signal code Power.

**RT:** Real Time

**SAAL-NNI:** Signalling ATM adaptation layer for network to network interfaces

**SAAL-UNI:** Signalling ATM adaptation layer for user to network interfaces

**SCH:** Synchronisation channel

**SGSN:** Serving GPRS support node

**VC:** Virtual Channel.

**VLR:** Visitor Location Register.

**VoIP:** Voice over IP

**VP** : Virtual Path

**WCDMA:** Wideband CDMA.

**ANEXO B**  
**LISTA DE FIGURAS**

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1. IMT-2000

Figura 1.2. Organización Estandarización IMT-2000

Figura 1.3. Mapa de organizaciones

Figura 1.4. Estándares de la IMT-2000

Figura 1.5. Grupos de Armonización

Figura 1.6. Inicios de la estandarización de UMTS

Figura 1.7. Grupo de trabajo 3GPP

Figura 1.8. Estructura del grupo de trabajo de la 3GPP

Figura 1.9. Zonas de UMTS

Figura 1.10. Tasa de bits en las distintas tecnologías

Figura 1.11. Arquitectura de la red 3G

Figura 1.12. Interfaces de la red UTRAN

Figura 1.13. Interfaces en el RNC

Figura 1.14. Funciones del RNC

Figura 1.15. Funciones del Nodo B

Figura 1.16: Beneficios de ATM

Figura 1.17: Celda ATM

Figura 1.18a. Celda tipo UNI

Figura 1.18b. Celda tipo NNI

Figura 1.19. Tipos de interfaces ATM en la red UTRAN

Figura 1.20. Capas de Adaptación ATM

Figura 1.21. Interfaces ATM

Figura 1.22. VP/VC entre nodos y RNC

Figura 1.23. Solución híbrida para el transporte Nodo B – RNC/SGSN

Figura 2.1. Tráfico de datos de la red 2.5 G

Figura 2.2. Distribución de tráfico de datos y voz en la red 2.5 G

Figura 2.3. Distribución de LACS 2G en la red de Lima

Figura 2.4. Tráfico de datos y usuarios por LAC

Figura 2.5. Mapa de distritos con más demanda de tráfico de datos

Figura 2.6. Lima Norte

Figura 2.7. Lima Core

Figura 2.8. Lima Core2

Figura 2.9. Lima Este

Figura 2.10. Crecimiento de líneas celulares en Perú

Figura 2.11. Tipo de línea post/pre - pago

Figura 2.12. Previsión de crecimiento de líneas 3G en Perú entre 2006 y 2013

Figura 3.1. Distribución de Centrales

Figura 3.2. SGSN en la Red de Lima

Figura 3.3. Portadora WCDMA en medio de los canales GSM

Figura 3.4. Instalación de Antenas

Figura 3.5. arquitectura del nodo B

Figura 3.6. Acceso WCDMA

Figura 3.7. Distribución de potencia de los canales de control

Figura 3.8. Potencia compartida para los distintos tipos de tráfico.

Figura 3.9. Rango de azimuths en los sectores

Figura 3.10. Muestra de los sectores en un grupo de sitios

Figura 3.11. Red GSM y UMTS

Tabla 3.7. Probabilidad de cobertura por clutter.

Figura 3.12. Ventana de configuración de los coeficientes de Hata

Figura 3.13. Tipos de área en Lima

Figura 3.14. Predicción de cobertura en Lima

Figura 3.15. Tipos de tráfico en las distintas interfaces

Figura 3.16. Interfaz Iub, con concentrador ATM

Figura 3.17. RNCs en Lima

Figura 3.18. Interfaz RNC-3G-MSC

Figura 3.19. Overhead del protocolo en la interfaz Iups

Figura 3.20. Arquitectura del nodo B

Figura 3.21. Instalación de los módulos del nodo B

Figura 3.22. pasos de señalización en HO GSM/UMTS

Figura 3.23. Ejemplo de vecinos entrantes y salientes de UMTS a GSM

Figura 3.24. Condiciones de reelección GSM a UMTS

Figura 3.25. Handover GSM a UMTS

Figura 3.26. Tipos de reelección en 3G y umbrales

Figura 3.27. Algoritmos para realizar handover en UMTS

Figura 3.28. Prueba de handover y reelección inter-sistema en Lima (I)

Figura 3.29. Prueba de handover y reelección inter-sistema en Lima (II)

Figura 3.30. Recorrido de prueba en llamada larga de un móvil GSM/UMTS

**ANEXO C**  
**LISTA DE TABLAS**

## LISTA DE TABLAS

- Tabla 1.1: Tipos de tráfico en UMTS
- Tabla 1.2: Numeración de VCI en IuB
- Tabla 1.3: Numeración de VCI en IuCS
- Tabla 1.4: Numeración de VCI en IuPS
- Tabla 1.5: Numeración de VCI en Iur
- Tabla 1.6: Equivalencias de interfaces STM/E1 en CPS
- Tabla 1.7: Configuración de IMA groups según cantidad de E1s
- Tabla 2.2: Tráfico de datos y cantidad de usuarios por LAC
- Tabla 2.3: Distritos con mayor demanda de tráfico.
- Tabla 2.4: Tipos de tráfico y servicios
- Tabla 2.5: Tarifa de Videollamada de Claro
- Tabla 2.6: Tarifa de banda ancha de Claro
- Tabla 2.7: Tarifa de banda Ancha + voz de Claro
- Tabla 2.8: Distribución usuarios GSM por LAC
- Tabla 2.9: Escenarios de penetración de tráfico
- Tabla 2.10: Escenarios de tráfico para la red 3G de Lima.
- Tabla 2.11: Tráfico requerido por marketing
- Tabla 3.1: Carga de los MCSs
- Tabla 3.2: Distribución de los canales GSM
- Tabla 3.3: Bandas UMTS según la 3GPP
- Tabla 3.4: Soluciones para sistema radiante
- Tabla 3.5: Distribución de Scrambling Codes
- Tabla 3.6: Numeración de sectores y sites
- Tabla 3.7: Probabilidad de cobertura por clutter.
- Tabla 3.8: Radio de celdas por tipo.
- Tabla 3.9: Cantidad de interfaces por RNC
- Tabla 3.10: Muestra de la configuración del concentrador
- Tabla 3.11: Numero de nodos por LAC.
- Tabla 3.12: Capacidad de interfaz IuCS
- Tabla 3.13: Capacidad de interfaz IuPS

Tabla 3.14: Capacidad de Links RANAP en función de tráfico de datos

Tabla 3.15: Interfaces de los RNCs

Tabla 3.16: Capacidad del RNC

Tabla 3.17: Características del Nodo B

Tabla 3.18: Características del RNC

Tabla 3.19: Definición de vecinos GSM a UMTS

Tabla 3.20: Definición de vecinos UMTS a GSM

Tabla 3.21: Parámetros de reelección en GSM.

Tabla 3.22: Parámetros de reelección en EDGE/GPRS.

Tabla 3.23: Umbrales de cobertura para GSM y UMTS.

Tabla 3.24: Handover de GSM a UMTS.

Tabla 3.25: Parámetros de reelección de UMTS a GSM.

Tabla 3.26: Parámetros de handover de UMTS a GSM.

Tabla 4.1: Aproximación de ganancias en función del tráfico

Tabla 4.2: Tareas del operador y proveedor

Tabla 4.3: Costos de planeación y de herramientas

Tabla 4.4: Costos Ingenieros especialistas.

**ANEXO D**  
**GRAFICAS DE PROPAGACION**

Path Loss vs Cell Radius

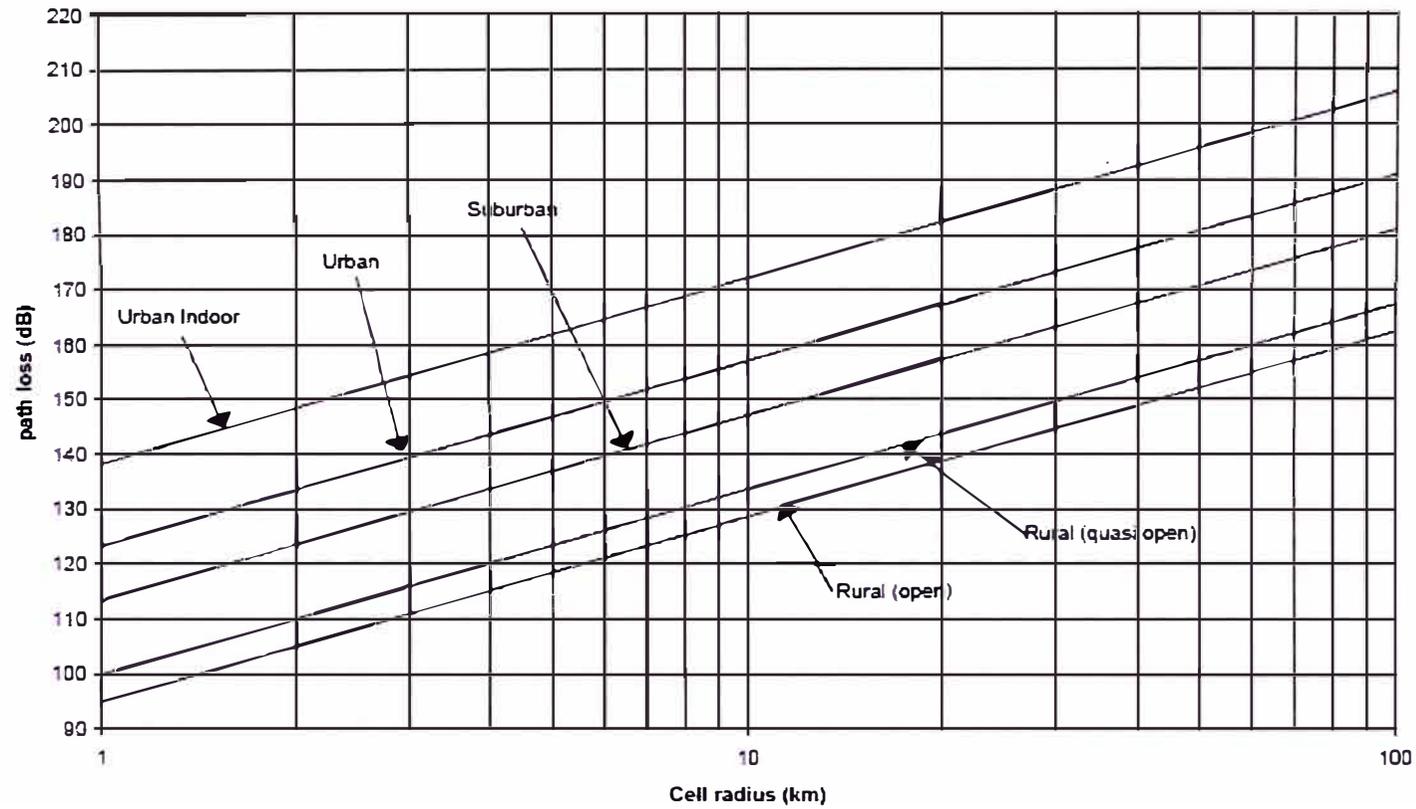


Figure1: Path loss vs Cell Radius, BS height = 50 m, MS height = 1.5 m (GSM 900)

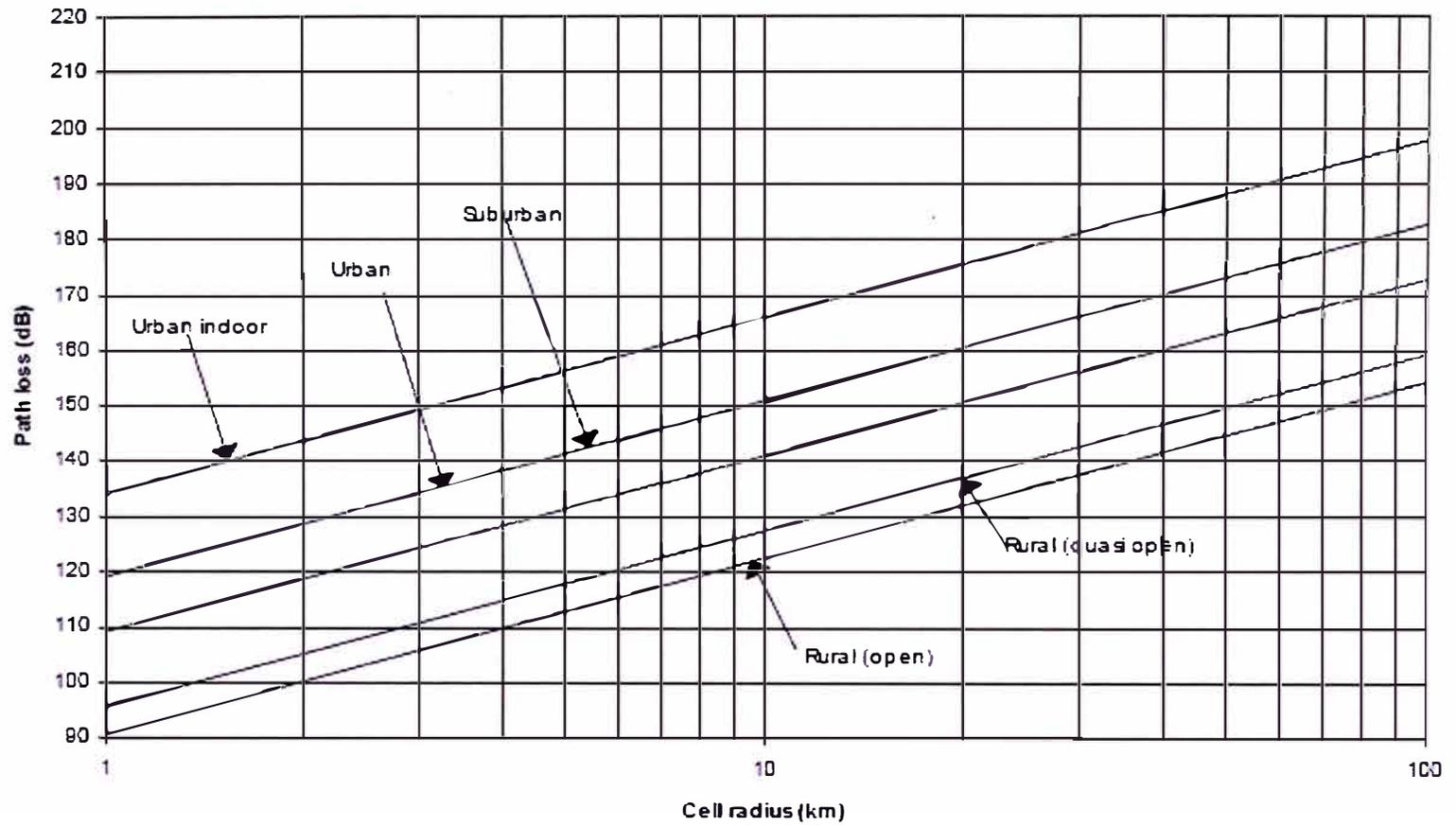


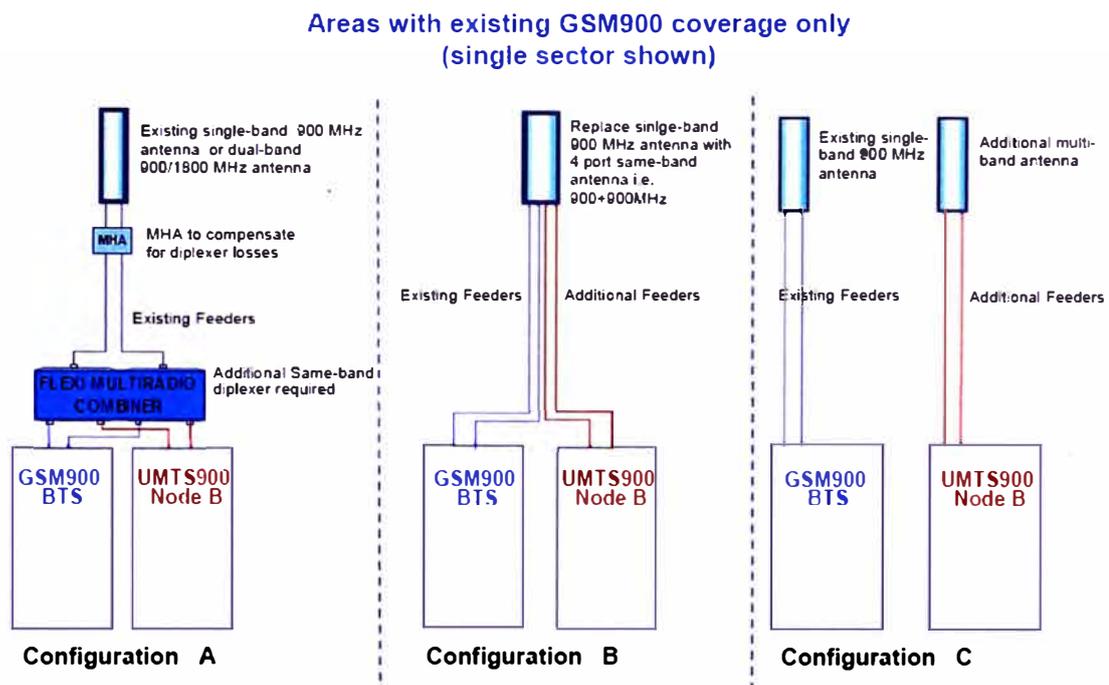
Figure 2: Path loss vs Cell Radius, BS height = 100 m, MS height = 1.5 m (GSM 900)

## **ANEXO E**

### **DESPLIEGUE DE UMTS900 EN ÁREAS CON GSM 900**

## DESPLIEGUE DE UMTS900 EN ÁREAS CON GSM 900

Existen diversas soluciones de radio para sistemas UMT900/GSM900; la configuración A usa un combinador, la B usa solución sin combinador usando tiradas de cable independientes así como una antena de 4 puertos, finalmente en la solución C se usa dos equipos totalmente independientes uno del otro.



**Configuración A:** El beneficio de esta configuración es la reducción de costo debido al uso de una sola antena, lo cual reduce el impacto visual de la estación base. Sin embargo, debido a que se va a usar los mismos puertos de la antena, los feeders debe ser diplexados. La pérdida estimada del combinador suele ser 0.5 dB para GSM o WCDMA,

**Configuración B:** Requiere de un nuevo par de feeders, en el caso de que la antena existente sea de dos puertos, deberá ser reemplazada por una de cuatro. El inconveniente de usar esta configuración es que se comparte el mismo control de tilt eléctrico lo cual resulta problemático a la hora de optimizar coberturas.

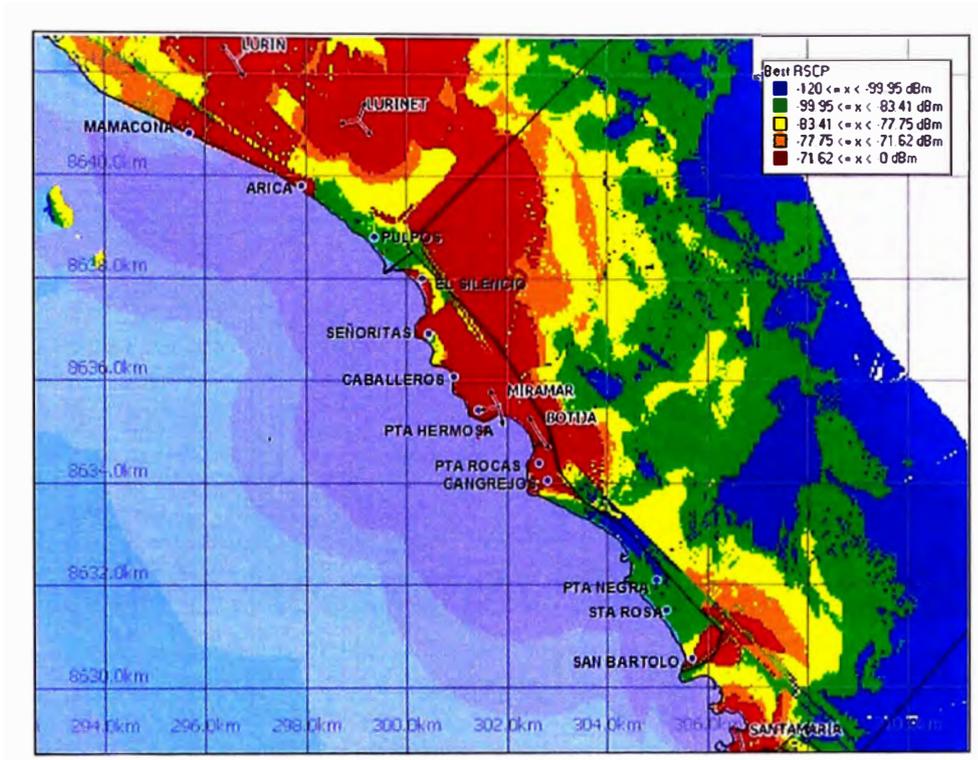
**Configuración C:** Esta solución es la de mayor costo. Como se puede ver en el esquema hay que agregar un juego mas de feeders así como una antena adicional, lo cual incrementa el costo, pero la ventaja es que se puede optimizar por separado ambos sistemas.

**ANEXO F**

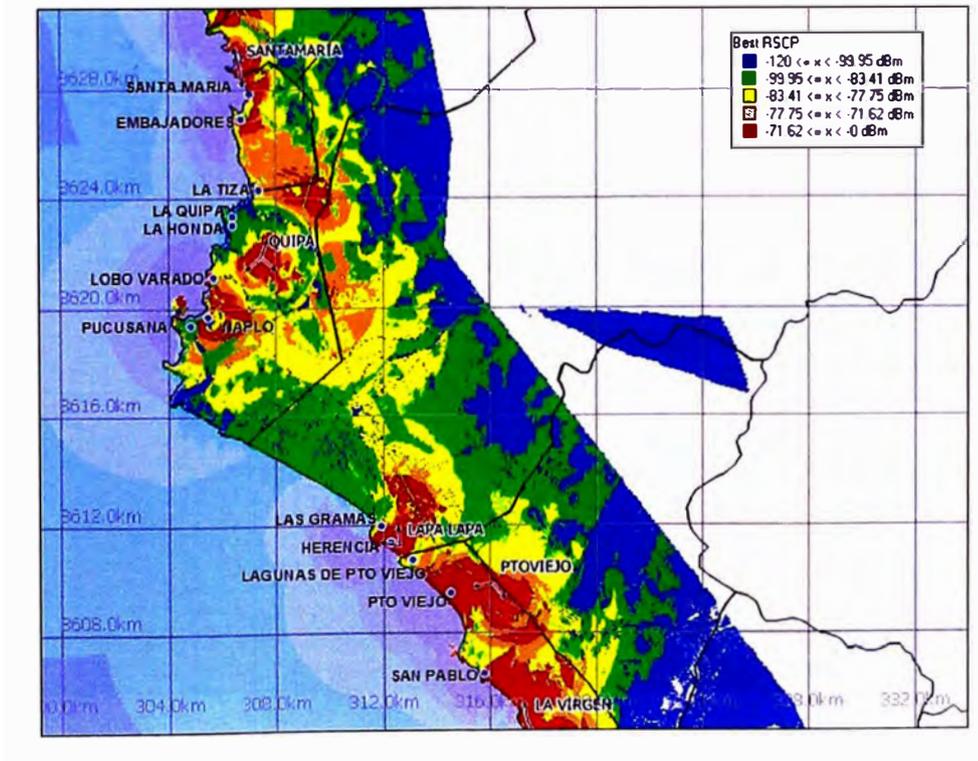
**PLOTS DE COBERTURA EN PLAYAS DE LIMA**

## PLOTS DE COBERTURA EN PLAYAS DE LIMA

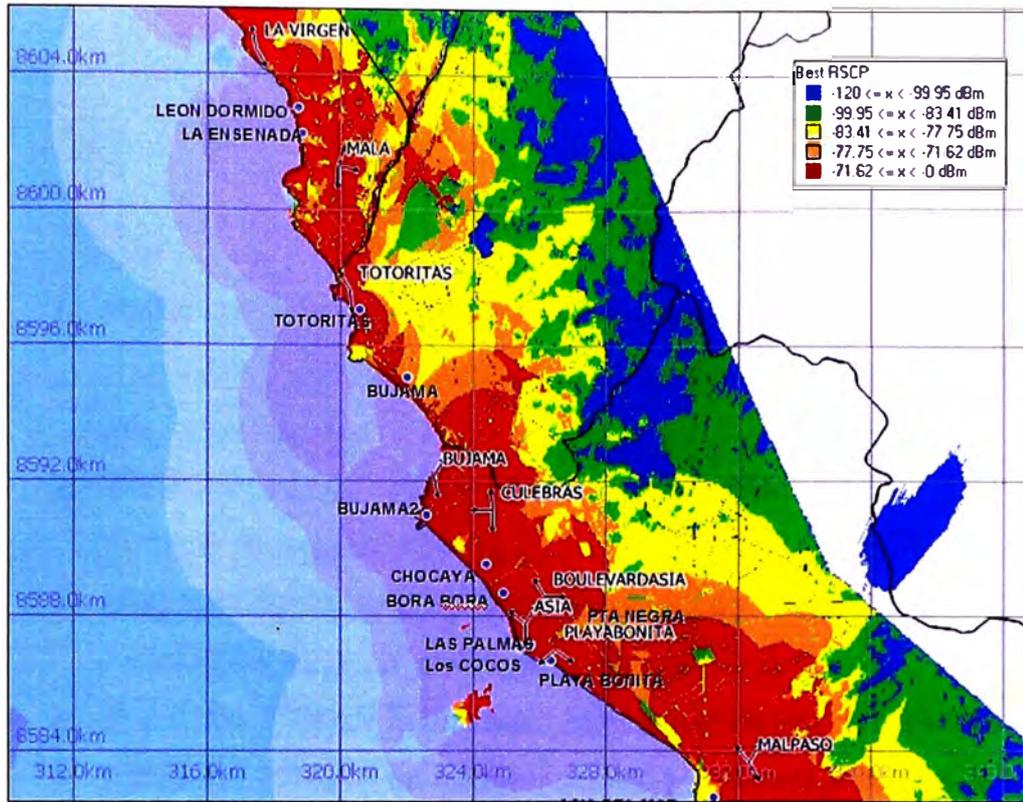
### Playas del Sur:



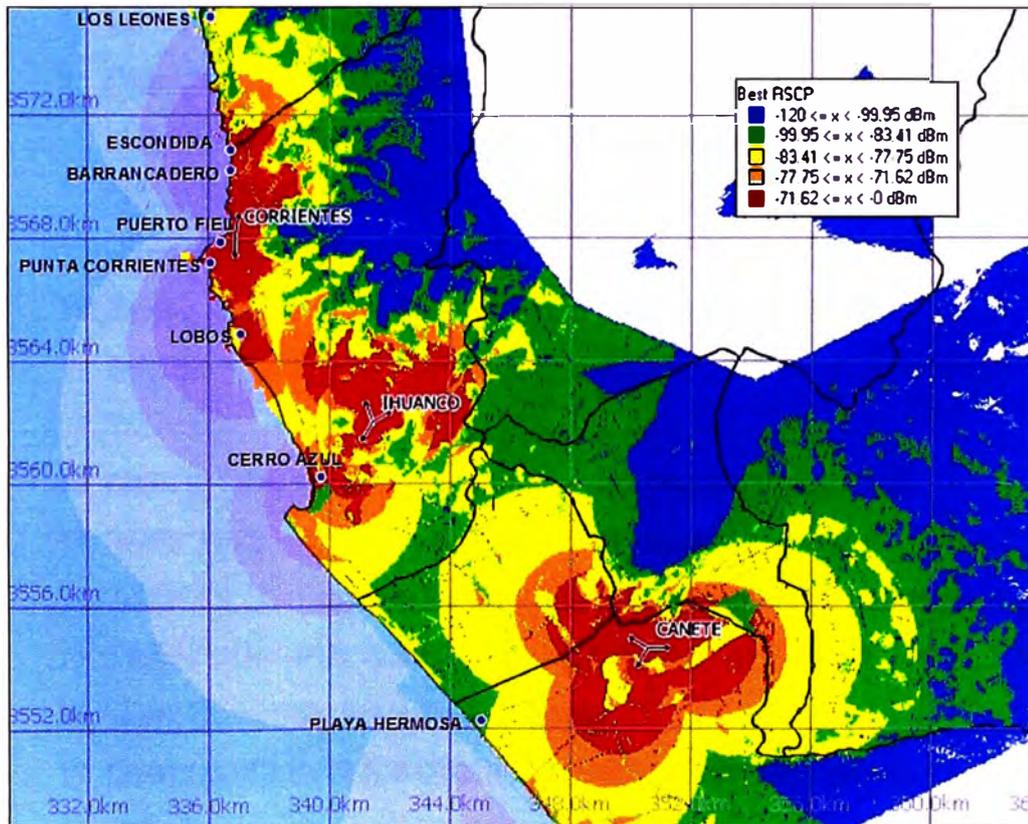
Playas Sur I



Playas Sur II



Playas Sur III



Playas Sur IV

