

Facultad de Ciencias de la Ingeniería Escuela de Ingeniería Civil Electrónica

# "UMTS EN CHILE, ENFOCADO EN LA RED DE ACCESO RADIO TERRESTRE UMTS (UTRAN)"

Trabajo para optar al título de: Ingeniero Electrónico

Profesor Patrocinante: Sr. Néstor Fierro Morineaud. Ingeniero Electrónico, Licenciado en Ciencias de la Ingeniería Diplomado en Ciencias de la Ingeniería

GUSTAVO JAVIER IGNACIO MUNDACA SOTO VALDIVIA – CHILE 2009

# **COMISIÓN DE TITULACIÓN**

PROFESOR PATROCINANTE	
Sr. Néstor Fierro Morineaud.	
	Firma
PROFESORES INFORMANTES	
Sr. Pedro Rey Clericus.	
	Firma
Sr. Franklin Castro Rojas.	
	Firma
Fecha de Examen de Titulación:	

#### **AGRADECIMIENTOS**

Primero que todo quiero darle las gracias a mis padres, los cuales han trabajado duramente desde mi nacimiento hasta hoy, para que pueda cumplir mi sueño de ser un profesional. Y a la vez, por confiar siempre en mí.

Mamá sé que tú confiaste en mí desde el primer minuto que entre en las aulas del conocimiento de esta universidad, que pusiste todo tu esfuerzo para que pueda salir adelante, por esto te doy las gracias y por el apoyo incondicional.

Papá, a lo mejor en este camino empezamos mal, pero cada día que pasaba me sentía más feliz estar cerca de ti, tú me apoyaste cuando se me atravesó una piedra en el camino, y me dijiste ese no es un obstáculo para que no puedas continuar y no te vas percatar de cuando hayas finalizado. Por lo mismo te doy gracias.

Hermanitas o búfalos como les digo de cariño, sé que me perdí una gran parte de su vida por estar lejos de ustedes realizando lo que quería para mi futuro, pero hemos vuelto a reunirnos y a sentir su apoyo incondicional.

Pepita y Rute, gracias por apoyarme en todos estos años, por darme su cariño y comprensión, gracias por todo.

Meme gracias por aparecer en mi vida, gracias por amarme como lo haces, gracias por apoyarme y ayudarme cuando ni siquiera te lo he solicitado, gracias por ser la persona que eres.

Amigos, como bien dijo una vez mi mamá, los verdaderos amigos se forman en la "U", gracias por estar a mi lado cuando he estado en problema, por ayudarme cuando teníamos pruebas y no entendía la materia, gracias por ser ustedes.

Quiero dar gracias a mi comisión de profesores, por su tiempo y conocimiento entregado para poder concluir este proyecto; en especial a Don Néstor por su apoyo desde el momento que le solicité el tema, hasta culminar la tesis; a su vez gracias por los conocimientos entregados en los años que cumplió su función como profesor.

## **INDICE GENERAL**

AGRADECIMIENTOS	2
RESUMEN	9
SUMMARY	10
INTRODUCCIÓN	11
OBJETIVOS	13
CAPÍTULO I. EVOLUCIÓN DE LA TELEFONÍA MÓVIL DIGITAL	14
1.1. Introducción	14
1.2. De los sistemas análogos a los digitales	15
1.3. Evolución de la segunda generación	16
1.3.1. Primer paso en la evolución (Fase 1)	16
1.3.2. Segundo paso en la evolución (Fase 2)	17
1.3.3. A un paso de la tercera generación (Fase 2+)	18
1.4. 3GPP versión 99	20
1.5. 3GPP versión 4	21
1.6. 3GPP versión 5	22
CAPÍTULO II. ARQUITECTURA DE LA RED UMTS	24
2.1. Introducción	24
2.2. Sistema Universal de Telecomunicaciones Móviles (UMTS)	25
2.3. Arquitectura de la red UMTS	26
2.3.1. Terminales móviles (UE)	27
2.3.2. Núcleo de red (CN)	28
CAPÍTULO III. TECNOLOGÍA DE ACCESO RADIO WCDMA	32
3.1. Introducción	32
3.2. Aspectos básicos de WCDMA	33
3.2.1. Tipos de técnicas	33
3.2.2. Conceptos básicos de WCDMA	34
3.2.3. Componentes FDD y TDD	35
3.2.3.1. Bandas de frecuencias	38
3.3. Tecnología de Acceso radio HSDPA	38
3.3.1. Lo nuevo de HSDPA	39
3.3.1.1. Modulación y Codificación Adaptativa (AMC)	39

3.3.1.2. Operación Multi-Código	40
3.3.1.3. Solicitud de repetición automática híbrida (HARQ)	41
CAPÍTULO IV. RED DE ACCESO RADIO TERRESTRE UMTS (UTRAN)	42
4.1. Introducción	42
4.2. Arquitectura de UTRAN	43
4.2.1. Nodo B	44
4.2.1.1. Estructura del nodo B	44
4.2.1.2. Métodos de modulación	46
4.2.1.2.1. Modulación QPSK	46
4.2.1.2.2. Modulación QPSK dual	48
4.2.1.2.3. Modulación QAM	49
4.2.1.3. Técnica del receptor	50
4.2.1.4. Capacidad de la célula	52
4.2.1.5. Otras funciones del Nodo B	54
4.2.2. Controlador de la red radioeléctrica (RNC)	55
4.2.2.1. Gestión de recursos Radioeléctricos (RRM)	56
4.2.2.1.1. Control de traspasos o Handover	56
4.2.2.1.1.1. Por qué se realiza el traspaso	57
4.2.2.1.1.2. Procesos de traspaso	57
4.2.2.1.1.3. Tipos de traspasos	59
4.2.2.1.2. Control de potencia	61
4.2.2.1.2.1. Control de potencia de lazo Abierto	62
4.2.2.1.2.2. Control de potencia de lazo Cerrado	63
4.2.2.1.2.3. Cell breathing	64
4.2.2.1.3. Control de Admisión y programador de paquetes	65
4.2.2.1.4. Gestión de los códigos	66
4.2.2.2. Funciones de control en la UTRAN	67
4.2.2.2.1. Difusión de la información del sistema	67
4.2.2.2. La gestión del acceso inicial y la conexión de señalización	67
4.2.2.2.3. Gestión del Acceso Radio Portadora (RAB)	68
4.2.2.2.4. Funciones de seguridad en la UTRAN	68
4.2.2.5. Gestión de la movilidad a nivel de UTRAN	68
4.2.2.2.6. Administración de la base de datos del RNC	69

4.2.2.2.7. Posicionamiento del UE	69
CAPÍTULO V. CALIDAD DE SERVICIO Y SEGURIDAD DE UMTS	70
5.1. Introducción	70
5.2. Calidad de Servicio	71
5.2.1. Clases de tráfico y servicios UMTS	73
5.2.2. Atributos de Q&S	74
5.2.3. Q&S en las aplicaciones	75
5.3. Seguridad del sistema UMTS	75
5.3.1. Arquitectura de seguridad	76
5.3.2. Seguridad de acceso	77
5.3.2.1. Autentificación y criptografía	78
5.3.2.1. Cifrado en UTRAN	80
CAPÍTULO VI. EVOLUCIÓN DE LA TELEFONÍA MÓVIL EN CHILE Y PARA DONDE	
VAMOS	81
6.1. Introducción	81
6.2. Historia de la telefonía móvil en Chile	81
6.3. La Telefonía móvil en Chile	83
6.3.1. Primera generación	83
6.3.2. Segunda generación	84
6.3.2.1. GPRS en Chile	86
6.3.2.2. EDGE en Chile	86
6.3.3. Tercera generación en Chile	87
6.4. Qué pasará en Chile	89
6.5. Estado actual del mercado nacional	90
CAPÍTULO VII. MARCO REGULATORIO Y LEGAL DELA TELEFONÍA MÓVIL EN	
CHILE	94
7.1. Introducción	94
7.2. Que nos dice la Ley general de Telecomunicaciones	94
7.3. Marco regulatorio chileno	95
7.3.1. Bandas de frecuencias existentes y en licitación	96
CONCLUSIONES	99
BIBLIOFRAFÍA	102
ANEXO 1	110

Glosario	
ANEXO 2	
Equipos de 3G en Chile	116
ANEXO 3	
Cohertura nacional de 3G	120

# **ÍNDICE DE FIGURA**

Figura 1.1	Arquitectura de GSM en fase 1	16
Figura 1.2	Arquitectura de GSM en fase 2	18
Figura 1.3	Arquitectura de GSM en fase 2+	19
Figura 1.4	Incorporación de UTRAN a arquitectura GSM	20
Figura 1.5	Arquitectura UMTS, versión 4	21
Figura 1.6	Arquitectura 3GPP versión 5	22
Figura 2.1	Arquitectura de red UMTS	24
Figura 2.2	Arquitectura básica UMTS	26
Figura 2.3	Arquitectura completa red UMTS	27
Figura 2.4	Entidades de los terminales móviles	28
Figura 2.5	Dominios de Conmutación de Circuito	29
Figura 2.6	Dominios de Conmutación de Paquetes	30
Figura 2.7	Elementos de soporte de CS y PS	30
Figura 3.1	Secuencia Directa simplificado	33
Figura 3.2	Transformación de la señal según DS-CDMA	34
Figura 3.3	Ancho de banda de una portadora de WCDMA	35
Figura 3.4	Componentes TDD y FDD	36
Figura 3.5	Modulación y codificación adaptable con HSDPA	40
Figura 4.1	Arquitectura simple UMTS con énfasis UTRAN	43
Figura 4.2	Arquitectura general UTRAN	44
Figura 4.3	Estructura básica del nodo B	45
Figura 4.4	Modulación QPSK	47
Figura 4.5	Desplazamiento de fase	47
Figura 4.6	Modulación QPSK dual	48
Figura 4.7	Resultado de la multiplexación de código I/Q	49
Figura 4.8	Proceso básico de la modulación QAM	49
Figura 4.9	Métodos de modulación utilizados y su dirección en UTRAN	50
Figura 4.10	Estructura simple del RNC	56
Figura 4.11	Proceso de traspaso	58
Figura 4.12	Traspaso máxima continuidad y con continuidad	60
Figura 4.13	Efectos cercanía – lejanía	62

Figura 4.14	Efecto Cell Breathing	65
Figura 5.1	Niveles de Q&S en arquitectura UMTS	72
Figura 5.2	Arquitectura de seguridad de UMTS	76
Figura 5.3	Solicitud y respuesta de autenticación de usuario	79
Figura 6.1	Evolución de la telefonía móvil	83
Figura 6.2	Banda de frecuencia 1G	84
Figura 6.3	Banda de frecuencia 2G	85
Figura 6.4	Licitación de espectro del 2006	86
Figura 6.5	Modem para PC	88
Figura 6.6	Equipos de 3.5G	88
Figura 7.1	Bandas 800/1900 MHz	96
Figura 7.2	Banda 1700/2100 MHz	97
ÍNDICE DE TA	BLAS	
Tabla 3.1	Características técnicas de FDD y TDD	37
Tabla 3.2	Bandas de frecuencias para FDD	38
Tabla 3.3	Bandas de frecuencia para TDD	38
Tabla 3.4	Velocidades alcanzables con HSDPA	41
Tabla 5.1	Atributos de Q&S en UMTS	74
Tabla 5.2	Clasificación de aplicaciones en UMTS	75
ÍNIDICE DE G	RÁFICOS	
Gráfico 6.1	Proveedores de servicio	90
Gráfico 6.2	abonados a nivel nacional	91
Gráfico 6.3	Penetración cada 100 habitantes	91
Gráfico 6.4	Abonados contrato – prepago	92
Gráfico 6.5	Penetración cada 100 habitantes contrato – prepago	92
Gráfico 6.6	Número de SMS del 2003 a 2008	93

#### **RESUMEN**

Este trabajo corresponde a una investigación y recolección bibliográfica sobre UMTS en Chile, enfocado especialmente a la Red de Acceso Radio Terrestre UMTS (UTRAN). Se analiza la evolución de la telefonía móvil en Chile hasta la actualidad, considerando que puede ocurrir en un futuro cercano. Se describe la arquitectura de la red UMTS, su funcionamiento, proceso de clasificación de calidad de servicio, y como se protege la red en contra de cualquier intervención.

El Dominio UTRAN está compuesto de dos partes fundamentales, que es Nodo B y el controlador de la red radioeléctrica (RNC). En donde el nodo B cumple la función de recepción y transmisión de señales de radio, filtrado y amplificación de señales, modulación y demodulación de señales y la interacción con la red de acceso radio, por otro lado el RNC multiplexa y demultiplexa los paquetes y circuitos de los usuarios, conjuntamente con la administración de handover entre celdas, y También controla la UTRAN.

Esta tecnología aparece en Chile a fines de 2006 con HSDPA, pero hasta hoy no se ha cubierto en su totalidad el país con esta red. Si bien, se pretende en julio de este año poder empezar con las pruebas de LTE en el país, existe el problema de las bandas de frecuencia, ya que en Chile solo hay licitadas dos bandas y el marco regulatorio restringe a los actuales proveedores de servicio poder licitar más de 60 MHz del espectro de frecuencia (de los cuales Entel PCS tiene 60 MHz y Movistar con Claro Chile 55 MHz), al menos para la licitación del 20 de julio en la banda de 1700/2100.

#### SUMMARY

This thesis corresponds to a research and bibliographic recollection about Universal Mobile Telecommunications Systems (UMTS) in Chile. It is mainly focused in the UMTS Terrestrial Radio Access Network (UTRAN).

Currently in Chile, the evolution of mobile telephony is being analyzed. The designs of the UMTS network, its functioning, its service quality classification process and how it protects the network against any intervention is described here.

The UTRAN domain is divided into two fundamental parts: one of them is Node B and the other one is the Radio Network Controller (RNC). The Function of the Node B is to receipt and to transmit radio signals, to filtrate and amplify radio signals, to modulate and demodulate signals and to interact with the radio access network. On the other hand, the Radio Network Controller (RNC) multiplex and demultiplex the users' packages and circuits, along with the handover administration between cells. It also controls the UTRAN.

This technology appears in Chile by the end of 2006 with High-speed Downlink Packet Access (HSDPA), but even today this network has not been covered completely along the country.

It's for consideration that during this year in July companies might start with the Long Term Evolution (LTE) tests in the country. There's the problem of frequency bands though, because in Chile there are only 2 tendered bands and the regulatory framework restricts the currents suppliers to be able to licit more than 60 MHz of the frequency spectrum (from which Entel PCS has 60 MHz, and Movistar and Claro Chile have 55 MHz), at least for the tender of July 20 on the 1700/2100 network.

## INTRODUCCIÓN

Desde la implementación de la telefonía móvil a los días de hoy, han ocurrido grandes cambios, producto a los requisitos de nuevos servicios e integración de una gran cantidad de usuarios a la red. Debido a esto apareció la telefonía digital, con GSM, la cual evoluciona a GPRS y luego a EDGE. Posteriormente, vendría uno de los logros más importantes en la comunicación móvil, como es la creación de la organización reguladora 3GPP, la cual norma los sistemas de telefonía móvil en Europa y Asia. Esta organización llevo a cabo un proyecto denominado Universal Mobile Telecomunication System (UMTS), el cual representó una evolución en la telefonía móvil digital, alcanzando velocidades nunca esperadas por ningún otro sistema similar existente hasta ese momento.

UMTS es denominado tecnología de tercera generación y es la evolución lógica de EDGE, este sistema está compuesto básicamente por tres dominios, de los cuales dos ya existían en la segunda generación, pero con algunas modificaciones.

La arquitectura de la red UMTS está compuesta por Equipos de Usuarios o terminales móviles (UE), Núcleo de red (CN) y la Red de Acceso Radio más conocida como UTRAN. Los dos primeros existían, y el último fue creado para poder sostener el sistema.

Esta tecnología funciona gracias a un sofisticado método de acceso radio, que es Acceso Múltiple por División de Código en banda ancha (WCDMA), en la cual en los usuarios se distinguen entre sí por unas secuencias de códigos únicas para cada uno de ellos, es decir, que todos los usuarios pueden transmitir al mismo tiempo utilizando la misma frecuencia de portadora.

En este contexto, UTRAN tiene la gran característica de crear y mantener servicios portadores de acceso radio, para las comunicaciones entre el equipo del usuario (UE) y la red central (CN). A su vez, este dominio está entre dos interfaces abiertas como es el caso de Uu y lu, de las cuales controla solo una que es Uu. En su arquitectura está formada por dos componentes, que es el Nodo B o estación Base y el Controlador de la red Radioeléctrica (RNC). El nodo B cumple la función de recepción y transmisión de señales de radio, filtrado y amplificación de señales, modulación y demodulación de señales y la interacción con la red de acceso radio. El RNC es un conmutador ATM que puede multiplexar y demultiplexar usuarios de paquetes y circuitos conjuntamente, a su vez, es el mecanismo de control de UTRAN,

también es el encargado de administrar el handover entre celdas, dirigir el tráfico si este es de paquete o de circuitos, manejar los recursos de radio y asignar los canales.

Dentro de la tecnología UMTS se han tenido en cuenta dos conceptos que son fundamentales para el funcionamiento eficiente del sistema, que son calidad de servicio y seguridad, ya que si no se tuviese consideración con ambos, los servicios entregados serian paupérrimos y con dificultad para ser adquiridos por el usuario. Por esto la Q&S es utilizada para toda la red y diferencia por clases o prioridades a las alternativas de servicio que entrega el sistema.

En el caso de seguridad, es algo similar, ya que toda la red tiene que ser segura para el usuario o el proveedor del servicio. En este caso la seguridad existe en las diferentes capas del modelo OSI, en donde se utilizan distintos tipos de criptografía y autentificación.

Actualmente en Chile los tres proveedores de servicio están implementando a lo largo del país, redes de tercera generación con HSDPA, lo cual inicio Entel PCS el año 2006, siendo la primera red de 3G en Latinoamérica. Esta tecnología aún no llega a la cúspide en el país, ya que existen varios problemas con las bandas de frecuencia, por esto la entidad reguladora, Subtel entregó la banda de los 1700/2100 para ser licitadas en julio del presente año y con esto se espera la creación de un nuevo operador, que solo entregue servicios de 3G.

#### **OBJETIVOS**

#### Generales

- Analizar el estándar UMTS, con especial énfasis en UTRAN.
- Estudiar y evaluar la tecnología UMTS, y su comportamiento en el mercado de las telecomunicaciones en Chile.

## Específicos

- o Producir un material técnico de consulta en telefonía móvil 3G.
- Analizar las características generales del estándar UMTS, poniendo énfasis en la división UTRAN.
- o Estudiar las características técnicas de la Red de Acceso Radio Terrestre UMTS.
- o Estudiar el comportamiento de las señales de radio en la UTRAN.
- Analizar los tipos de tráficos que circulan en la UTRAN.
- o Analizar el funcionamiento UMTS y UTRAN en Chile.
- o Analizar la posible evolución de la telefonía móvil en Chile.
- o Analizar el marco legal existente en Chile.
- Motivar la investigación y entregar antecedentes bibliográfica en el área de telecomunicaciones.

## CAPÍTULO I: EVOLUCIÓN DE LA TELEFONÍA MÓVIL DIGITAL.

Resumen: este capítulo está enfocado en los primeros pasos de la telefonía móvil digital en el mundo, es por esto que en el apartado 1.2 se menciona como evoluciona desde lo análogo a digital y algunas características de GSM, las fases de la evolución de GSM para llegar a la primera versión de UMTS están descritas en 1.3, y los aparatados 1.4, 1.5, 1.6 describen la evolución más transcendental que ha tenido UMTS desde el momento de su aparición hasta el día de hoy.

Summary: This chapter is focused on the first steps of Digital Mobile Telephony around the world; this is why in paragraph 1.2 it's mentioned the evolution from the analogue to the digital systems and some characteristics of Global System for Mobile Communication (GSM). The steps to the evolution to get to the first version of UMTS are described in paragraph 1.3. Paragraphs 1.4, 1.5 and 1.6, describe the more transcendental evolution that UMTS has had from the moment of its first appearance until the current days.

#### 1.1. Introducción.

Han ocurrido grandes cambios en la telefonía móvil desde el momento de su implementación al día de hoy, la raíz de estos cambios surgió por la gran cantidad de usuarios que se integraron a la red, y cada día incrementaban las necesidades de ellos. Es por esto que apareció la telefonía digital, como es el caso de GSM, a la cual, al pasar de los años se introdujeron algunas modificaciones en donde aparece GPRS, EDGE y mas adelante con la aparición de la organización reguladora 3GPP se implementaría UMTS al sistema que existía en esa actualidad. Esta organización aun sigue regulando a UMTS y realizando mejoras en el sistema, es por esto que aparece HSDPA, siendo este último, el sistema más moderno en funcionamiento de telefonía móvil en el mundo.

## 1.2. De los sistemas análogos a los digitales.

Todos los sistemas de primera generación, eran sistemas análogos y únicamente proporcionaban servicio de llamadas de voz. Debido a la gran gama de sistemas que existían era impensable la interoperabilidad más allá de las fronteras de cada país. Es por esto, que los proveedores de servicio buscaron alguna forma de que el sistema existente sea más global, y de menor costo, es así como se empieza a investigar la segunda generación.

A partir de la aparición del primer sistema comercial de segunda generación se puso en marcha un grupo de trabajo llamado Grupo Especial Móvil (GSM). Este grupo de trabajo fue el encargado de crear unas especificaciones para un nuevo sistema de comunicación móvil para toda Europa, usando la Banda de los 900MHz.

El GSM nació como una norma Europea para unificar los sistemas análogos de primera generación que llevaban más de diez años en funcionamiento, y unirlos en un único sistema móvil digital. De esta manera se eliminarían las incompatibilidades de los sistemas entre los diferentes países de Europa, y así, usarían un sistema único y digital.

En 1988, se firma un acuerdo entre dieciocho países, en el cual, los firmantes se comprometían a cumplir las especificaciones del grupo de trabajo GSM, a adoptar ése como único estándar de telefonía móvil y a implementar un servicio comercial GSM [1].

En 1989, la responsabilidad por el desarrollo de GSM fue transferida al Instituto Europeo de Normas de Telecomunicaciones (ETSI), que denominó al proyecto como Sistema Global para Comunicación Móvil, lo que actualmente se conoce como GSM.

GSM fue el primer sistema celular en el mundo en especificar modulación, arquitectura digital y servicios al nivel de red. El núcleo de red es conocido como GSM-MAP, y su red radio usa técnicas Acceso Múltiple por División de Frecuencia/Acceso Múltiple por División del Tiempo (FDMA/TDMA) para dar servicios a los usuarios.

Este sistema celular se introdujo inicialmente en Europa en 1991 en la banda de 900MHz, por su gran capacidad y mejoras del sistema que lo antecedía, fue rápidamente expandido a otros países del mundo. La gran cantidad de usuarios que este sistema acumulo hizo de que se saturara rápidamente la banda de los 900MHz, por esto se implementó una nueva banda que fue la 1800MHz. "En algunos países, como Chile, que quisieron implementar

servicios PCS, GSM se adaptó a la banda de 1900MHz y paso a llamarse GSM 1900" [2]. Hoy en día, este sistema celular alcanza aproximadamente a 3.500 millones de usuarios a nivel mundial [3].

## 1.3. Evolución de la segunda generación.

El avance de GSM ha estado marcada por tres fases de evolución, la fase 1, en la que se produjeron sus especificaciones; la fase 2, en la que se propuso la inclusión de servicios de datos y de fax; y finalmente, la Fase 2+, en la que se realizan mejoras sobre la codificación de voz y se implementan servicios de transmisión de datos avanzados, entre ellos está el Servicio General de Radio por Paquete (GPRS) y Datos Mejorados para la Evolución de GSM (EDGE) [4].

#### 1.3.1. Primer paso en la evolución (Fase 1).

El primer paso de la evolución de los sistemas análogos a los digitales esta dado por esta fase. El cual busca como objetivo, ser un interfaz abierto para que los operadores que mantienen la red, puedan obtener los componentes de la red de diferentes proveedores de GSM. Este sistema se puede dividir en cuatro subsistemas:

- Subsistema de red (NSS)
- Subsistema de estación base (BSS)
- Subsistema de gestión de red (NMS)
- Estación móvil (MS)

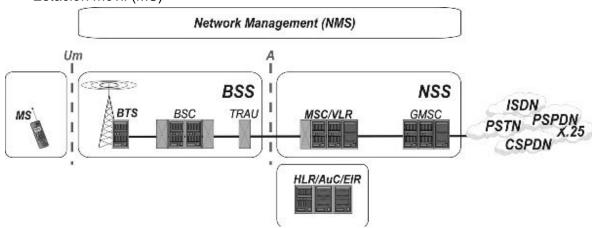


Figura 1.1 Arquitectura de GSM en fase1.

Lo necesario de esta red para establecer una llamada es el NSS, BSS y MS. El BSS es la parte de la red responsable del control del trayecto radioeléctrico. Cada llamada se conecta a través del BSS. El NSS es la parte de la red encargada de las funciones de control de las llamadas. Todas las llamadas se conectan siempre con y a través del NSS. El NMS es la parte relacionada con la operación y el mantenimiento de la red y es necesaria también para el control total de la red. El operador de la red observa y mantiene la calidad y los servicios a través del NMS. La MS es la combinación entre un terminal o equipo móvil, y del modelo de identificación de servicios de un abonado o suscriptor. En este concepto, las interfaces abiertas se ubican entre MS y BSS (interfaz Um) y entre BSS y NSS (la interfaz A). Básicamente, la interfaz Um es muy similar a la interfaz terminal de la Red Digital de Servicios Integrados (RDSI o ISDN en inglés).

"En relación a los servicios, la diferencia más destacable entre 1G y 2G es la posibilidad de transferencia de datos; una red GSM básica ofrece una conexión de datos simétrica 9,6 kb/s entre la red y el terminal" [5].

## 1.3.2. Segundo paso en la evolución (fase 2)

El avance más evidente de esta fase fue el de añadir nodos de servicios y centros de servicios a la infraestructura de redes ya existente. El nombre común que reciben estos centros y nodos es plataformas de Servicios de Valor Añadido (VAS). Una plataforma VAS mínima contiene dos dispositivos:

- Centro de Servicios de Mensajes Cortos (SMSC).
- Sistema de Mensajería de Voz (VMS).

Al agregar este nuevo servicio le dio una gran popularidad a GSM, ya que se podrían transmitir mensajes cortos (SMS) entre usuarios. Claro que el VAS presentaba un problema, ya que tenía una gran cantidad de servicios para una gran cantidad de personas, pero debido a los requisitos de los usuarios, se hizo necesario un tipo de servicio que sea individual. Para hacer esto posible se tuvo que introducir a la red GSM un nuevo concepto de Red Inteligente (RI o en inglés IN). Este nuevo concepto introdujo mayor complejidad en el sistema, pero dio un gran avance a la individualidad de los servicios y a su vez mayor seguridad.

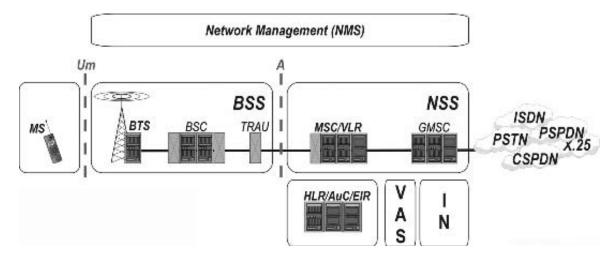


Figura 1.2 Arquitectura GSM en fase 2.

## 1.3.3. A un paso de la tercera generación (fase 2+).

Desde la primera vez que se implementó el sistema GSM, se trabajó con conmutación de circuitos para la transferencia de datos, pero al paso del tiempo esto produjo algunos inconvenientes, por lo cual se realizaron modificaciones, como es la optimización de la codificación de los canales y, en vez de utilizar un canal de tráfico poder utilizar varios canales y así, optimizar la transmisión de datos por la interfaz aérea. Este cambio se conoce como Datos por Conmutación de Circuitos de Alta Velocidad (HSCSD). Sin embargo, este sistema desaprovechaba recursos, ya que la mayor parte del tráfico de datos era asimétrico, lo cual producía inconvenientes para los abonados y los proveedores de servicio. Al ser este nuevo sistema asimétrico y el interfaz Um simétrico de conmutación de circuito, no era la mejor forma de poder acceder a la conexión de datos. Por esta razón, se realizaron nuevos cambios en la red GSM, para tener una apropiada transferencia de datos. Para conseguir estos cambios se introdujo en Servicio General de Radio por Paquete (GPRS). Esta tecnología necesita de dos nodos adicionales de servicios específicos de la red móvil:

- Nodo de Servicio Soporte de GPRS (SGSN).
- Nodo de Soporte de GPRS Fronterizo (GGSN).

Utilizando estos nodos, la estación móvil podría establecer una conexión a través de la red GSM hasta una red de datos por paquetes externa (Internet).

En la figura 1.3 se puede apreciar la nueva estructura que adquirió GSM en esta nueva fase, con la aparición de GPRS.

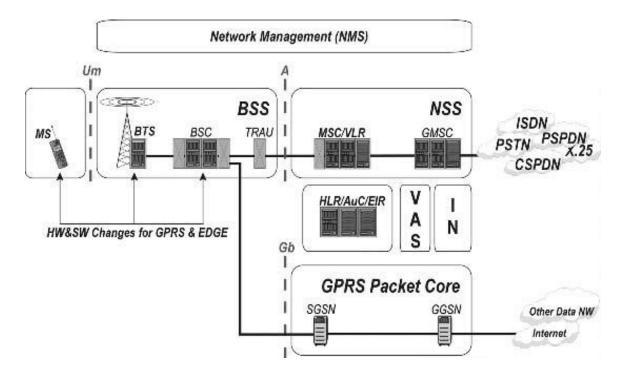


Figura 1.3 Arquitectura GSM en fase 2+.

La tecnología GPRS posee la potencia necesaria para utilizar conexiones asimétricas cuando se requiera, y de esta forma se optimizó el uso de los recursos de la red. A su vez, una de las grandes ventajas de este sistema es que permite la transmisión de paquetes de datos a tasas que fluctuaban entre los 9.6 y los 144 Kbps en forma teórica, pero en realidad no superan los 60 Kbps. Esta red opera como extensiones inalámbricas de Internet, y dan a los usuarios acceso a Internet así como acceso a sus organizaciones desde cualquier lugar. Sin embargo, esta tecnología se consideró desde su inicio como un puente hacia la tercera generación [4], [6], [7].

Si a GPRS se aplica una técnica de Modulación por Desplazamiento de Fase Octogonal (8-PSK), que le permite a la señal de radio transmitir tres bits de información en cada símbolo de radio, la velocidad que transferencia de datos puede alcanzar los 384 Kbps. Esta nueva mejora técnica se conoce como Datos Mejorados para la Evolución de GSM (EDGE). Cuando se implementó EDGE en BSS, esta sección adoptó el nombre de Red de Acceso Radio GSM/EDGE (GERAN) [5], [6].

#### 1.4. 3GPP Versión 99

La 3GPP Versión 99, si bien es la evolución lógica de GSM a la tecnología de tercera generación, esta introdujo un nuevo método de acceso radio, conocido como Acceso Múltiple por División de Código por Ancho de Banda (WCDMA), este método, al igual que sus variantes, es universal, por lo que todas las redes de 3G deberían poder aceptar el acceso de cualquier usuario de la red de 3G. Este método es más eficiente que el Acceso Múltiple por División de Tiempo (TDMA), al menos en determinadas ocasiones, y que es más apropiado para la transferencia de paquetes. El sistema WCDMA y los equipos de acceso radio no son compatibles con GSM, por lo cual se deben agregar nuevos elementos para que sean integrados a la red, los cuales son:

- Controlador de Red Radioeléctrica (RNC)
- Estación Base (BS) o nodo B

La parte de la red que contiene estos elementos y mantiene la tecnología de radio WCDMA se denomina Red de Acceso Radio Terrestre UMTS (UTRAN).

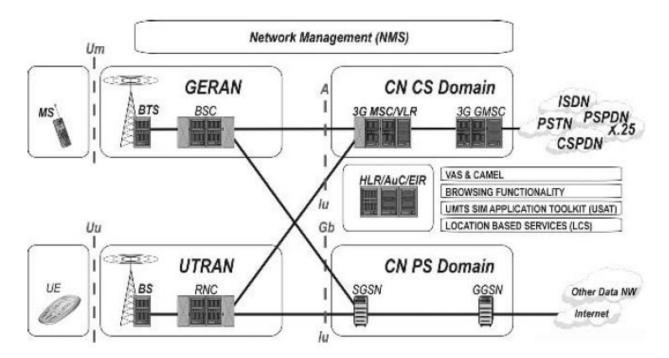


Figura 1.4 Incorporación de UTRAN a Arquitectura GSM.

Uno de los requisitos clave de UMTS es la interoperabilidad entre GSM y UMTS, un ejemplo de este es el traspaso (handover) entre sistemas, donde el acceso radio cambia de GERAN a UTRAN, y viceversa, durante la transacción [4], [5].

## 1.5. 3GPP Versión 4

El objetivo del 3GPP Versión 4, es disociar el transporte y el control en el circuito conmutado (CS) de dominio. Ofrecer una mejor eficiencia de los recursos de transporte, y una convergencia con la conmutación de paquetes (PS) de dominio de los transportes. Además, esto permite utilizar un único conjunto de protocolos como ATM, IP, STM, o incluso nuevos.

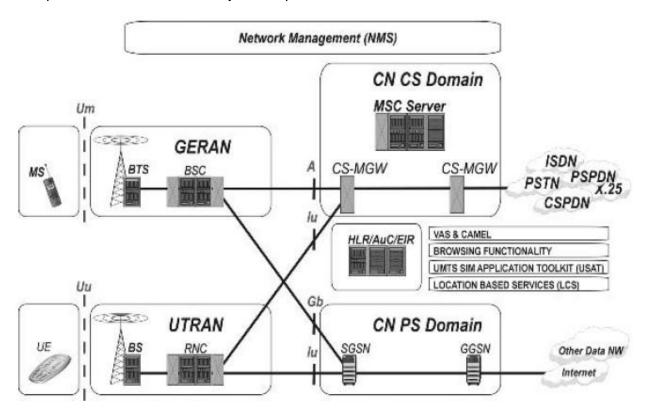


Figura 1.5 Arquitectura UMTS, versión 4

El principio básico de esta versión es que el MSC se divide en un servidor y una Pasarela Multimedia de Conmutación de Circuito (CS-MGW), y se encarga de todos los aspectos físicos del establecimiento, como es el caso del control de transmisión de recursos y funciones, a su vez proporciona un servidor de control de llamada y funciones de gestión de la movilidad [4], [8].

#### 1.6. 3GPP Versión 5

El 3GPP versión 5, implementa varios objetivos que quedaron fuera de la versión anterior, como es el caso de:

- Transporte IP por todo el sistema, desde el nodo B hasta la pasarela de los límites de la red, y con esto simplificar la estructura de la red de transporte.
- Introducir un Subsistema Multimedia IP (IMS) para comenzar un uso generalizado de diversos servicios multimedia, siendo este un complemento a los subsistemas ya existentes.
- Unificar la interfaz abierta entre los diferentes accesos y las redes centrales.
- Adquirir mayor capacidad en la interfaz aérea de la UTRAN en dirección descendente.

En referencia al último punto, UTRAN siempre ha contado con la interfaz lu, pero GERAN, no. Es por esto que 3GPP v5 introdujo cambios en GERAN para que funcione de manera similar a UTRAN. Al realizarse estos cambios GERAN opera en modo lu, y a su vez, se integra una nueva interfaz aérea que está entre UTRAN y GERAN llamada lur-g. Esta interfaz no transfiere un plano de usuario, sino que se ha incorporado únicamente para fines de señalización [5], [9].

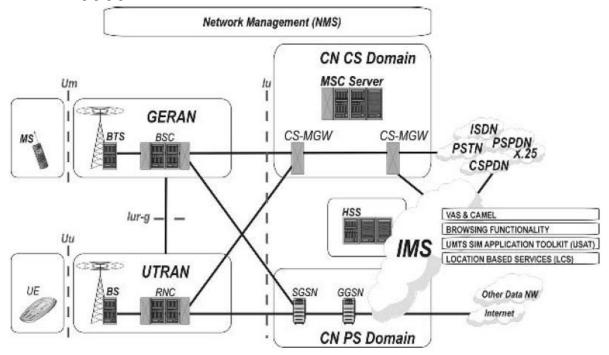


Figura 1.6 Arquitectura 3GPP versión 5

En esta fase la mayoría de los servicios utilizados son asimétricos por naturaleza, es decir, el enlace descendente transporta una carga mayor que en dirección ascendente. Para tratar mejor esta situación en UTRAN, se han realizado algunas modificaciones en relación al proyecto radioeléctrico. Estos cambios reciben el nombre de Acceso en Paquetes con Enlace Descendente de Alta Velocidad (HSDPA) e incluyen en el trayecto radioeléctrico, en el nodo B y la disposición del canal de transporte en UTRAN. En el capítulo III se estudiará HSDPA con mayor detención.

## CAPÍTULO II: ARQUITECTURA DE LA RED UMTS

Resumen: este capítulo está enfocado en la arquitectura de la red del Sistema Universal de Telecomunicaciones Móviles, es por lo cual que en el inciso 2.2 se realiza una breve descripción del sistema y por que fue necesaria la implementación de este, en 2.3 se hace mención a la arquitectura del sistema y se detallan dos de los tres dominios fundamentales, como es el caso de los terminales móviles (UE) y el núcleo de red (CN).

Summary: this chapter is focused in the design of the Universal Mobil Telecommunication System network that is why in paragraph 2.2 a brief description of the system and why the implementation of it was necessary is described. In 2.3 there is a mention to the design of the system and two out of three fundamental domains are detailed. This is the case of the mobile terminals (UE) and the Caro Network (CN).

#### 2.1. Introducción

Si bien la arquitectura de la red UMTS está compuesta básicamente por tres dominios, como se muestra en la figura 2.1, este capítulo solo estará enfocado en dos, ya que el otro dominio será expuesto en profundidad en el cuarto capítulos.

La arquitectura de la red UMTS está dividida en Equipos de Usuarios o terminales móviles (UE), Núcleo de red (CN) y por último la Red de Acceso Radio más conocida como UTRAN.

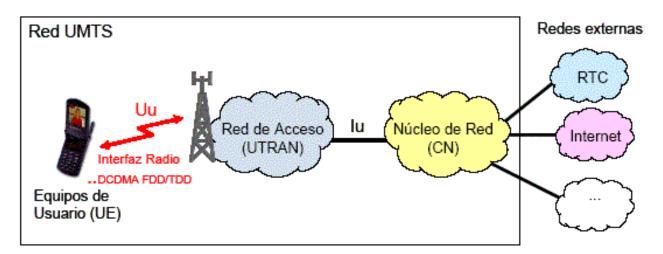


Figura 2.1 Arquitectura de red UMTS.

## 2.2. Sistema Universal de Telecomunicaciones Móviles (UMTS).

Por lo que se pudo apreciar en el capítulo anterior, es que UMTS es la evolución lógica de GSM en las redes móviles. Esta evolución aparece en un momento en que GSM ya estaba llegando a un punto de saturación de sus capacidades, debido principalmente al gran crecimiento de usuarios experimentado últimamente [10].

Por otra parte, la aparición de nuevos servicios en redes fijas y el espectacular desarrollo e implantación de Internet, tanto en el ámbito de la difusión de información como con fines comerciales, potencian la demanda de nuevos servicios de transmisión de datos y multimedia también en el entorno móvil. Para satisfacer dichas demandas aparece el sistema de 3G, cuyo punto de partida es el empleo de un interfaz radio de mayor capacidad que el sistema ya existente [11].

La tercera generación o UMTS es aquella que, por tanto, marca otro cambio tanto cuántico y cualitativo en comparación con las dos generaciones anteriores. Aparecen otros conceptos asociados a la capacidad de servicios, la que se amplía enormemente. Se produce la integración entre las redes fijas y móviles sobre una plataforma común, fundamentalmente en Protocolos de Internet (IP), para proveer servicios de acceso a Internet e Intranet, mejorando el Roaming entre redes, y también se logra la integración de todas las redes que soporten esta generación [5].

UMTS tiene la característica que trabaja con el método de acceso radio, Acceso Múltiple por División de Código por Ancho de Banda (WCDMA), con el cual se aumenta la tasa de transferencia de datos y ofrece tasa de transferencias mucho más altas, que varía según la posición del móvil. La velocidad es de 144 Kbps sobre vehículos con gran movimiento, de 384 Kbps en espacios abiertos y hasta 2Mbps a bajo movimiento y utilizando todo el ancho de banda permitido por UMTS (en el caso de WCDMA). Esta tecnología termine utilizar un espectro ensanchado de la información, en un ancho de banda de unos 5 MHz y soporta dos modos de operación, la Duplexación por División de Frecuencia (FDD) y Duplexación por División del Tiempo (TDD) [1], [11], [12].

## 2.3. Arquitectura de la red UMTS.

Desde el momento que la 3GPP comenzó a estandarizar un nuevo sistema de telefonía móvil, se empezó hablar de dominios, donde cada dominio representaba un conjunto lógico de entidades o partes de la red. De estas tres partes ya dos existían, pero tenían que realizarse modificaciones, ya sea por que el usuario no solo realizaría llamadas por voz, ni tampoco enviaría mensajes cortos, sino que se conectaría a internet por su terminal móvil [13].

Los tres dominios fundamentales de la arquitectura red UMTS son:

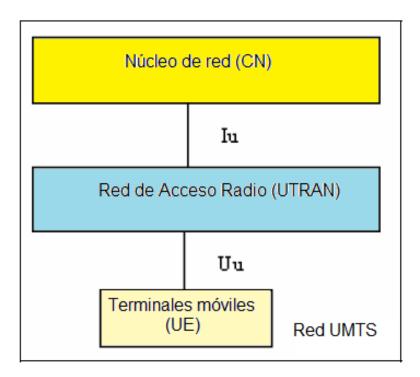


Figura 2.2 Arquitectura básica UMTS.

Los Terminales móviles acceden a la red a través del interfaz radio (Uu), basado en WCDMA o HSDPA. La red de acceso radio (UTRAN) se encarga de transportar el tráfico de usuario (voz, datos, señalización móvil red) hasta el Núcleo de Red (CN), con el que se comunica a través del interfaz lu. Dentro del CN se encuentran los recursos de conmutación y transmisión, necesarios para completar el trayecto de la comunicación hacia el abonado remoto, que puede pertenecer a la red UMTS o a una red externa [1], [14].

Este capítulo solo se enfocará en el CN y en UE, ya que UTRAN se especificará en los capítulos IV.

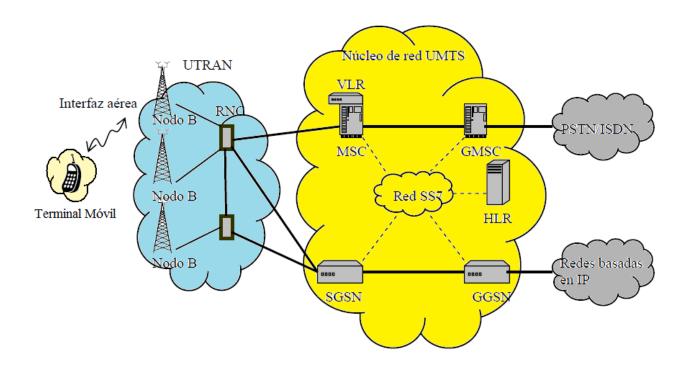


Figura 2.3 Arquitectura completa red UMTS.

## 2.3.1. Terminales móviles (UE).

Al evolucionar la red de GSM a UMTS, no solo evolucionó el sistema, sino que también todos sus componentes. En este punto los terminales móviles tampoco se quedaron atrás, ya que al incorporarse nuevos servicios tenían la necesidad de modificar los terminales móviles, ya sea con una pantalla más grande y con mejor calidad, cámara integrada, y que pueda reproducir MP-3 o videos en MPEG-4, entre otros, a su vez, los terminales móviles son polivalentes entre los sistemas actuales (GSM/GPRS/UMTS) [15].

TERMINAL MOVIL

USIM

ME

TE

Los terminales móviles están compuestos de varias entidades, las cuales son [13]:

Figura 2.4 Entidades de los terminales móviles.

- USIM: es el Módulo de Identidad del Subscriptor de UMTS, o más conocido como chip, representa inequívocamente a un abonado. Contiene información y procedimientos que permiten su identificación y autentificación, además de información del usuario, como es la agenda telefónica, u otros.
- ME: es el Equipo Móvil, el cual contiene las aplicaciones y se encarga de realizar la comunicación de radio. El usuario puede utilizar su USIM en distintos MEs, así como los distintos servicios a los cuales esté subscrito. Los equipos móviles están compuestos de dos subdivisiones:
  - o MT: es el Terminal Móvil, el cual está encargado de la comunicación de radio.
  - TE: es el Terminal de Equipo, el cual está encargado de todas las aplicaciones del equipo.

## 2.3.2. Núcleo de red (CN)

El núcleo de red o red central, se encuentra basado en la topología de la red GSM/GPRS, el cual provee funciones de conmutación, enrutamiento, transporte de tráfico de la red y bases de datos. Está compuesto por el dominio de Conmutación de Circuito (CS), el

dominio de Conmutación de paquetes (PS) y elementos que soportan ambos tipos de conmutación. La especificación del proyecto 3GPP Versión 5 introduce un nuevo subsistema llamado Subsistema Multimedia IP (IMS), que abre todo un mundo basado en el Protocolo de Internet (IP), para su uso móvil integra perfectamente las telecomunicaciones móviles con internet, y proporciona sofisticados mecanismos de servicios para las comunicaciones [5], [10], [16].

En la figura 2.5 se muestra el dominio de conmutación de circuito, el cual está compuesto del Centro de Conmutación de Móvil (MCS), Centro de Conmutación de Móvil Fronterizo (GMSC) y el Registro de Ubicación de Visitas (VLR). De los cuales se realizará una breve descripción [10], [16].

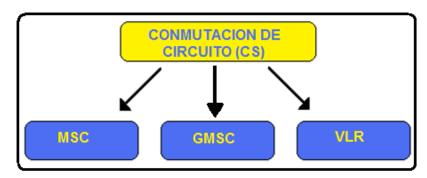


Figura 2.5 Dominios de Conmutación de Circuito (CS).

- MSC: el Centro de Conmutación de Móvil, está encargado de cursar todo el tráfico por conmutación de circuito desde y hacia los terminales móviles. A su vez, se encarga de la gestión de movilidad ya sea llamado y localización del usuario; también es responsable de algunas funciones de seguridad, y de generar registros de llamadas para propósitos de facturación.
- GMSC: el Centro de Conmutación Móvil Fronterizo, procesa las conexiones entrantes y salientes con las redes externas. Ante una llamada entrante, el GMSC consulta al HLR sobre la ubicación del móvil, y luego dirige la llamada al MSC correspondiente.
- VLR: el Registro de Ubicación de Visitas, es una base de datos, en cual guarda información acerca de todos los usuarios que se encuentran actualmente dentro de la zona de la MSC que sirve. Es consultado por el HLR para el correcto direccionamiento de las llamadas. Si se integra un nuevo miembro, se modifica el registro en VLR y se actualiza el HLR.

En la figura 2.6 se observa el dominio del conmutador de paquetes (PS), el cual está compuesto por el Nodo de Servicio de Soporte de GPRS (SGSN) y el Nodo de Soporte de GPRS Fronterizo (GGSN). Los cuales se describen brevemente a continuación [10], [16].

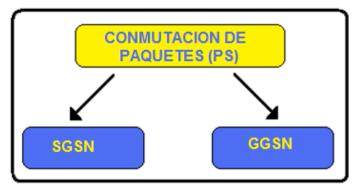


Figura 2.6 Dominios de Conmutación de Paquete (PS).

- SGSN: el Nodo de Servicio de Soporte de GPRS, es responsable de la entrega de paquetes de datos desde y hacia el UE. Encargado del enrutamiento de paquetes y la transferencia hacia el RNC, la gestión de movilidad, y funciones de autentificación y de carga. A su vez, consta de un registro de ubicación, el cual almacena información sobre la ubicación y los perfiles del usuario.
- GGSN: el Nodo de Soporte de GPRS Fronterizo interconecta redes de datos externas con el SGSN mediante una interfaz IP. Asigna direcciones IP de forma dinámica a los terminales móviles durante la transferencia de datos. También, almacena información del usuario para encapsular el tráfico de datos hacia el móvil.

La figura 2.7, muestra las entidades comunes de los dominios de conmutación de circuito y el conmutador de paquete, el cual está compuesto de HLR, AuC y EIR. De los cuales se realizará una breve descripción a continuación [10], [16].

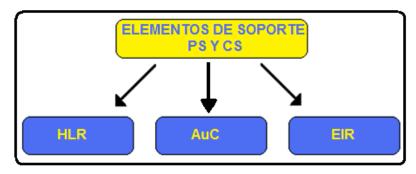


Figura 2.7 Elementos de soporte de CS y PS.

- HLR: el Registro Local de Ubicación, consiste de una gran base de datos con información acerca de los usuarios y sus servicios. En donde define a los usuarios como pre-pago o post-pago, si tiene activado roaming, u otros tipos de servicios. A su vez la ubicación actual del usuario dentro de la red.
- AuC: el Centro de Autentificación, es el encargado de almacenar las claves de seguridad para la autentificación de los usuarios, la cual es requerida por el HLR para realizar los procesos de legitimación.
- **EIR:** es el Registro de Identificación de Equipo, éste clasifica a cada equipo móvil en diferentes listas, dependiendo de cada usuario, las listas son blanca, gris y negra.
  - Lista blanca: esta lista contiene todos los números de serie que pueden ser usados en la red.
  - Lista gris: contiene a los equipos que serán observados por el sistema, sin ser bloqueados, para su evaluación u otros propósitos.
  - Lista negra: esta lista contiene a los equipos que no pueden ser utilizados en la red.

## CAPÍTULO III: TECNOLOGÍAS DE ACCESO RADIO WCDMA

Resumen: este capítulo está enfocado en el Acceso Múltiple por División de Códigos por Banda Ancha. Se abordan los aspectos básicos de WCDMA en el apéndice 3.2, en el 3.2.1 los distintos tipos de técnicas de ensanchamiento utilizados por CDMA, en el apartado 3.2.3 encontramos los dos modos existentes en esta tecnología como es el caso de FDD y TDD, observando sus características y una tabla comparativa de ambos modos. En el inciso 3.3, se puede encontrar el sistema evolucionado de WCDMA que es HSDPA, en los enunciados que conlleva ésta evolución, están relacionados con las características de éste y la incorporación de nuevas mejoras al sistema.

Summary: This chapter deals with the multiple accesses by the division of codes through wide net. Some basic aspects of Wideband Code Division Multiple Access (WCDMA) are considered in paragraph 3.2. On paragraph 3.2.1 the different types of widening techniques used by CDMA, on paragraph 3.2.3 we find the existent modes in this technology as in the case of the Feature Driven Development (FDD) and the Test Driven Design (TDD), we observe its characteristics and a comparative graphic of both modes. On paragraph 3.3, the evolved Wideband Code Division Multiple Access (WCDMA) from the High Speed Downlink Packet Access (HSDPA) system can be found, on the announcements this evolution takes place, a relation between the characteristics and the incorporation of new improvements to the system.

#### 3.1. Introducción.

Este capítulo nos introducirá a las tecnologías de Acceso Radio, ya actualmente la agrupación 3GPP reconoce tres tecnologías de acceso, como es el caso del Acceso Múltiple por División de Código en banda ancha (WCDMA), el acceso radio tipo Sistema Global para las Comunicaciones Móviles/Datos Mejorados para la Evolución de GSM (GSM/EDGE) y un acceso complementario que es la Red de Área Local Inalámbrica (WLAN), la cual está siendo evaluada. De estos tres tipos de acceso, solo éste capítulo estará enfocado en el acceso utilizado por la red UMTS o su domino UTRAN, que es WCDMA y sus mejoras, como es el caso de HSDPA.

#### 3.2. Aspectos básicos del WCDMA

El Acceso múltiple por División de Códigos por Banda Ancha es una tecnología de acceso radio, en la cual los usuarios se distinguen entre sí por unas secuencias de códigos únicas para cada uno de ellos, lo que significa que todos los usuarios pueden transmitir al mismo tiempo, utilizando la misma frecuencia de portadora [17].

Esta tecnología utiliza un sistema muy particular, que es conocida como espectro ensanchado, y es aquella en que el ancho de banda de las señales transmitida es mucho mayor que el mínimo necesario para la transmisión de la información. A su vez, maximiza el uso del ancho de banda del canal, permitiendo a múltiples señales utilizar el mismo canal sin colisiones, y es altamente resistente a la interferencia y al bloqueo [18] [19].

#### 3.2.1. Tipos de técnicas

Existen varios tipos de técnicas de espectro ensanchado, las que dan lugar a varias variantes de CDMA. Existe la técnica de salto de frecuencia, salto de tiempo, multiportadora y por último, la más utilizada por UMTS que es la por secuencia directa (DS), y consiste en que la secuencia original se multiplica por la secuencia del chips o secuencia de seudo ruido (PN), teniendo esta última una frecuencia superior a la de los datos y produce que la información se expanda sobre un ancho de banda mayor [18] [20] [21] [22].

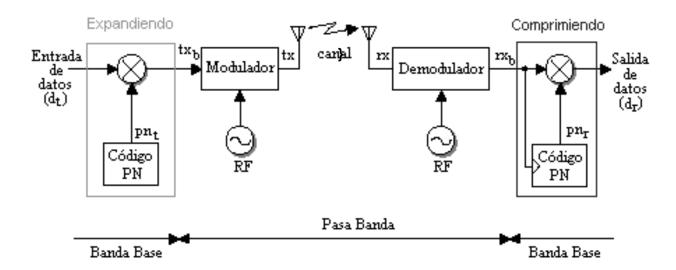


Figura 3.1 Secuencia Directa simplificado

En la figura 3.1 se aprecia la estructura simplificada del sistema de Espectro Ensanchado de Secuencia Directa (DSSS).

#### 3.2.2. Conceptos básicos de WCDMA

El ensanchamiento se consigue multiplicando la señal digital en banda base por una secuencia de códigos conocida por los dos extremos de la comunicación. La cual, tiene una velocidad mucho mayor que la de banda base original. El producto modulado a una portadora, con lo que se consigue una señal modulada cuyo ancho de banda es mucho mayor que el ancho de banda original. En recepción se multiplica la señal desmodulada por la misma secuencia de códigos conocida por ambos extremos, lo que permite la recuperación de la señal de banda base original, pero si el receptor no conoce la secuencia de códigos, la señal banda base se ensancha, así volviendo aumentar su ancho de banda.

En la figura 3.2, se puede apreciar las transformaciones que ocurren en la señal de banda base, dependiendo de lo que ocurra [17].

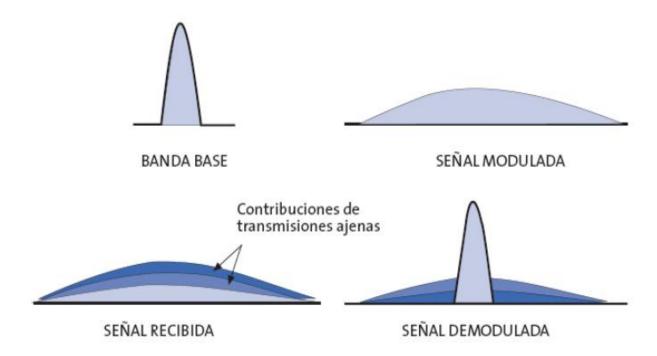


Figura 3.2 Transformación de la señal según DS-CDMA

Para el acceso múltiple se separan cada uno de los canales con códigos ortogonales entre sí, de forma que conocidos esos códigos es posible recuperar la señal original. Para adaptar la señal original se utilizan dos tipos de códigos:

- Los códigos de canalización.
- Los códigos de Scrambling.

Los códigos de canalización facilitan la gestión de los recursos radio y su administración entre las diferentes células y usuarios. Mientras que los códigos de Scrambling sirven para producir el ensanchamiento adicional de la señal hasta el nivel requerido.

Uno de los beneficios de tener un ancho de banda mayor que CDMA, es que puede utilizar varios canales de la interfaz de radio (Uu). En la figura 3.3, se puede observar que el ancho de banda efectivo de la interfaz aérea de WCDMA es 3.84 MHz y asciende a 5MHz con la banda de protección [5] [13].

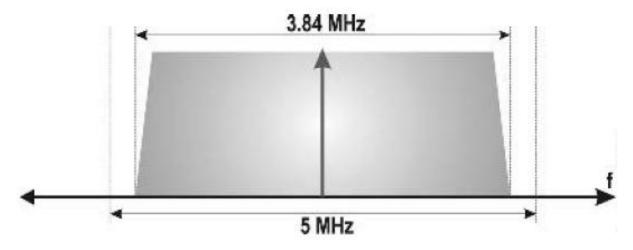


Figura 3.3 Ancho de banda de una portadora de WCDMA

## 3.2.3. Componentes FDD y TDD

La interfaz de radio UMTS se estructura sobre la base de dos componentes, como es el caso de Duplexación por división de Frecuencia (FDD) y de Duplexación por División del Tiempo (TDD). Estos componentes se pueden apreciar en la figura 3.4 que se muestra a continuación.

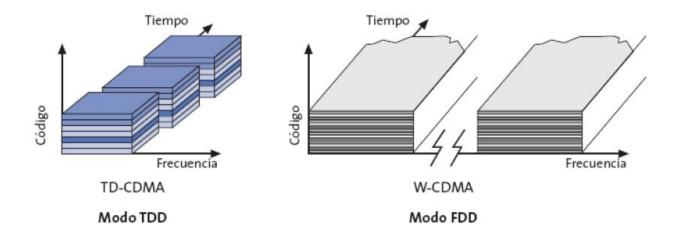


Figura 3.4 Componentes TDD y FDD

La TDD, es un método dúplex en el cual las transmisiones del enlace descendente y del enlace ascendente usan la misma frecuencia radio, pero cada una durante un intervalo de tiempo (una sola portadora). En cambio, la componente FDD, es un método dúplex en el cual las transmisiones del enlace descendente y del enlace ascendente usan dos frecuencias radio separadas (dos portadoras distintas) [12] [23].

El modo TDD se considera más adecuado para proporcionar servicios de datos en entornos microcelulares o de interiores, y no tanto para entornos macrocelulares, por las razones que, debido a la necesidad de disponer de sincronización entre los Nodos B, y a los problemas originados por las interferencias no controlables.

En efecto, el hecho de que coincida el enlace ascendente en un Nodo B con el descendente de otra vecina puede producir interferencias, no solo de Nodo B a móvil y viceversa, sino también, entre Nodos B y entre móviles asignados a distintos Nodos B. Es por esto, que el modo más usado por UMTS es FDD, para no tener problemas de interferencias.

Una forma de controlar este tipo de interferencias, es necesario que todas los Nodos B que constituyen la red deben estar sincronizadas, y que transmitan con la misma división de intervalos y la misma asignación a cada uno de ellos a los enlaces ascendente y descendente. Esto, obviamente, reduce la flexibilidad del sistema para asignar recursos en los distintos sentidos de la comunicación [17].

En la tabla 3.1 se pueden apreciar las características técnicas de los modos de funcionamiento del sistema UMTS. A su vez, se realiza una comparación de ambos modos.

Parámetro	FDD	TDD		
Mínimo ancho de banda necesario	2 x 5MHz	5MHz (1,6MHz para 1,28 Mchip/s)		
Reutilizacion de frecuencia	1	1		
Codificación de voz	Codecs AMR (4,75KHz-12,2KHz, GSM EFR=12,2KHz) y SID (1,8KHz)	Codecs AMR (y GSM EFR)		
Codificación de canal	Códigos convolucionales. Turbocódigos para datos de alta velocidad. Se necesita duplexor (separación de 190MHz) Soporta conexiones asimétricas	Códigos convolucionales. Turbocódigos para datos de alta velocidad. La trama TDMA consiste en 15 intervalos de tiempo (T) Cada TS puede transmitir o recibir No necesitaduplexor Soporta conexiones asimétricas		
Receptor	Rake	Detección conjunta (Rake en el móvil)		
Modulación	QPSK	QPSK		
Tasa de chip	3,84Mchip/s	3,84Mchip/s o 1,28Mchips/s		
Ganancia de procesado (varia dependiendo de la tasa binaria de información)	Enlace ascendente Potencia de 2, desde 4 hasta 256 Enlace descendente Potencia de 2, desde 4 hasta 512	Enlace ascendente y descendente: Potencia de 2, desde 1 hasta 16		
Longitud de trama	10ms (38.400 chips)	10ms		
Número de slots/trama	15	15		
Tipos de Handover	Soft, softer (hard, si hay más de una frecuencia portadora FDD)	Hard		
Control de potencia	Periodo: 1.500Hz Tamaño de paso: 0,5; 1; 1,5 y 2 dB (variable) Alcance: 80 dB (enlace ascendente) y 30 dB (enlace descendente)	Periodo: 100 ó 200Hz (enlace ascendente), 800Hz (enlace descendente) Tamaño de paso:1; 2 y 3 dB (variable) Alcance: 65 dB (enlace ascendente), 30 dB (enlace descendente)		
Potencia de pico en terminales moviles	Clase1: +33 dBm (+1dB/- 3dB)=2w Clase2: +27 dBm Clase3: +24 dBm Clase4: +21 dBm	Clase1: +33 dBm (+1dB/- 3dB)=2w Clase2: +27 dBm Clase3: +24 dBm Clase4: +21 dBm		
Número de códigos únicos de identificación de estación base	512/portadora 512/portadora			
Spreading factor (capa física)	4256(UL), 4512(DL)	1, 2, 3, 8, 16		

**Tabla 3.1** Características técnicas de FDD y TDD.

#### 3.2.3.1. Bandas de frecuencias

A principio de la normalización de UMTS reconocen tres frecuencias de operación, en donde una de ellas pertenecía a la comunicación por FDD, y las dos restantes para el TDD. Originalmente, se concibieron para FDD las bandas de 1920 – 1980 MHz para el enlace ascendente y 2110 – 2170 para el descendente, y para el modo TDD las bandas de 1900 – 1920 MHz y 2010 – 2025 MHz. Sin embargo, debido a las disposiciones legales en los distintos países, que han impedido la operación en estas bandas, se han agregado otras alternativas, llegando actualmente a nueve bandas emparejadas para FDD y seis bandas para TDD [13].

En la tabla 3.2, se muestran las bandas para FDD y tabla 3.3, las bandas para TDD.

Banda	Enlace Ascendente	Enlace Descendente
I	1.920MHz - 1.980 MHz	2.110MHz - 2.170MHz
II	1.850MHz - 1.910MHz	1.930MHz - 1.990MHz
III	1.710MHz - 1.785MHz	1.805MHz - 1.880MHz
IV	1.710MHz - 1.755MHz	2.110MHz - 2.155MHz
V	824MHz - 849MHz	869MHz - 894MHz
VI	830MHz - 840MHz	875MHz - 885MHz
VII	2.500MHz - 2.570MHz	2.620MHz - 2.690MHz
VIII	880MHz - 915MHz	925MHz - 960MHz
IX	1.749,9MHz - 1.784,9MHz	1.844,9MHz - 1.879,9MHz

Tabla 3.2 Bandas de frecuencias para FDD.

Banda	Bandas no pareadas		
	1.900MHz - 1.920 MHz		
II	2.010MHz - 2.025MHz		
III	1.850MHz - 1.910MHz		
IV	1.930MHz - 1.990MHz		
V	1.910MHz - 1.930MHz		
VI	2.570MHz – 2.620MHz		

Tabla 3.3 Bandas de frecuencias para TDD

## 3.3. Tecnología de acceso radio HSDPA

La tecnología de Acceso a Paquetes a Alta Velocidad en enlace Descendente, se incorporó a UMTS en el release 5, y apunta principalmente a la obtención de altas velocidades en la transmisión de datos desde el nodo B hacia el terminal, mediante la incorporación de

modificaciones en la interfaz radioeléctrica. El sistema supera altamente la velocidad que tenía UMTS R99 que alcanzaba una velocidad máxima de 2 Mbps, alcanzando ahora 14,4 Mbps (con antenas mimo alcanza 20 Mbps), y con la implementación del Release 7 aumentará la tasa máxima a los 28 Mbps [13] [24] [25].

Esta tecnología considera la creación de un nuevo canal de transporte conocido como Canal Compartido de Enlace Descendente de Alta Velocidad (HS-DSCH), el cual puede ser compartido dinámicamente por distintos usuarios. A este canal se aplican distintas técnicas que, finalmente, no sólo permiten aumentar las velocidades de transferencia, sino otros beneficios, como por ejemplo, una disminución en la latencia de la red a menos de 100 ms en los tiempos de ida y vuelta [13] [26].

El HSDPA utiliza el mismo slot de tiempo que WCDMA. El frame de 10 ms del WCDMA sin embargo, es dividido en 5 subframes de 2 ms. Cada subframe (2 ms), también llamado intervalo de tiempo de transmisión (TTI), es compuesto de 3 slots de tiempo [26].

### 3.3.1. Lo nuevo de HSDPA

A continuación, se describirán las técnicas que se ha incorporado al nuevo canal HS-DSCH, y que permiten que HSDPA alcance la velocidad mencionada con anterioridad. Es decir, se describen las funcionalidades de la llamada fase 1 de HSDPA, que corresponde a las características incluidas en el Release 5, y que constituyen la implementación que se está llevando a cabo en la actualidad por parte de operadores de UMTS, que han implementado este nuevo sistema.

### 3.3.1.1. Modulación y Codificación Adaptativa (AMC)

El HSDPA utiliza un esquema de Modulación y Codificación Adaptativa (AMC) de modo a ubicar tasas de datos más altas para usuarios con el canal en condiciones más favorables, es decir, que va a depender de la posición del terminal y que tan cerca esta del nodo B para alcanzar la máxima velocidad.

En cuanto a modulación, además de QPSK, HSDPA permite el uso de 16QAM, lo que significa pasar de transmitir 2 bits por símbolo a 4 bits por símbolo. Claro que este aumento va de la mano con una menor inmunidad al ruido.

Por otro lado, la utilización de 16QAM hace necesaria una estimación de la amplitud en el receptor, puesto que la naturaleza de la modulación lleva consigo distintos valores en las amplitudes recibidas. Esta es una razón por la cual HSDPA elimina el control rápido de potencia en cada time slot, dejando sólo el control de lazo externo. Es decir, en HSDPA, el control de potencia sólo se lleva a cabo en la base de un frame. De esta forma, los usuarios más cercanos al Nodo B tendrán una mejor razón de señal/ruido, pudiendo aumentar no sólo el orden de la modulación sino también la tasa de codificación [13] [26].

La tasa de codificación de canal también es modificada en forma dinámica de acuerdo a las condiciones radioeléctricas, pudiendo variar entre 1/6 y 0.98 (a veces denotada 4/4, prácticamente sin redundancia), sin embargo, las tasas efectivas que normalmente se usan están entre 1/4 y 3/4.

En la figura 3.5, se puede apreciar el resultado de la técnica AMC, como se modifican los códigos de canales y el tipo de modulación, dependiendo de la distancia que este el terminal móvil del nodo B.

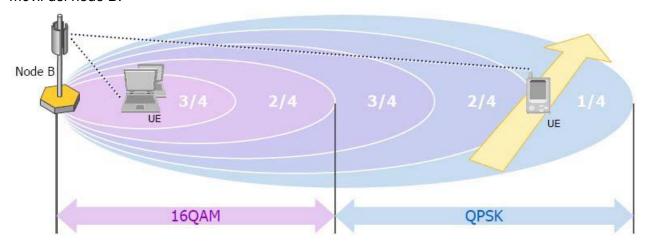


Figura 3.5 Modulación y codificación adaptable con HSDPA.

### 3.3.1.2. Operación Multi-Código

Para HSDPA se anula una de las características principales de UMTS, cual es variar el factor de propagación, y así la tasa de bits por segundo en un canal. En HSDPA se tiene un valor fijo de SF=16, pero se dispone de 15 canales con tasa fija de 240 mil símbolos por segundo (para el modo de 3.84 Mcps), traduciéndose en 480 Kbps o 960 Kbps, dependiendo de la utilización de QPSK o 16QAM, respectivamente. Con éste SF se permiten hasta 15 códigos

en paralelo por canal, lo que significa que se puede alcanzar una tasa máxima de 3,6 millones de símbolos por segundo. A su vez, dependiendo de la capacidad del UE se podrán usar 1, 5, 10 o los 15 códigos en paralelo, y con esto poder lograr el máximo de velocidad, como se puede apreciar en la tabla 3.4.

Modulación	Tasa de Codificación	1 código	5 códigos	10 códigos	15 códigos
QPSK	1 / 4	120 Kbps	600 Kbps	1.2 Mbps	1.8 Mbps
QPSK	2/4	240 Kbps	1.2 Mbps	2.4 Mbps	3.6 Mbps
QPSK	3 / 4	360 Kbps	1.8 Mbps	3.6 Mbps	5.4 Mbps
16QAM	2/4	480 Kbps	2.4 Mbps	4.8 Mbps	7.2 Mbps
16QAM	3/4	720 Kbps	3.6 Mbps	7.2 Mbps	10.8 Mbps
16QAM	4 / 4	960 Kbps	4.8 Mbps	9.6 Mbps	14.4 Mbps

Tabla 3.4 Velocidades alcanzables con HSDPA.

Dado que en la práctica es muy poco probable alcanzar la codificación de 4/4, se suele encontrar en la literatura que la velocidad máxima de HSDPA es 10.8 Mbps [13].

# 3.3.1.3. Solicitud de Retransmisión Automática Híbrida (HARQ)

Esta innovación, permite corregir los errores en la transmisión de paquetes entre el nodo B y el dispositivo UE. La información del usuario es transmitida varias veces usando diferente codificación; cuando un paquete corrupto es recibido, el dispositivo lo almacena y luego, lo combina con las retransmisiones, para así, recuperar el paquete libre de errores [24].

# CAPÍTULO IV: RED DE ACCESO RADIO TERRESTRE UMTS (UTRAN)

Resumen: el presente capítulo está enfocado en la arquitectura de UTRAN, por lo cual en el apéndice 4.2 se describen las partes en que se divide. De esta manera, en el apartado 4.2.1 se realiza un análisis completo del Nodo B, en donde se puede encontrar la estructura, métodos de modulación, técnica de recepción, capacidad de la célula y otras funciones de éste.

Además, el 4.2.2 está relacionado con el Controlador de la Red Radioeléctrica (RNC), el cual se subdivide en, la Gestión de Recursos Radioeléctricos (RRM) y las funciones de control en la UTRAN, los cuales están detallados en los apéndices 4.2.2.1 y 4.2.2.2, respectivamente.

Summary: The present chapter is focused in the design of the UTRAN, by which in paragraph 4.2 the parts in which is divided into are described. This way, on paragraph 4.2.1 a full analysis about Node B is done, in where the structure, the modulation methods, reception techniques, cells capacity and other functions of it can be found.

Besides, paragraph 4.2.2 is about the Radio electric Net Controller (RNC), which is subdivided into Radio electric Resources Management (RRM) and the control functions of UTRAN, which are detailed in appendixes 4.2.2.1 and 4.2.2.2 respectively.

### 4.1. Introducción

La red de acceso radio terrestre UMTS más conocida como UTRAN, es el único dominio nuevo de UMTS implementado por 3GPP para tercera generación, este dominio tiene la gran característica de crear y mantener servicios portadores de acceso radio, para las comunicaciones entre el equipo del usuario (UE) y la red central (CN). UTRAN está entre dos interfaces abiertas como es el caso de Uu y Iu, de las cuales controla solo una que es Uu. Este dominio está formada por dos componentes, que es el Nodo B o estación Base y el Controlador de la red Radioeléctrica (RNC).

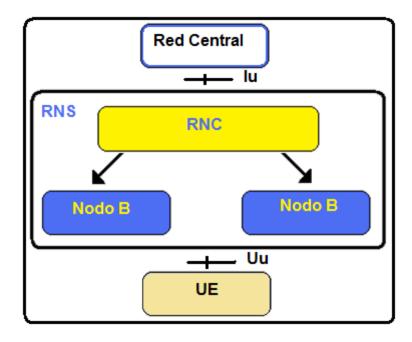


Figura 4.1 Arquitectura Simple UMTS con énfasis UTRAN.

## 4.2. Arquitectura de UTRAN

La UTRAN proporciona la conexión entre los terminales móviles y el núcleo de red. Está compuesta de un conjunto de Subestaciones de red radio (RNS), constituido a su vez por un Controlador Red Radioeléctrica (RNC) y una serie de Nodos B (o estación base en GSM), separados geográficamente. El RNC se encarga de controlar a uno o varios Nodos B bajo su cargo [27] [28].

Los elementos funcionales que constituyen la UTRAN se comunican entre sí, a través de:

- La interfaz entre el núcleo de red y el RNC: lu
- La interfaz entre dos RNCs: lur
- La interfaz entre un RNC y un Nodo B: lub
- La interfaz radio o aire (entre un Nodo B y un terminal móvil): Uu

En la figura 4.2, se puede apreciar la arquitectura general de UTRAN con sus diferentes componentes e interfaces abiertas.

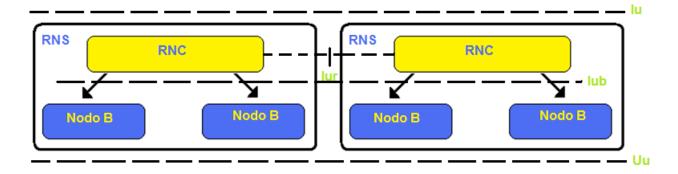


Figura 4.2 Arquitectura general UTRAN

### 4.2.1. Nodo B

El Nodo B o es el equivalente en UMTS al Transceptor de Estación Base (BTS) de GSM, y se ubica entre las interfaces Uu y Lub. El nodo B puede dar servicio a una o más células, sin embargo, las especificaciones hablan de una sola célula por nodo B. Esta estación utiliza WCDMA como tecnología de transporte, la cual corresponde a la principal diferencia con los BTS [10] [29].

"Este nodo es principalmente responsable de la conversión, recepción y transmisión de datos sobre la interfaz aérea hacia el móvil. Ejecuta corrección de errores, adaptación de tasas de bits, modulación y esparcimiento a nivel de radio. Además, envía reportes de mediciones al RNC" [16].

### 4.2.1.1. Estructura del Nodo B

El nodo B se encuentra en la periferia de la UTRAN, debido a esto ejerce funciones de recepción y transmisión de señales de radio (Rx y Tx), filtrado y amplificación de señales, modulación y demodulación de señales y la interacción con la red de acceso radio [5].

Si bien es importante destacar, que va depender del fabricante la estructura interna del nodo B, pero su estructura básica esta dado en la figura 4.3.

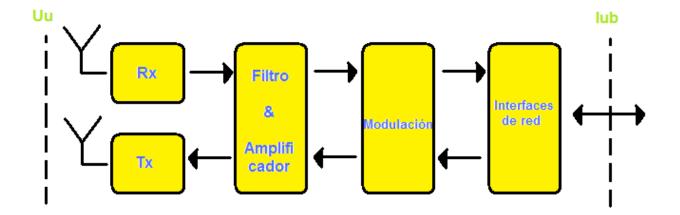


Figura 4.3 Estructura básica del Nodo B.

La interfaz aérea lub es la que separa al nodo B del controlador de red radioeléctrica, en el sector donde se ubica ésta interfaz, el nodo B se conforma de dos entidades:

- Transporte común
- Puntos de Terminación de Tráfico (TTP).

El transporte común son los canales de transporte que tienen en común todos los equipos móviles de la célula, así como todos los canales utilizados para el acceso inicial. Dentro de estos se encuentran: canal de acceso radio (RACH), canal de acceso directo (FACH), canal de paquetes común (CPCH) y canal de paging (PCH). También, existe un canal de control del nodo B destinado a la Central de Operación y Mantenimiento (OMC) [5] [30]. En el caso de 3GPP release 99, los canales de transporte utilizaban el Modo de Transferencia Asíncrona (ATM) y después se implementó una red IP como tecnología de transporte [28].

Un TTP consiste en una serie de contextos de comunicación de nodos B. a su vez, cada uno de estos contextos está formado por todos los recursos dedicados necesarios cuando se utiliza el equipo móvil en modo dedicado. Debido a lo anterior, un contexto de comunicación de nodo B debe contar con al menos un Canal Dedicado (DCH). La excepción es el Canal Descendente (DSCH) y el DSCH de Alta Velocidad (HS-DSCH).

La interfaz Uu está ubicada entre el nodo B y el equipo móvil, en el sector donde se encuentra esta interfaz, el nodo B base está constituida por entidades pequeñas de la red radioeléctrica denominadas células, las cuales poseen un número de identificación propio (ID de

célula) públicamente visible en el equipo móvil. De hecho, cuando se configura la interfaz, lo que se hace es modificar los datos de la célula.

Cada célula posee un código de aleatorización, y el equipo móvil identifica una célula por dos valores, que son el código de aleatorización y el ID de la célula. Una célula puede tener varios Transceptores (TRX), cada uno de estos transceptores envía la información de difusión hacia el terminal móvil, es decir, el canal físico de control común primario (P-CCPCH) que contiene información del canal de difusión (BCH) se transmite desde aquí. Un TRX mantiene los canales físicos de la interfaz Uu y estos transfieren los canales de control, comunes o dedicados.

### 4.2.1.2. Métodos de modulación.

Si bien se ha hecho referencia al mecanismo de acceso con el cual trabaja UTRAN, en ningún momento se ha hablado sobre el método de modulación utilizado por éste. El sistema WCDMA utiliza la Modulación por Desplazamiento Fase en cuadratura (QPSK), su variante QPSK dual y con el ingreso de su similar HSDPA se introduce la Modulación por Amplitud en Cuadratura (16QAM) [18] [31].

Los canales físicos descendentes S-CCPCH, P-CCPCH, CPICH, AP-AICH, AICH, CSICH, CD/CA-ICH, PDSCH, PICH, HS-SCCH y el DPCH, utilizan solo la modulación QPSK. En el caso del canal físico descendente HS-PDSCH puede utilizar dos tipos de modulación que es QPSK o 16QAM dependiendo de la velocidad binaria necesaria y de la distancia en que se encuentre el receptor [5].

#### 4.2.1.2.1. Modulación QPSK

El método de modulación QPSK expresa un solo bit, y consiste en hacer variar la fase de la portadora entre un número de valores discretos. Los bits se tratan por pares en el proceso de modulación y, por tanto, hay cuatro posibles combinaciones de dos bits que deben ser indicadas.

El mecanismo de funcionamiento del sistema de modulación de QPSK está dado por la figura 4.4, en la cual se puede apreciar que cuando se aplica este proceso de modulación, primero se modula el tren de datos, es decir, en primer lugar los canales físicos se convierten de serie a paralelo. Seguido a esto, el proceso pasa a dividir el tren de datos en dos ramas: I y

Q. De esta manera en la rama I, el bit con valor "1" representa un desplazamiento de fase de +180° y un valor "0" indica que la fase de la portadora no se ha desplazado. En la rama Q, el bit con valor "1" señala un desplazamiento de fase de +90° y el valor "0", un desplazamiento de -90°. Cabe destacar, que las ramas I y Q las alimenta un oscilador, la rama I directamente, y la rama Q con un desplazamiento de 90° [5]. De esta forma, cuando el flujo de datos de entrada se combina con la salida del oscilador, las combinaciones de dos bits (un bit de I y otro de Q) representan el desplazamiento de fase, el cual se señala en la figura 4.5.

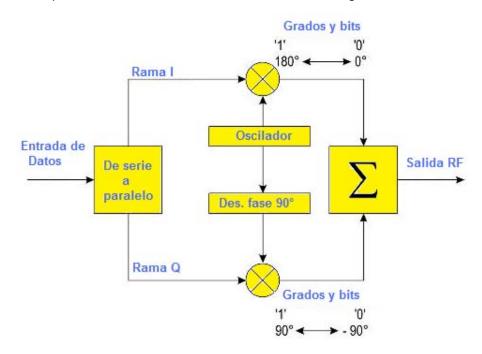


Figura 4.4 Modulación QPSK.

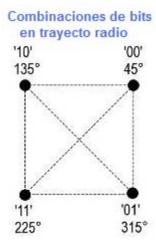


Figura 4.5 Desplazamiento de fase.

Si bien este sistema en la realidad funciona adecuadamente, existen combinaciones que son difíciles de tratar, como es el caso de los cambios bruscos de amplitud (00 a 11, o de 01 a 10, ya que es de 180°). Para estos cambios drásticos el nodo B necesita de un amplificador lineal para certificar que el cambio de amplitud se represente correctamente en todo el ancho de banda utilizado.

#### 4.2.1.2.2. Modulación QPSK dual

El sistema QPSK dual, es utilizado para radicar el problema mencionado anteriormente, el cual en vez de una multiplexación en el tiempo, los canales DPCCH y DPDCH se multiplexan en códigos I/Q con la complejidad aleatoria que se muestra en la figura 4.6. Lo cual provoca un retardo aproximado de 0,5 bits en la rama Q del modulador [2] [5].

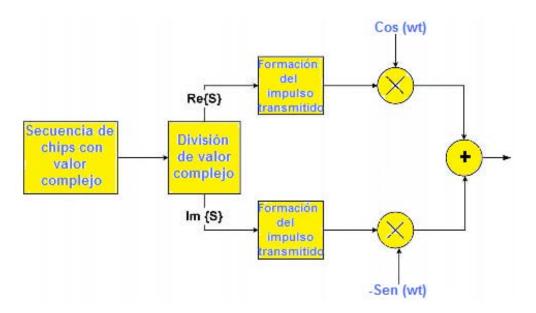


Figura 4.6 Modulación QPSK dual

Esta técnica más compleja evita los cambios de fase de  $180^{\circ}$  y los limita a pasos de  $90^{\circ}$ . De esta manera la transición de la combinación 11 a 00 es, ahora, 11 - 10 - 00 y tiene lugar en el mismo tiempo que en la QPSK.

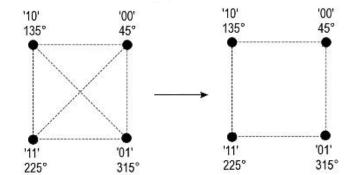


Figura 4.7 Resultado de la multiplexación de código I/Q

#### 4.2.1.2.3. Modulación QAM

La Modulación de Amplitud en Cuadratura llegó con la implementación de un nuevo mecanismo de acceso HSDPA, ya que este sistema fue creado para conseguir velocidades binarias mucho mayor que las existente hasta su aparición. A diferencia de QPSK, que emplea información de fase en el proceso de modulación, la QAM puede beneficiarse de la información de fase y de la amplitud cuando forma la constelación de señales. En la modulación QAM se emplean dos ramas de portadora, con una diferencia de fase de 90°, para transmitir de un canal físico concreto. Debido a la diferencia de fase de 90° y la portadora ortogonal, cada una de las ramas puede modularse por separado y transmitirse por el mismo canal para, finalmente, volver a separarse por demodulación. En la figura 4.8, se puede apreciar el proceso básico de la modulación QAM.

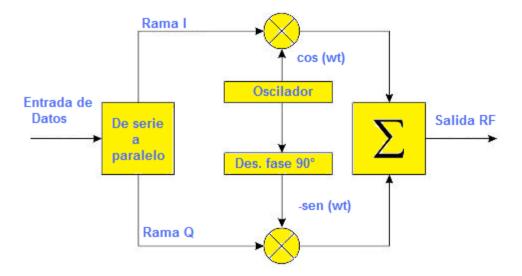


Figura 4.8 Proceso básico de la modulación QAM

La eficiencia de la modulación QAM unida a la AMC, aumenta la velocidad binaria conocida por WCDMA en aproximadamente siete veces más. El nivel de modulación de QAM puede alcanzar los 64QAM, pero debido a los altos costos y complejidad que conlleva éste, es más razonable utilizar 16QAM para los requerimientos de UTRAN/HSDPA.

Como se muestra en la figura 4.9, HSDPA utiliza los tres métodos de modulación existentes para UMTS. El fin de utilizar estos tres métodos, es que, en enlace descendente por requerimientos de velocidad del abonado se puede utilizar QPSK o QAM, claro si que es importante destacar, que un factor primordial en la utilización de una u otra modulación es la distancia que se encuentre el usuario del nodo B. En el caso de ascendente, se utiliza QPSK dual ya que como se dijo anteriormente la modulación QPSK tiene el problema del desplazamiento de fase de 180°, lo cual perjudica ampliamente el ancho de banda de la señal e implementar un amplificador lineal en un equipo móvil es demasiado costoso y el consumo energético seria mucho mayor.

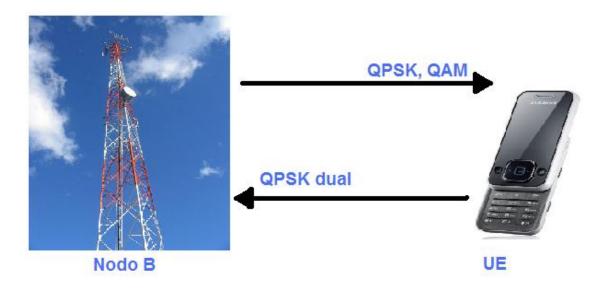


Figura 4.9 Métodos de modulación utilizados y su dirección en UTRAN

## 4.2.1.3. Técnica del Receptor

En WCDMA las señales de radio se propagan en múltiples trayectorias o direcciones desde el nodo B hacia el receptor. Estas señales se emiten a bajas potencias con el fin de reducir la interferencia en la interfaz de radio y, así quedando más espacio para otras

transmisiones. Debido a esta situación, es mucho más fácil para el UE y el nodo B poder captar un mayor número de señales débiles indicativas de la misma transmisión y poder reunirlas. Es por esto que se necesita un receptor apropiado, como es el caso del receptor Rake, ya que este permite la combinación de las componentes de multitrayectoria para mejorar la recepción de la señal deseada [5] [31].

Este receptor consta de varias ramas cuyas salidas se combinan linealmente, de acuerdo con unos ciertos coeficientes, para dar lugar a la variable de decisión. Si además, el canal es variante en el tiempo, como sucede en comunicaciones móviles, los coeficientes del receptor deben adaptarse a sus variaciones [18].

El funcionamiento del receptor Rake puede interpretarse de dos formas conceptualmente distintas:

- 1. Como un sistema de diversidad por combinación, en el que las réplicas multitrayecto producidas por el canal son separadas en componentes, cada una de ellas formada por un grupo de ecos con retardos parecidos [32] [33]. Realmente, la separación entre las componentes no es total, sino que existe cierto grado de interferencia, determinado por las características de autocorrelación de la secuencia código utilizada.
- 2. Como un filtro adaptado a la forma de onda recibida, existiendo dos enfoques distintos a este funcionamiento [34] [35].

Según el primer enfoque, el receptor detecta cada una de las componentes multitrayecto y lleva a cabo una Combinación de la Máxima Razón (MRC) óptima de las mismas. El resultado es una relación señal/(interferencia +ruido), o Relación Señal a Ruido (SIR), igual a la suma de las SIRs de cada una de las componentes detectadas. Debe tenerse en cuenta, no obstante, que el método MRC es aplicable en general para componentes o señales recibidas en puntos diferentes, y sólo es óptimo en esas condiciones. En este caso, en el que todas las componentes multitrayecto están presentes simultáneamente en el receptor, este método equivale a la detección de cada una de ellas considerando las demás como interferencia.

El segundo enfoque, considera la superposición de todas las componentes multitrayecto como una señal deseada, y el receptor Rake se comporta como un filtro adaptado a esta señal total, lo cual constituye la forma óptima de detección. Suponiendo un canal con dispersión temporal incorrelada (US), la potencia de la señal total es igual a la suma de las potencias

individuales de las componentes. Por tanto, según este enfoque se suman las potencias de las componentes multitrayecto detectadas, sin considerar ninguna de ellas como interferencia.

La utilización de una u otra interpretación, es equivalente a la selección de un criterio para la determinación de los coeficientes del receptor Rake. En el primer caso éstos se eligen independientemente, mientras que en el segundo, deben seleccionarse conjuntamente para reproducir la respuesta al impulso del canal. El hecho de que estos dos criterios sean diferentes tiene su origen en la autocorrelación no nula de las secuencias código utilizada. En la práctica, sin embargo, esta correlación es baja (excepto para ganancias de procesado muy pequeñas), y ambos métodos pueden considerarse equivalentes [18].

## 4.2.1.4. Capacidad de la Célula

En UMTS todos los usuarios comparten una banda de frecuencia que está dividida en cinco partes de 5MHz. Los usuarios de los Transceptores (TRX) de WCDMA coexisten en la banda de frecuencia y, las transacciones se reconocen y diferencian mediante códigos de ensanchamiento. En los primeros sistemas de UMTS, para UTRAN se empleaba la variante WCDMA – FDD, en la cual cada una de las direcciones de la transacción de la interfaz Uu utilizaba una banda de frecuencia. Lo cual lo hace muy complejo calcular la capacidad del TRX del WCDMA.

Para poder calcular la capacidad de una célula hay que tener en cuenta varias variables que van a afectar al sistema, como es el caso de la distancia en que se encuentre el usuario de la antena del TRX, la interferencia existente, la potencia utilizada, la velocidad de transmisión de símbolos, entre otros.

Para realizar una estimación de la capacidad que puede tener una célula, se dejarán algunas variables como constante, en donde los abonados del área de cobertura del TRX se distribuirán uniformemente y equidistante de la antena, la velocidad de símbolo será inmutable, el nivel de potencia es la misma para cada usuario y esto conllevaría a una interferencia parecida.

Entonces, se puede definir la ganancia de procesamiento ( $G_P$ ) como la relación existen entre todo el ancho de banda disponible ( $B_{RF}$ ) y la velocidad binaria de la banda base ( $B_{información}$ ):

$$G_p = \frac{B_{\{RF\}}}{B_{\{Información\}}}$$

También G<sub>P</sub> se puede expresar utilizando la velocidad de transmisión de datos y la tasa del Chips:

$$G_p = \frac{Tasa.de.Chips}{Velocidad.de.transmisión}$$

Ambos modos expresan una mejora en la señal/ruido entre la salida recibida y la salida del receptor, cuando se expresan en dB. Con esto se puede decir que, G<sub>P</sub> es igual al factor de ensanchamiento (SF). Por medio de esto la velocidad binaria de la banda base se ajusta a la velocidad binaria del portador, siendo esta última fija (30, 60, 120, 240, 480 y 960 Kbps). La tasa de chips del sistema es constante (3,84 Mchip/s). Tomando una velocidad binaria del portador de 30 Kbps, tenemos que:

$$G_p = \frac{38,400,000}{30,000} = 128 = SF$$

La potencia P necesaria para la trasferencia de la información en un canal es el producto de la energía utilizada por bit y la velocidad de trasferencia de datos de la banda base:

P= E'<sub>h</sub> Velocidad de trasferencia de la banda base

Además, se sabe que el ruido de un canal  $(N_{Canal})$  que utiliza parcialmente todo el ancho de banda  $(B_{RF})$  se puede expresar como:

 $N_{Canal}$  =  $B'_{RF}$   $N_0$  Siendo  $N_0$  la densidad espectral del ruido

Entonces, la relación señal a ruido (S/N) será:

$$S/N = \frac{P}{N_{\text{Canal}}} = \frac{E_b'}{B_{\text{RF}}' N_0} = \frac{E_b/N_0}{G_p}$$

Ahora, si suponemos que existe X usuarios en el área del TRX y que se cumplen las suposiciones anteriores, lo cual significaría que existen estadísticamente X-1 usuarios causando interferencia a un solo usuario. Entonces:

$$S/N = \frac{P}{P'(X-1)} = \frac{1}{X-1}$$

Si, posteriormente, existiera un número significativo de usuarios, la ecuación se podría simplificar de la siguiente manera:

$$S/N = \frac{1}{X - 1} \approx \frac{1}{X}$$

Entonces, teniendo las dos ecuaciones para S/N, se puede decir, que:

$$rac{E_b/N_0}{G_p} pprox rac{1}{X}$$
 entonces  $X pprox rac{G_p}{E_b/N_0}$ 

Esta ecuación es una expresión muy aproximada, por lo cual solo se puede utilizar para estimaciones, ya que la forma oficial de cálculo de capacidad de TRX incluye varios parámetros más que se deben tener en cuenta.

Entonces, si SF en la célula es 128 y para esta transacción el  $E_b$  /  $N_0$  es 3 dB. La cantidad de usuarios en la célula para un solo TRX, será de:

$$Xpprox rac{G_p}{E_b/N_0} = rac{128}{3} \mathrm{dB} pprox rac{128}{2} = 64$$
 Usuarios

Este resultado expresa la capacidad máxima que puede tener un TRX, en teoría se considera la interferencia intracelular, pero en la realidad la que afecta es la interferencia intercelular que es producida por las células vecinas, por lo cual esta divide en la mitad la capacidad del TRX, en este caso sería de 32 usuarios.

#### 4.2.1.5. Otras funciones del Nodo B

El nodo B no solo cumple la función de transmisión y recepción de las señales, sino que también funciones de control de la UTRAN. Estas funciones están limitadas en parte al soporte de funciones como el cumplimiento, la recopilación y el filtrado de medidas de radio, y el envío

de los resultados al RNC para que la Red de Acceso Radio (RAN) pueda ejecutar sus funciones de control. A su vez, cumple funciones como la generación de códigos, la ejecución de control de potencia y las actividades de la Central de Operación y Mantenimiento (OMC), concretamente en los elementos de la red o en la célula.

Desde la perspectiva de la Gestión de Recursos de Radioeléctricos (RRM), los nodos B participan en el control de la potencia, en la generación de códigos y en la programación de paquetes.

## 4.2.2. Controlador de la red radioeléctrica (RNC)

El controlador de la red radioeléctrica o más conocido con RNC, está ubicado entre las interfaz aéreas lub y lu. Al mando de este se pueden encontrar una serie de nodos B. Además, se encuentra la interfaz lur, la cual estable la conexión entre Subsistemas de Red Radio (RNS) la que está compuesta de nodos B y RNC. El RNC es un conmutador ATM que puede multiplexar/demultiplexar usuarios de paquetes y circuitos conjuntamente, a su vez, es el mecanismo de control de UTRAN [16] [29]. También es el encargado de administrar el traspaso o "handover" entre celdas, dirigir el tráfico si este es de paquete o de circuitos, manejar los recursos de radio y asignar los canales [13].

El RNC en su conjunto se puede dividir en dos partes fundamentales, las cuales son:

- La Gestión de Recursos Radioeléctricos (RRM).
- Las funciones de Control de la UTRAN.

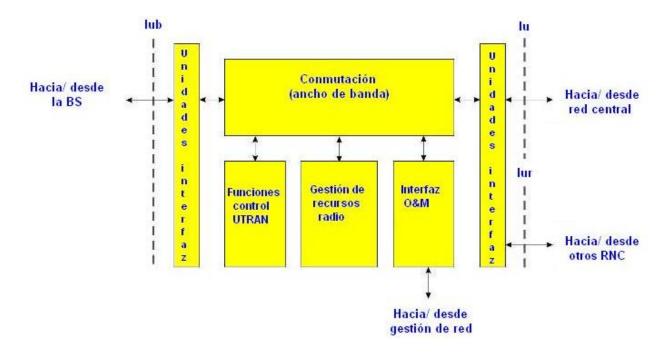


Figura 4.10 Estructura simple del RNC

## 4.2.2.1. Gestión de Recursos Radioeléctricos (RRM)

La Gestión de Recursos Radioeléctricos (RRM) es el responsable de la gestión dentro de una Red de Acceso Radio (RAN), que se localiza en el UE, Nodo B y RNC dentro de UTRAN. La RRM utiliza varios algoritmos con el propósito de la estabilidad del trayecto de radio y conseguir con esto que cumpla así los requerimientos de Calidad de Servicio (Q&S) de los recursos radioeléctricos.

Los algoritmos utilizados por RRM son los siguientes [36]:

- Control de Traspasos
- Control de la potencia
- Control de la Administración (AC) y el Programador de Paquetes
- Gestión de Códigos

### 4.2.2.1.1. Control de traspasos o Handover

El traspaso o como se estudia en las asignaturas de telecomunicaciones se conoce como handover, el cual, es el proceso que permite el mantenimiento de la conexión de tráfico del EU cuando cambia el punto de acceso a la red dentro de un mismo RNS, es decir, cuando

el abonado se encuentra en movimiento y tiene que cambiar de célula a otra realizando una nueva conexión [27] [37]. Está basado en medidas radio y en la topología de las células, y se usa para mantener la Q&S requerida por el núcleo de red a pesar de la movilidad del EU. En WCDMA, el traspaso dinámico se emplea para las llamadas de conmutación de circuitos. En las llamadas de conmutación de paquetes, los traspasos se llevan a cabo principalmente, cuando no se registra ninguna actividad de transferencia de paquetes ni de la red ni del UE [5].

### 4.2.2.1.1.1. Por qué se realiza el traspaso

Existen varias razones por las cuales se realizan los traspasos, pero la más significativa e importante, es por la calidad de servicio que se merece el usuario. Para que exista un traspaso tiene que haber varias condiciones que lo acrediten, como es la calidad de la señal, la movilidad del usuario, la distribución del tráfico, el ancho de banda, entre otras.

El traspaso por calidad de la señal ocurre cuando la calidad o la intensidad de la señal de radio no alcanza ciertos parámetros especificados por el RNC. Esto es detectado mediante medidas que se toman constantemente en el UE y el Nodo B.

En el caso del traspaso por tráfico ocurre cuando una determinada célula está llegando al tope de su capacidad de tráfico o está en él, traspasa una parte de la carga del UE a otra célula, y así reduciendo el tráfico de la célula. Utilizando este tipo de traspaso, la célula se puede distribuir de mejor forma y eficientemente.

El traspaso por movimiento acurre cuando el UE se encuentra en movimiento, dependiendo de la velocidad que lleve el UE va a depender de cuantos traspasos realice la UTRAN. La variante velocidad es un punto importante en esta razón de traspaso, ya que cuando el UE se desplaza a alta velocidad, la célula tiene que cambiar de microcélula a macrocélula para realizar menos traspasos.

### 4.2.2.1.1.2. Procesos de traspaso

Para que se realice un traspaso tiene que pasar por tres etapas básicas, las cuales están dadas en la figura 4.11. Este proceso de traspaso es el que se utiliza con WCDMA, pero los principios básicos son para cualquier otro sistema.

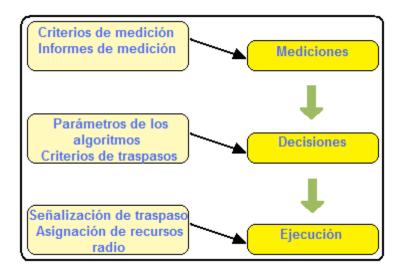


Figura 4.11 Proceso de traspaso

La etapa de mediciones es el proceso esencial para el rendimiento del sistema. Ya que la intensidad de la señal puede variar drásticamente, ya sea por el desvanecimiento o por la pérdida del trayecto de la señal causado por el entorno de la célula y la movilidad del usuario. Así también, un exceso en el suministro de medidas por parte del UE o la ejecución del traspaso por la red aumenta la señalización total, y eso no es recomendable.

El UE toma medidas de la intensidad de la señal de células vecinas y envía los resultados al controlador de acceso radio, de modo muy similar al del RNC en los sistemas WCDMA. Lo anterior ocurre durante toda la conexión, y con el propósito de servir posteriormente para los traspasos.

En este contexto, la tecnología WCDMA proporciona una serie de criterios de medidas para los mecanismos de traspasos en el sistema. Para mejorar el rendimiento del sistema, es fundamental seleccionar los procedimientos y criterios de medidas más adecuados, además, de los intervalos de filtrados que deben realizarse con los mecanismo de traspaso.

La etapa de decisiones consiste en valorar la Q&S total de la conexión, y compararla con las características y las estimaciones de Q&S de las células vecinas. De esta manera, el procedimiento de traspaso se activará o no en función del resultado de la comparación.

En RNC existe un servidor el cual comprueba si los valores indicados en los informes de medidas son suficientes para la activación. Por lo cual, si los valores son los adecuados se permite el traspaso.

Desde el punto de vista de la toma de decisiones existen dos tipos de traspasos, los cuales son:

- Traspaso Evaluado por la Red (NEHO)
- Traspaso Evaluado por el Móvil (MEHO)

En el caso de NEHO, como lo indica su nombre, la decisión la toma el servidor de RNC (SRNC), y en el caso del MEHO es el UE el que toma la decisión. También, existe una combinación de ambos, en donde el SRNC y UE en conjunto toman la decisión.

## **4.2.2.1.1.3. Tipos de traspasos**

En UMTS existen varios tipos de traspasos, pero los más comunes son los tres que se pueden apreciar a continuación [5] [38] & [39]:

- Traspaso duro o sin continuidad
  - Intrafrecuencia o intra-RAT (Tecnología de Acceso Radio)
  - o Interfrecuencia o inter-RAT
- Traspaso suave o con continuidad
- Traspaso más suave o con máxima continuidad

La decisión de qué tipo de traspaso se necesita realizar, depende de un número de condiciones y parámetros que definen estos traspasos. En general, el traspaso suave y más suave tienen una prioridad más alta que el traspaso duro e inter-RAT, que solo ocurren en el borde de la célula que tienen células vecinas con inter-RAT configurada con anterioridad [38].

El traspaso duro o sin continuidad ocurre siempre y cuando la conexión antigua se libera antes de establecer la conexión nueva. Por esto, no solo se trata de una falta de señales simultaneas, sino también de un microcorte en la conexión, el cual él usuario no percibe. Es importante destacar, que este tipo de traspaso ocurre cuando la interfaz lur por algún motivo no está conectado a dos RNC.

Continuando con este mismo tipo de traspaso encontramos dos divisiones que es la interfrecuencia, el cual ocurre cuando la frecuencia de la portadora del nuevo acceso radio es diferente a la que el UE estaba conectando al principio, y también, se encuentra la intrafrecuencia, la cual ocurre si la nueva portadora, a través de la cual se accede al UE después del proceso de traspaso, es idéntico a la portadora original.

Es importante destacar que el traspaso interfrecuencia puede darse entre dos RAN diferentes, como un sistema GSM y un WCDMA, entonces también se pueden denominar traspaso inter-RAT. Este tipo de traspaso son siempre un tipo de traspaso interfrecuencia, ya siempre sistemas diferentes van a utilizar frecuencias diferentes [27] [40]. Es importante destacar, este tipo de traspaso ya que complementa la cobertura de ambos sistemas y poder así garantizar la continuidad de los servicios [5].

En la figura 4.12 se puede apreciar los dos últimos tipos de traspasos y la diferencia existente entre ambos.

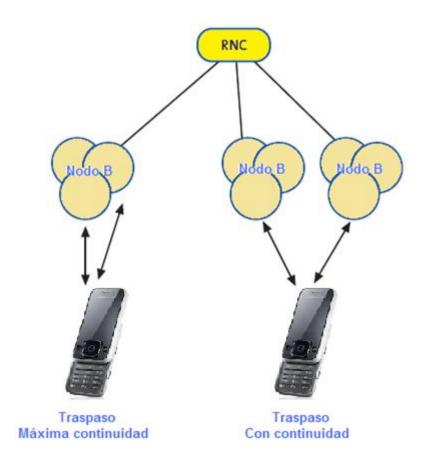


Figura 4.12 Traspaso máxima continuidad y con continuidad.

El traspaso con continuidad o suave ocurre cuando la conexión no se libera antes de llegar a la nueva célula. En la tecnología WCDMA, la gran mayoría de los traspasos son de intrafrecuencia. Este tipo de traspaso se realiza entre dos células de distinto nodo B, pero no es necesario que sea de un mismo RNC. Cuando ocurre que no es un mismo RNC, entra en función la interfaz lur avisando al otro RNC que se realizará un traspaso suave [5] [18].

El traspaso de alta continuidad o más suave se produce cuando en un conjunto activo se añade, suprime o se sustituye una señal por una de mayor intensidad en dos sectores diferentes, controlados por el mismo nodo B [27].

También, se pueden producir estos dos últimos tipos de traspasos a la misma vez y esto lleva el nombre de traspaso de continuidad a máxima continuidad (suave más suave). Lo cual puede ocurrir cuando, en un traspaso entre dos RNC, al mismo tiempo que se suma una señal entre sectores al conjunto activo del UE y se añade una nueva señal a través de otra célula controlada por otro RNC.

### 4.2.2.1.2. Control de Potencia

El control de potencia es uno de los factores clave que garantizan la buena calidad y la efectividad del sistema UMTS, y una característica esencial de cualquier sistema celular basado en CDMA [41]. En un sistema como CDMA donde todos los usuarios comparten un canal de frecuencia en común, la interferencia es un problema importante debido a la capacidad de potencia con la cual se pueda trasmitir, principalmente sobre el enlace ascendente [42].

Es por esto, que uno de los aspectos más importante de WCDMA es el control de potencia, sin él, un UE situado cerca del nodo B transmite con un nivel de potencia fijo puede enmascarar a otro UE sin importar a la distancia que se encuentre el otro UE. Debido a los mecanismos de propagación y pérdidas por trayectoria, la señal recibida por un UE que este a una distancia menor del nodo B tiene mayor intensidad que la de un UE a mayor distancia, a este efecto se le conoce como cercanía – lejanía, siendo este el principal motivo del control de potencia [43].

En la figura 4.13, se puede apreciar el efecto cercanía – lejanía, en donde P1 pertenece al UE1 y P2 a UE2, respectivamente.

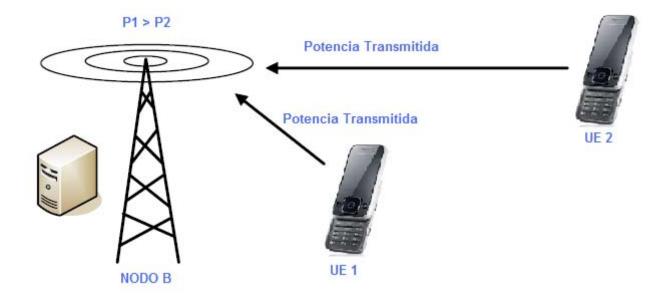


Figura 4.13 Efecto cercanía – lejanía

Para reducir este efecto, al nodo B tienen que llegar ambas señales con una misma potencia, y para esto es sumamente necesario un control de potencia, el cual también, se utiliza para reducir la interferencia hacia las células vecinas.

En el enlace descendente no se presenta este efecto, ya que la señal emitida por el nodo B se trasmite a una misma potencia, debido que se propaga por un mismo canal [44].

El control de potencia se puede manifestar de dos formas, las cuales son:

- Control de potencia de lazo abierto
- Control de potencia de lazo cerrado

## 4.2.2.1.2.1. Control de potencia de lazo abierto

El control de potencia de lazo abierto es utilizado básicamente para ajustar la potencia en los enlaces ascendentes, basándose en las estimaciones aproximadas de las pérdidas del canal por trayectoria en la dirección del enlace descendente, es decir, el control de potencia de lazo abierto se encarga de proporcionar una potencia inicial al UE al inicio de la conexión [45] [46] & [47].

Los canales pilotos están monitoreando constantemente a los UE dentro de una célula, cuando un UE es detectado por un canal piloto, el UE inicia su trasmisión con una cantidad de

potencia igual que la del canal piloto. Esta potencia es equivalente a las pérdidas por trayectoria del enlace descendente, es por esto que se dice que el control de potencia de lazo abierto proporciona una cantidad de potencia inicial para el UE a través de las pérdidas por trayectoria estimadas en el enlace descendente [43].

La potencia inicial de transmisión del móvil que proporciona el control de potencia de lazo abierto no es lo suficientemente buena para utilizarse en la trasmisión de todos los canales, es por ello que se requiere del control de potencia de lazo cerrado [46].

### 4.2.2.1.2.2. Control de potencia de lazo cerrado

El control de lazo cerrado mide la relación de señal a interferencia SIR y envía comando al trasmisor para ajustar la trasmisión de potencia [47]. El nodo B realiza frecuentemente estimaciones de la SIR recibida, y la compara con una SIR establecida, denominada objetivo. Si ocurre que la SIR medida es mayor que la SIR objetivo, el nodo B le ordena al UE que disminuya la potencia de trasmisión, en el caso contrario, le ordena que aumente la potencia. La cantidad de potencia que el UE debe variar se conoce como tamaño de paso y puede tomar valores de 0.1 dB, 0.5 dB, 1 dB y 2dB. Para saber qué tipo de valor debe tomar el UE va a depender de varias variantes, como es: velocidad del UE, perdida de trayectoria y topografía del ambiente de propagación, lo que quiere decir, que el tamaño de paso no es contante en todas las conexiones [46]. Esta estimación de la SIR se realiza 1500 veces por segundo o 1.5 KHz, teniendo con esto la intención de corregir cualquier error que exista por las perdidas por trayectoria y los desvanecimientos lentos. Es así, como este método de control de potencia provee cualquier desequilibrio entre las señales del enlace ascendente recibido por el nodo B [47]. Esto también provoca una disminución en los niveles de interferencia, así permitiendo un incremento en el número de UE en la célula.

La misma técnica se utiliza para los enlaces descendente, y utilizado para reforzar la señal débil originada por los desvanecimientos de Rayleigh [47].

El control de potencia de lazo cerrado se divide en dos tipos [45]:

- Control de potencia interno o rápido
- Control de potencia externo

El control de lazo interno o rápido, se denomina así, ya que estima la SIR en 1500 veces por segundo. Depende de la información retroalimentada del UE al Nodo B y viceversa. Esto permite que el UE ajuste su potencia trasmitida, basándose en nivel de la SIR recibida en el nodo B, de igual modo para el nodo B, con la finalidad de compensar los desvanecimientos del canal de radio [43].

La función de esta división del control de potencia en UMTS es usado en los canales dedicados, en forma bidireccional, tanto para enlaces ascendentes como descendentes.

El control de potencia de lazo externo, tiene como objetivo mantener la calidad de la comunicación de acuerdo con los requisitos de calidad de servicio que se esté ofreciendo, produciendo una adecuada SIR objetivo para el control de potencia de lazo interno. Esta operación se realiza para cada canal dedicado perteneciente a una conexión del RNC.

La estimación SIR se realiza con una frecuencia que varía entre los 10 a 100Hz, esta frecuencia es baja ya que el ambiente de propagación no cambia tan rápido, es decir de un ambiente urbano es muy lento pasar a un ambiente rural. En el caso de la SIR objetivo debe ser variable ya que si se mantiene fija, la calidad resultante de la comunicación sería bastante alta o bastante baja, causando una innecesaria transmisión de potencia en la mayoría de los casos [46].

El control de potencia de lazo externo es el enlace ascendente opera dentro del SRNC, y es responsable de proporcionar una SIR objetivo en el nodo B para cada conexión de control de potencia de lazo interno en el enlace ascendente. Este SIR objetivo es actualizada sobre una base individual para cada UE de acuerdo a la calidad estimada del enlace ascendente, los valores típicos del tamaño de paso en los ajustes de la SIR objetivo, se encuentran en el intervalo de 0,1 dB a 1,0 dB [46]. De forma similar se presenta en el enlace descendente.

## 4.2.2.1.2.3. Renovación celular

Un punto importante a destacar, que debido al control de potencia se produce un fenómeno conocido como Renovación celular (Cell Breathing), el que significa que depende del número de UE que existan en la célula, el tamaño de esta puede variar, es decir, mientras menos UE se encuentren en el sistema la cobertura de la célula será mucho mayor y viceversa.

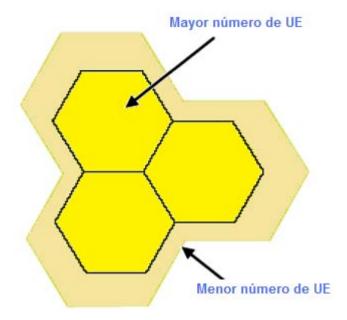


Figura 4.14 Efecto Cell Breathing.

### 4.2.2.1.3. Control de admisión y programador de paquetes

El Control de Admisión (AC) tiene la tarea de valorar si una nueva llamada puede tener acceso al sistema sin sacrificar el cumplimiento de los requisitos que imponen las llamadas existentes a la portadora. Por ello, el algoritmo del AC debe calcular cuál será la carga de la célula si se admite una nueva llamada. También, se verifica la disponibilidad de los recursos terrestres de transmisión. En función a la respuesta que entregue el AC, el RNC dejará o no entrar la llamada [5].

En WCDMA se utiliza un factor de carga de un 0,5 (50%) de la capacidad de la célula, ya que así, se resguarda el buen funcionamiento del sistema, ya que superando este margen se vuelve muy difícil controlar las interferencias.

El AC es responsable del tratamiento de las conexiones por paquetes con tráficos en ráfagas, es decir, tráfico con un tiempo de llegada muy aleatorio, el número de llamadas por paquetes por sección, el tiempo de lectura y el número de paquetes llamada. Es por esto que, el AC necesita modelos de tráfico y estrategias estadísticas muy sofisticadas para conseguir un control optimo de los servicios de la Portadora de Acceso Radio (RAB) solicitados.

## 4.2.2.1.4. Gestión de los códigos

Los códigos de canalización y los códigos de aleatorización utilizados en las conexiones de la interfaz Uu se gestionan desde el RNC, pero la producción real de los códigos se realiza, principalmente, desde el nodo B.

La interfaz Uu necesita dos tipos de códigos para funcionar correctamente, algunos de estos códigos deben estar correlacionados, mientras que otros deben ser ortogonales o no estar correlacionados en lo absoluto. Cada célula utiliza un código de aleatorización, y con esto el UE puede distinguir entre una célula u otra. El RNC tiene un conjunto de códigos de canalización que son idénticos para cada código de aleatorización. Cuando se establece una conexión entre UE y la red, se tienen que separar los canales utilizados, de lo cual se encargan los códigos de canalización.

Las diversas formas de utilizar códigos y las consecuencias que puedan tener en el rendimiento global del sistema WCDMA, exigen que se utilicen mecanismos inteligentes para controlar la asignación y reasignación de códigos. Un hecho que lo confirma es que los códigos disponibles son limitados, en especial los utilizados en dirección descendentes. Para el enlace descendente, se pueden generar un total de  $2^{18} - 1 = 262.143$  códigos de aleatorización, de los cuales no se utilizan todos. Los códigos de aleatorización se dividen en 512 conjuntos, cada uno de los cuales tiene un código de aleatorización primario y 15 secuencias [5].

Los códigos de aleatorización primarios consisten en códigos de aleatorización  $n = 16^* i$ , donde i = 0, ..., 511. El conjunto numérico i de códigos aleatorización secundarios está formado por códigos de aleatorización  $16^* i + k$ , donde k = 1, ..., 15. Entre los códigos de aleatorización primarios y los 15 códigos de aleatorización secundario se establece una equivalencia de uno a uno, de modo que el código de aleatorización primario numero i corresponde al conjunto número i de códigos de aleatorización.

Para los enlaces ascendentes, es muy distinto a lo anterior, ya que para este tipo de enlace existen millones de códigos de aleatorización. Para el sistema WCDMA se especificaron 2<sup>24</sup> códigos de este tipo. Todos los canales tienen que utilizar códigos de aleatorización, ya sean cortos o largos, para este tipo de enlace. Por esta razón, en WCDMA la asignación de códigos en dirección ascendentes no es tan vital como en dirección descendente.

#### 4.2.2.2. Funciones de control en la UTRAN

Las funciones de Control de la UTRAN son todas las relacionadas con el establecimiento, mantenimiento y liberación de servicios de conexión entre UE y RNC, incluyendo las funciones de soporte de los algoritmos de la RRM [29].

Las funciones de control se pueden clasificar de la siguiente forma:

- Difusión de la información del sistema
- La gestión del Acceso inicial y la conexión de señalización
- Gestión del Acceso Radio Portadora (RAB)
- Funciones de seguridad de la UTRAN
- Gestión de la Movilidad (MM) a nivel de UTRAN
- Administración de la base de datos del RNC
- Posicionamiento del UE

#### 4.2.2.2.1. Difusión de la información del sistema

El RNC, una de sus funciones es gestionar la información del sistema, y con esto mantener la conexión de radio entre el UE y UTRAN, por otra parte para controlar la operación global de la UTRAN. El UE puede recibir información en cualquier momento, siempre y cuando haya sido identificado por la UTRAN. Los servicios de información del sistema, también pueden utilizase, por ejemplo, por la CN para ofrecer servicios de difusión. El RNC utiliza la difusión de información del sistema de punto a multipunto para mantener al UE en contacto con la UTRAN cuando sea necesario.

### 4.2.2.2.2. La gestión del acceso inicial y la conexión de señalización

La gestión del acceso inicial, parte al encender el UE, en donde intenta entrar en contacto con UTRAN, en donde busca y selecciona la célula más adecuada, para poder proporcionar los servicios disponibles y sintonizarse con su canal de control. Cuando busca la célula, también tiene que determinar el código de aleatorización descendente y la sincronización de las tramas de esa célula, una vez encontrado el P-CCPCH es detectado y la información de difusión específica del sistema, y de la célula y definida por el RNC se podrá leer.

"La TR 25.990 de 3GPP define a la conexión de señalización como enlace con funciones de acuse de recibo entre el UE y la CN para transferir información de capas superiores entre las entidades del Estrato de No Acceso (NAS)" [5]. Para ello, el RNC utiliza los servicios de conexión del protocolo RRC en la creación de un Portador Radio de Señalización (SRB) entre el UE y UTRAN para ofrecer los servicios de trasferencia para la conexión de señalización.

### 4.2.2.2.3. Gestión del Acceso radio portadora (RAB)

Una vez establecido el SRB entre la red radioeléctrica y el UE, el RNC establece la relación entre el RAB solicitado y el portador radio para trasferir datos en la UTRAN y el UE. De este modo, el RNC crea la impresión de que existe un portador fijo entre la CN y el UE.

## 4.2.2.2.4. Funciones de seguridad en la UTRAN

La seguridad de la UTRAN está dividida en dos actividades fundamentales:

- Comprobación de la integridad
- Mecanismo de cifrado

La finalidad de la comprobación de la integridad es proteger la conexión de señalización entre el UE y la UTRAN.

El mecanismo de cifrado se emplea para proteger los datos de usuario transferidos entre el UE y la UTRAN.

El RNC cifra la señalización y los datos de usuario con algoritmos predefinidos de integridad y de cifrado. En este sentido, necesita generar números aleatorios y mantener los valores del contador dependientes del tiempo para la comprobación de la integridad de los mensajes de señalización. También, verifica y descifra los mensajes recibidos utilizando los mismos algoritmos [5]. Más información sobre los métodos de seguridad utilizados por UMTS se encontrar en el próximo capítulo.

#### 4.2.2.2.5. Gestión de la movilidad a nivel de UTRAN

La gestión de la movilidad a nivel de UTRAN consiste en las funciones que gestiona el RNC para que el UE se mantenga en contacto con las células radioeléctricas de la UTRAN,

teniendo en cuenta la movilidad del usuario dentro de la UTRAN y el tipo de tráfico o de servicio RAB que esté utilizando [5].

#### 4.2.2.2.6. Administración de la base de datos del RNC

El RNC tiene una base de datos, en donde almacena la información de las células que controla. El RNC envía esta información a la célula correcta y ésta la distribuye difundiéndolas a través de la interfaz Uu hacia el UE. Esta base de datos tiene una gran cantidad de información sobre la célula, la cual se puede clasificar en las siguientes categorías [5]:

- Información del ID de la célula: códigos, número de ID, ID de área de ubicación y ID del área de encaminamiento.
- Información de control de potencia: niveles de potencia permitida en dirección ascendente y descendente dentro del área de cobertura de la célula.
- Información relativa a los traspasos: calidad de la conexión y parámetros relacionados con el tráfico que desencadenan el proceso de traspaso para el UE.
- Información del entorno: información de la célula vecina (para el uso de GSM o WCDMA).

#### 4.2.2.2.7. Posicionamiento del UE

Otra de las funciones del RNC es controlar el mecanismo de posicionamiento del UE en UTRAN. En esta función RNC, busca el mejor método para poder ubicar el UE, controla las aplicaciones del método y coordina los recursos de UTRAN necesarios para esta función.

Con los métodos de posicionamiento existentes en la red, el RNC calcula la posición y luego indica la precisión conseguida por el sistema.

## CAPÍTULO V: CALIDAD DE SERVICIO Y SEGURIDAD DE UMTS

Resumen: este capítulo nos hace referencia a como trata el sistema UMTS a la calidad y servicio que un abonado necesita para poder tener el mejor servicio posible, y a su seguridad.

Por lo tanto en el apartado 5.2 se realiza una definición de lo que es Q&S y se analiza la arquitectura de ésta. Es así como en 5.2.1, se analizan las clases de tráficos que denomina la Q&S como requisitos, lo que conlleva al apéndice 5.2.1.2 y 5.2.1.3 en donde se pueden encontrar los atributos de las distintas clases y la división de las aplicaciones existentes en UMTS por clase.

A su vez, en 5.3 se realiza una reseña de lo que ha sido la seguridad en las telecomunicaciones móviles hasta UMTS. En el apartado 5.3.1 se analiza la arquitectura de seguridad, y por último en los apéndices 5.3.2.1 y 5.3.2.2 se observa el proceso de autentificación y criptografía en el sistema de acceso, y así también, el cifrado existente en UTRAN.

Summary: this chapter makes reference to how the Universal Mobile Telecommunications System (UMTS) deals with the service quality that a subscriber needs to have the best service under the proper security. That is why on paragraph 5.2 a definition of what Quality and System (Q&S) is, is described and the design of it, is analyzed.

This is how on paragraph 5.2.1 the types of traffics that the Q&S names as requirements are analyzed, which takes us to paragraph 5.2.1.2 and 5.2.1.3 in where the attributes of different types and the division of the existent applications in UMTS according to type are described. On paragraph 5.3 a brief description of what security has been in mobile telecommunication from UMTS is described. On paragraph 5.3.1 the design of security is analyzed, and for last, on paragraph 5.3.2.1 and 5.3.2.2 the authentification process and the cryptography in the access system is observed, also the existent encryption on UTRAN.

## 5.1. Introducción

Desde el momento que se creó la primera conexión vía microondas, existieron varios problemas como es el caso de la interferencia, robo de información, entre otros. Es por esto que se inventaron varias formas de poder reducir esto, con el fin de que la información transmitida por el usuario llegue a su destino sin problemas, y que no haya sido interceptada por algún

malhechor. Debido a lo anterior, nace el concepto de calidad y servicio o Q&S, y también seguridad de la red.

La Q&S es utilizada para toda la red, ya que si, un punto del sistema no está funcionando adecuadamente, la señal o los datos no llegarán de la mejor manera a su destino final. Es por esto que la Q&S diferencia por clases o prioridades a las diferentes alternativas de servicio que entrega el sistema.

En el caso de seguridad, es algo similar, ya que toda la red tiene que ser segura para el usuario o el proveedor del servicio. En este caso la seguridad existe en las diferentes capas del modelo OSI, en donde se utilizan distintos tipos de criptografía y autentificación.

### 5.2. Calidad de Servicio

Se define Q&S como la calidad de servicio que obtiene el usuario al recibir algún tipo de aplicación de la red, y por esto es siempre de extremo a extremo. La Q&S percibida por el usuario depende de varios factores, es el caso de la eficiencia de los distintos elementos de las redes origen y destino, como de los UE y accesorios. Por ello, UMTS debe tener en cuenta no sólo la eficiencia de sus elementos, sino también añadir un margen suficiente que permita soportar las otras posibles redes o elementos que intervengan en la comunicación [15] [48].

La Q&S para los servicios UMTS sigue una estructura de niveles en función de los diferentes servicios portadores entre distintos puntos de acceso del sistema. Cada servicio portador incluye todos los aspectos que garantizan la Q&S contratada por el usuario:

- Control de señalización
- Transporte de tráfico
- Función de gestión de la Q&S

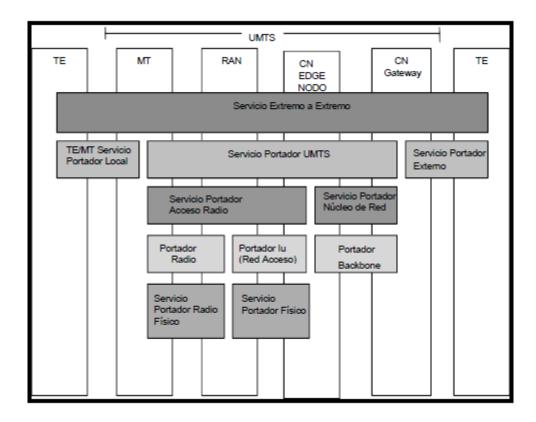


Figura 5.1 Niveles de Q&S en Arquitectura UMTS

La arquitectura de niveles de un servicio portador UMTS se representa en la figura 5.1. Cada servicio portador de un nivel específico ofrece servicios individuales utilizando servicios proporcionados por los niveles inferiores.

Como se puede apreciar en la figura 5.1 el servicio portador local, así también el servicio de portador externo, no depende de factores ligados a la red UMTS, por lo que quedan fuera del ámbito de la calidad del servicio UMTS normalizada en las especificaciones del 3GPP.

La componente servicio portador UMTS, es la que proporciona realmente la Q&S intrínseca de UMTS. Esta componente consta de dos partes, que es el servicio portador de Acceso Radio y el servicio portador de Núcleo de Red, que tienen en cuenta la perspectiva de topología de una red celular, y aspectos de movilidad y perfil del usuario [49].

El servicio Acceso Radio constituye la parte más importante y afecta tanto a la red de acceso como a la de transporte dentro del sistema. Proporciona transporte de señalización e

información de usuarios de forma confidencial entre el UE y el Núcleo de Red, con la Q&S negociada para el servicio portador UMTS. Esta componente, se basa en las características de la interfaz radio del sistema y red de acceso, y debe ser mantenida para usuarios en movimiento.

El servicio portador Núcleo de Red, enlaza el Nodo de acceso del Núcleo con el nodo pasarela hacia redes externas conectadas al sistema UMTS, y ejecuta, básicamente, tareas de control y negociación con ésta. Para ello, hace uso de la estructura de conmutación de circuitos o de paquetes de la red.

En [50] se identifica el tipo de funciones necesarias para el soporte de la Q&S en una red UMTS. Se trata de un modelo genérico, que deja total libertad en cuanto a detalles de implementación, por lo que hay muchos aspectos sin concretar. Estas funciones son proporcionadas por distintas entidades de UMTS. La gestión global conjunta de las mismas asegura las características del servicio negociado entre los puntos de acceso al servicio portador UMTS, y a partir de ahí, la calidad extremo a extremo se proporciona en correspondencia con los servicios externos de UMTS. Se definen tanto para el plano de control como el plano de usuario [48].

# 5.2.1. Clases de tráfico y servicios UMTS

Desde el punto de vista de los requisitos de Q&S, se han definido cuatro clases de tráfico: [14] [15] [48]

- Clase conversacional
- Clase afluente
- Clase interactivo
- · Clase diferida

Dentro de la primera clase se encuadran las comunicaciones de audio y vídeo en tiempo real entre personas. Este tipo de comunicaciones se caracteriza por exigir un retardo extremo a extremo muy reducido, con objeto de que los usuarios no pierdan la sensación de interactividad. Ejemplos de aplicaciones conversacionales son la telefonía, la videotelefonía o la videoconferencia.

En la segunda clase se incluyen las aplicaciones que permiten a los usuarios la descarga de contenidos multimedia (audio y video clips) para su reproducción on-line, con una sensación que, sin serlo, se aproxima a la de tiempo real. El hecho de que la transferencia de información sea unidireccional permite retrasar el instante de inicio de la reproducción posibilitando el empleo de "buffers" relativamente grandes en el extremo receptor para absorber las fluctuaciones de retardo. Ello permite relajar significativamente los requisitos de retardo con respecto a los servicios conversacionales.

La clase de tráfico interactiva, engloba las aplicaciones de acceso remoto a información en la modalidad online, donde el usuario (o una máquina) envía peticiones hacia el equipo remoto esperando que éste le devuelva las respuestas en un tiempo razonablemente reducido. Ejemplos de aplicaciones bajo esta categoría son la navegación web, las consultas a bases de datos o el acceso remoto a ordenadores (telnet).

La última clase da cabida a un número considerable de aplicaciones de datos en las que el usuario no exige una respuesta inmediata por parte de la red, admitiendo retardos que oscilan desde unos pocos segundos hasta incluso varios minutos. Ejemplo de tales aplicaciones son el correo electrónico o la descarga de ficheros, por citar algunas.

#### 5.2.2. Atributos de Q&S

En [50] se define una gran cantidad de atributos de calidad de servicio, así como el rango de valores que éstos pueden tomar. Como se observa en la tabla 5.1, no todos los atributos son aplicables a las cuatro clases de tráfico definidas [14]

Atributos	Conversacional	Afluente	Interactivo	Diferible
Tasa de Bit máxima	X	X	X	Χ
Entrega ordenada	X	X	X	X
Tamaño máximo SDU	X	X	X	X
Información de formato de SDU	X	X		
Ratio de SDUs erróneos	X	X	X	X
Ratio de error de bit residual	X	X	X	X
Entrega de SDUs erróneas	X	X	X	X
Retardo de transferencias	X	X		
Tasa de bit garantizada	X	X		
Prioridad de tráfico			X	
Prioridad de asignación/retención	X	Χ	Χ	X

Tabla 5.1 Atributos de Q&S en UMTS

### 5.2.3. Q&S en las aplicaciones

Estos se pueden clasificar según su tipo de tráfico, claro si, que esto no está estandarizado para UMTS, por lo cual, una aplicación interactiva podría usar perfectamente un portador de la clase de tráfico conversacional si la aplicación o el usuario tuvieran unos requisitos estrictos de retardo [48].

En la tabla 5.2, se puede apreciar una simple correspondencia entre servicios y clases.

Tolerante a errores	Voz y Vídeo Conversacional	Mensajería de voz	Voz y Vídeo Afluente	Fax
No tolerante	Telnet,	Comercio electrónico	FTP, fotografías	Notificación de recepción de E-
a errores	Juegos interactivos	Navegador WWW	Radiobúsqueda	mail
	Conversacional	Interactivo	Afluente	Diferible
	(retardo << 1 s)	(retardo aprox. 1s)	(retardo < 10 s)	(retardo > 10 s)

Tabla 5.2 Clasificación de aplicaciones en UMTS

# 5.3. Seguridad del sistema UMTS.

La seguridad siempre ha y será un punto importante en las redes móviles, ya que son las fáciles de acceder de forma intencional o casual.

En la primera generación la seguridad era prácticamente nula, solo utilizaban un sistema de seguridad dedicado, el cual se utiliza para conexiones de radio del tipo punto a punto.

En el caso de GSM la seguridad se concentra en la trayectoria de radio, es decir, en las redes de acceso. Sin embargo, UMTS no se quedo atrás, ampliando la cobertura de seguridad en su sistema. Debido a que UMTS integra las telecomunicaciones y las comunicaciones de datos, en una sola, y con esto surgen nuevas amenazas para la seguridad. En el campo de protocolo de internet, siempre se han presentado amenazas a su seguridad, por lo cual se desarrollo mecanismo de defensa.

# 5.3.1. Arquitectura de seguridad

La arquitectura general de UMTS se puede definir utilizando un modelo de dominios, capas y puntos de referencia. Un dominio es una agrupación de nodos físicos. Los puntos de referencia se definen entre pares de dominios [51] [52].

En la figura 5.2, se especifica un esquema en que muestra la arquitectura de seguridad de UMTS y las tres capas principales de la arquitectura de seguridad UMTS:

- 1. Capa de transporte, es la capa inferior y contiene terminal móvil (UE o MT), red de acceso (AN) y red servidora (SN).
- 2. Capa sesión, es la intermedia y contiene Terminal de Equipo (TE), Módulo de Identidad del Subscriptor de UMTS (USIM), SN y Interfaz Aérea (HE).
- 3. Capa de aplicación, es la superior y contiene las aplicaciones del usuario y las aplicaciones del proveedor.

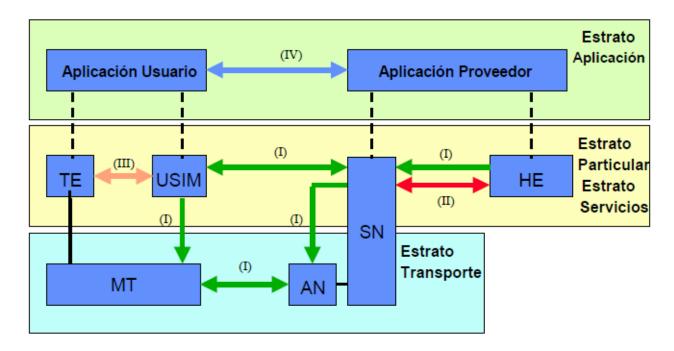


Figura 5.2 Arquitectura de seguridad de UMTS

El la figura se pueden apreciar distintos colores de flechas con números romanos, las cuales tienen su significado [51]:

- I Seguridad de acceso a Red, es un conjunto de funcionalidades que ofrecen al usuario acceso seguro a los servicios de UMTS y en particular protección contra los ataques a la conexión de radio.
- Il Seguridad del dominio de red, consiste en una gran cantidad de funcionalidades que permiten a los nodos del dominio del proveedor intercambiar información de señalización de forma segura y además ofrecer protección contra ataques a la red.
- III Seguridad del dominio del usuario, el cual ofrece un conjunto de funciones de acceso de seguridad a los terminales móviles.
- IV Seguridad del dominio de aplicación, entrega un conjunto de funcionalidades que permiten el intercambio seguro de mensajes entre aplicaciones del dominio de usuario y del proveedor.

#### 5.3.2. Seguridad de acceso

De todos los cambias que han ocurrido en las telecomunicaciones móviles, siempre seguirá siendo necesario la autentificación de los usuarios finales del sistema para evitar que un impostor realice llamadas con cargo de otro usuario.

La confiabilidad de las llamadas de voz se protege en la RAN, del mismo modo que se protegen los datos transmitidos por los usuarios, lo que conlleva a decir, que el usuario controla con quién se quiere comunicar.

En este mismo ámbito, los operadores de la red consideran que es importante la fiabilidad de las prestaciones de la red, por lo cual, necesitan controlar el interior de la red para conseguir que el funcionamiento sea eficiente. Esto es lo que garantiza una comprobación de la integridad de la señalización de la red de radio, en la que se comprueban todos los mensajes de control con el fin de garantizar que han sido creados por elementos autorizados de la red, es decir, la comprobación de integridad protege la red contra la manipulación de un mensaje, para que nadie inserte, elimine o sustituya un mensaje correcto [5].

La herramienta de seguridad más importante para los operadores de red y los abonados es la Criptografía, un mecanismo basado en diferentes técnicas nacidas de la ciencia y el arte de la escritura secreta. No cabe duda de que en ocasiones resulta muy útil hacer

deliberadamente que una comunicación resulte incomprensible, el cual, es el modo más eficiente de proteger las comunicaciones de actos malintencionados [51].

# 5.3.2.1. Autentificación y criptografía

La autentificación en su esencia utiliza un mecanismo de clave maestra K, que comparte el USIM del usuario y la base de datos de la red base. Se trata de una clave permanente secreta de una longitud de 128 bits. La clave K nunca se hace visible, es por lo cual, que ni siquiera el usuario puede saber cuál es.

Al mismo tiempo que se obtiene la autentificación mutua, se obtienen claves de cifrado y se realiza la comprobación de la integridad. Estas claves son temporales y de misma longitud que la clave muestra. Durante cada autenticación se obtienen nuevas claves a partir de la clave permanente K.

El proceso de autenticación puede comenzar después de que el usuario sea identificado en la SN. La identificación tiene lugar cuando se transmite la identidad del usuario al Registro de Posiciones de Visitantes (VLR) o al SGSN.

Al enviar la solicitud de datos de autentificación al Centro de Autentificación (AuC), este guarda las claves maestras de los usuarios y, basándose en el conocimiento de la Identidad Internacional de Abonado Móvil (IMSI), el AuC puede generar los vectores para el usuario, este proceso engloba la ejecución de varios algoritmos de criptografía. Los vectores generados se envían de vuelta al VLR o SGSN con la respuesta de los datos de autentificación. A grandes rasgos se le puede considerar a esto, el mecanismo de Autentificación y Acuerdo de Clave (AKA) [5] [52].

En el SN, se necesita de un vector cada vez que sea necesario autentificar, es decir, cada vez que sea necesario ejecutar este proceso, de modo que no es necesario la señalización entre SN y AuC para cada caso de autentificación, y que en principio, después del primer registro se puede realizar con independencia de las acciones de usuario. De hecho, el VLR o SGSN debe solicitar nuevos vectores de autentificación al AuC antes de que se agoten los que tienen almacenados.

Sin embargo el SN envía una solicitud de autentificación de usuario al terminal, el cual es un menaje que contiene dos parámetros del vector de autentificación, llamados RAND y

AUTN, que son transferidos a cualquier USIM que exista en el entorno resistente a alteraciones. El USIM al contener la clave maestra K, y utilizándola con los parámetros RAND y AUTN como entrada, el USIM realiza un cálculo de forma parecida a cómo se generan los vectores de autenticación en el AuC, en donde también, se utilizan varios algoritmos. Con estos cálculos el USIM puede saber si el parámetro AUTN se generó en el AuC, si fuese así, el parámetro RES se envía de vuelta al VLR o SGSN en la respuesta de autenticación de usuario. Con esto, el VLR o SGSN puede comparar la respuesta del usuario RES con la respuesta XRES esperada, que forma parte del vector de autenticación. Si ambos coinciden, el proceso de puede dar por finalizado.

En consecuencia del proceso de autenticación se generan las claves para el cifrado de RAN y la protección de la integridad (CK e IK). En donde Clave de Cifrado (CK) es un parámetro de entrada, al igual que la Clave de Integridad (IK) [51].

En la figura 5.3, se puede apreciar este proceso de autenticación, en donde se realiza la solicitud y respuesta de autenticación del usuario.

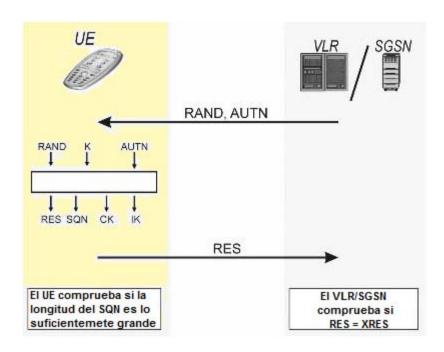


Figura 5.3 Solicitud y respuesta de autenticación de usuario

La criptografía para la autenticación del usuario, consiste seleccionar números de secuencia en orden ascendente, en que la finalidad de los números de secuencia es probar más adelante al usuario que los vectores de autenticación generados son frescos, o que no han sido utilizados con anterioridad. En conjunto a la elección de números de secuencia, se genera una cadena de bits aleatoria RAND, lo cual ocurre, utilizando un generador pseudoaleatorio que produce grandes cantidades de bits impredecibles cuando tiene disponible una fuente aleatoria física de la que alimentarse [5].

# 5.3.2.2. Cifrado en UTRAN

Una vez que el usuario y la red se han autentificado entre sí, se puede comenzar a proteger la comunicación. En donde UMTS utiliza el cifrado de flujo para la protección de UTRAN. El cual consiste en que datos de textos que no estén cifrados se le añade bit por bit un dato de máscara de apariencia aleatoria, los cuales son generados por el CK y otros parámetros. El descifrado de estos datos se realiza de la misma forma, agregando datos de mascara, ya que esto resulta igual que sumar ceros.

El cifrado se realiza en la capa de Control de Acceso al Medio (MAC) o bien en la capa de Control de Radioenlace (RLC). En ambos casos, existe un contador que cambia cada unidad de datos de protocolo, como es el número de trama de conexión en la MAC y el número de secuencia RLC en RLC. Claro si, que estos contadores tienen un problema, que son demasiado cortos, es por eso que cuando estos terminan su ciclo se les agrega otro contador más largo, que es el Número de Hipertrama (HFN).

Es importante destacar, que este último contador también puede terminar su ciclo, pero se reinicia siempre que se genera una nueva clave durante el procedimiento de AKA, es por esto, que es casi imposible que termine su ciclo, ya que se realizan autentificación frecuentemente.

La función f8, es el algoritmo de cifrado de la máscara, el cual se basa en un cifrado por bloques llamado Kasumi, en donde se convierte una entrada de 64 bits por una salida de la misma cantidad, a su vez tiene la particularidad de entregar salidas de múltiplos de 64 y cifra bloques de 1 a 20.000 bits de longitud. El encargado de controlar la conversión que realiza Kasumi es un CK de 128 bits [53].

# CAPÍTULO VI: EVOLUCIÓN DE LA TELEFONÍA MÓVIL EN CHILE Y PARA DONDE VAMOS

Resumen: el presente capítulo en el apartado 6.2, hace referencia a la historia de las comunicaciones móviles en Chile, desde la licitación de las primeras bandas de frecuencia hasta lo que está ocurriendo en la actualidad, por lo mismo el apéndice 6.3 nos da a conocer los pasos que ha dado la telefonía móvil por sus tres generaciones, y en 6.4 se analiza lo que pasará con la telefonía móvil en este país, y en el inciso 6.5 se hace un breve análisis del estado actual del mercado nacional, teniendo en cuenta el número de abonados existente hasta hoy, la penetración de los teléfonos móviles por cada 100 habitantes, entre otros.

Summary: the present chapter on paragraph 6.2 makes reference to the history of mobile communication in Chile, from the tender of the first frequency bands until what is happening nowadays. Following this idea, paragraph 6.3 makes us aware of the steps mobile telephony has had throughout its three generations. On 6.4 we analyze what is mobile telephony in Chile's next steps. On extract 6.5 a brief analysis of the current state about the national market, having in mind the number of subscribers until today, the penetration of mobile phones per 100 inhabitants, among others.

#### 6.1. Introducción

Chile hoy en día es uno de los países más avanzados en telefonía móvil de Latinoamérica, lo cual queda demostrado al ser el primero en implementar tecnología de segunda generación en el año 1997, y en el 2006 la red de HSDPA.

Pero todo esto tuvo su comienzo a mediado de la década de los 80', en donde se realizó la primera licitación para las frecuencias que cubrieran todo el país.

Este capítulo nos entregará información de todo lo que ha ocurrido en Chile desde el momento en que se realizó la primera licitación de frecuencia en la década de los 80', pasando por lo que ocurre actualmente en el país, y hasta lo que pasará en un corto plazo. Y dando una breve descripción de las tecnologías que fueron utilizadas y que aún están en funcionamiento.

#### 6.2. Historia de la telefonía móvil en Chile

La telefonía móvil en Chile surgió a mediado de la década de los 80', ya que el gobierno de esa época licita las frecuencias necesarias para cubrir el territorio nacional, de las cuales dos

eran para la región metropolitana y dos para el resto del país. Las frecuencias fueron adquiridas por CTC Celular y CIDCOM Celular, ambas en región metropolitana y V región, y Telecom Celular con VTR Celular las otras dos frecuencias para el resto del país, en el año 1989. Los cuales entregaban servicios de primera generación, conocido como Sistema de Telefonía Móvil Avanzada (AMPS) [54] [55].

A mediados de la década del 90', el mercado de la telefonía móvil sufrió modificaciones, con el fin de ampliar la cobertura de sus clientes y rebajar costos, CTC Celular adquiere VTR celular, naciendo así, Startel la primera empresa de telefonía móvil Chilena con cobertura a lo largo de todo el país.

Si bien el crecimiento de este sistema fue lento, no fue hasta el año 1997 que la Subsecretaria de Telecomunicaciones (Subtel), abrió un concurso público para asignar tres licencias nacionales de segunda generación o PCS, las cuales fueron adquiridas por Entel PCS, Entel Telefónica Móvil y Chilesat PCS, siendo las dos primeras una sola empresa. Los cuales entregaban servicio con la tecnología TDMA (Entel PCS y Entel Telefónica Móvil) y CDMA (Chilesat PCS). Pero en 1998 con la aparición de los teléfonos prepagos comenzó un gran aumento en el interés de los usuarios por adquirir este tipo de servicio, y sumado a esto, al año siguiente se realiza un cambio en las políticas tarifarias de este servicio, apareciendo lo que conocemos hoy en día como "el que llama paga" [54] [55].

De esta manera en el año 1999, ya existían 4 compañías que entregaban el servicio de telefonía móvil. De las cuales se encontraban Entel PCS (antes Telecom Celular), Chilesat PCS (pasa a ser Smartcom y por último Claro Chile), Bellsouth (antes CIDCOM Celular) y Startel (que paso a manos de Telefónica móvil), fusionándose estas dos últimas en Movistar en el año 2003.

Esto implicó mayor competencia entre las empresas, y así intentando mejorar sus sistemas día a día. Es así como en el 2001 aparece el primer servicio de GPRS en Chile y dos años después la red EDGE.

Sin embargo, el año 2006 se implementó el primer sistema de tercera generación en Chile y Latinoamérica, con una red de HSDPA, por la empresa Entel PCS. Y hoy en día las tres empresas más grandes de telefonía móvil imparten 3G a sus usuarios.

#### 6.3. Telefonía móvil en Chile

La telefonía móvil en Chile ha pasado por las tres generaciones existentes hasta el día de hoy. Es por esto, que es importante hacer una breve descripción de las tres etapas de la telefonía móvil en éste país.

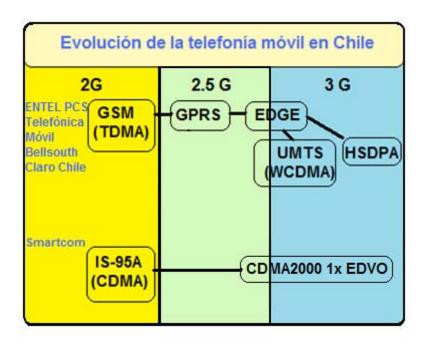


Figura 6.1 Evolución de la telefonía móvil

Como se puede apreciar en la figura 6.1, la evolución de la telefonía móvil en Chile a tomado varios caminos, desde el momento que se implementó segunda generación, si bien como se ha relatado antes Chilesat PCS, con su ingreso implementó CDMA en nuestro país, al pasar a manos de Smartcom continuó con la misma tecnología llegando a implementar la primera red de 3G en Chile en el 2004, pero al ser adquirido por América Móvil o Claro Chile en el 2006, cambió todo su sistema al estándar Europeo, ya que éste es el que utiliza en el resto de América Latina.

#### 6.3.1. Primera generación

La primera generación fue implementada en el año 1989 con la tecnología AMPS, la cual era un sistema análogo, sin mayores servicios más que emisión y recepción de voz. Este sistema fue creado por el laboratorio del Bell en Estados Unidos en 1982. Este sistema dividía el espacio geográfico en una red de células, de tal forma que la célula adyacente nunca trabaje

con la misma frecuencia para no producir interferencia. Las estaciones bases emitan la información a baja potencia, ya que esto les permitía poder reutilizar la frecuencia, pero le significaba utilizar más estaciones bases y esto producía mayor costo [56].

Para poder establecerse la comunicación entre usuarios que ocupan distintas celdas se interconectan todas las estaciones base a una Oficina de Conmutación de Telefonía Móvil (MTSO), también llamado Centro de Conmutación Móvil (MSC).

Este sistema trabajaba en la banda de los 850MHz, y la norma que se regía en aquella fecha en Chile, solo dejaba que las empresas concesionarias optaran a un bloque de 25 MHz por zona, como se aprecia en la figura 6.2 [54].

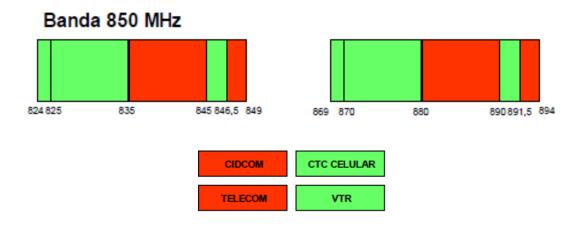


Figura 6.2 Banda de frecuencia 1G

# 6.3.2. Segunda generación

En el comienzo de la segunda generación en Chile, se utilizaron dos tecnologías distintas, TDMA y CDMA. Estos tipos de tecnología prácticamente ya están obsoletas en Chile, ya que el último proveedor de servicio que aún proporcionaba esta tecnología la eliminó a comienzo del año 2009.

El año 1997 que se realizó la licitación de las frecuencias, en donde participaron Entel PCS, Entel Telefonía móvil, Chilesat PCS y CTC Celular. Las tres primeras se adjudicaron bloques de 30 MHz en la banda de frecuencia de los 1900 MHz.

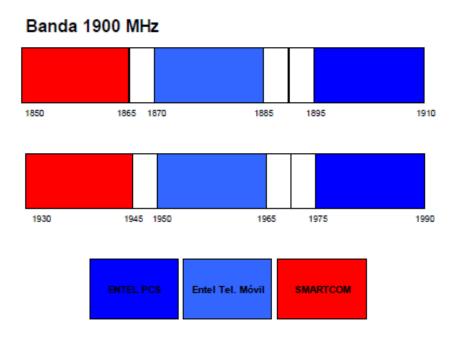
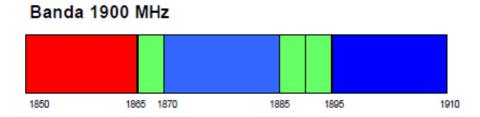


Figura 6.3 Banda de frecuencia 2G

En marzo 1998 la empresa Entel PCS inició la entrega de servicios de 2G, y en agosto lo siguió Chilesat PCS. En este mismo año, Entel PCS compró el 75% de las acciones de Entel Telefonía móvil y con esto Entel PCS queda con dos bloques de 30MHz. Al año siguiente Smartcom compra Chilesat PCS. En este mismo año se realizó un cambio en la política tarifaria, lo que produjo la saturación de las bandas que utilizaban Telefónica móvil y Bellsouth. Ambas empresas pidieron a Subtel, que se entreguen libremente los bloques de frecuencia que quedaban libres en la banda de los 1900 MHz, lo cual produjo un cambio en el sistema regulatorio. Si bien ambas empresas (hoy Movistar), se quedaron con el bloque de espectro de 30 MHz en la banda de 1900, tuvieron que entregar 25 MHz en la banda de 850, los cuales fueron licitados por Smartcom (hoy Claro Chile), quedando distribuidas las frecuencias como se muestra en la figura 6.4.



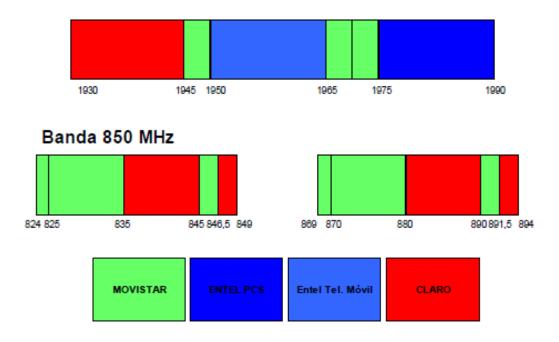


Figura 6.4 Licitación de espectros del 2006.

#### 6.3.2.1. GPRS en Chile

En el primer capítulo se hace referencia a la arquitectura de este servicio y su funcionamiento, el cual se considera como evolución de GSM, lo que se denomina como 2.5G. Esta fue implementada en Chile el año 2001, siendo hoy en día una de las tecnologías más utilizadas en conjunto con EDGE en Chile y el mundo.

Las bandas de frecuencia que utiliza este tipo de tecnología son la que se aprecian en la figura 6.4, en donde los tres operadores de servicio del país entregan este servicio.

#### 6.3.2.2. EDGE en Chile

Al igual que GPRS, en el primer capítulo se realiza una descripción de esta tecnología que es considerada la evolución de GPRS y la puerta de entrada para UMTS. EDGE o Datos Mejorados para la Evolución de GSM no cambia mucho con GPRS, su principal diferencia es la modulación que utilizan ambos sistemas.

Esta evolución nace en Chile en el año 2003 y utiliza las mismas bandas que GPRS o GSM.

## 6.3.3. Tercera generación en Chile

Si bien en la figura 6.1, se hace referencia a CDMA2000 1x EDVO implementada por Smartcom en septiembre del 2004, no tuvo mayor relevancia en el país, ya que al ser adquirido por Claro Chile modificó todas sus redes a GSM, para llegar a UMTS [57].

La primera red de tercera generación con HSDPA implementada en Latinoamérica fue por una empresa chilena, en diciembre del 2006, siendo ésta Entel PCS, en las comunas de Las Condes, Providencia y Vitacura, bajo el nombre de 3.5G.

Si bien la implementación de 3.5G en Chile, fue la primera en Latinoamérica, Entel PCS se saltó un paso, que es la implementación de todos sus sistemas a 3GPP v99, lo cual está realizando este año, modificando todos sus núcleos de red y nodo B.

La implementación de este servicio ha llevado a un problema en Chile, que son las bandas de frecuencia, ya que si bien, 3GPP entrega nueve diferentes bandas para poder ser utilizadas en UMTS (véase 3.2.3.1.), en este país solo existen dos bandas licitadas, las de 850 MHz y 1900 MHz, siendo ambas utilizadas para GSM, lo que ha hecho que se abra la nueva banda de los 2100 MHz, la cual entró en licitación el pasado mes de abril; en el próximo capítulo se realizará una extensión del tema [13] [54]. Referente a esto, Entel PCS es el único que tiene especificado un espectro de frecuencia de 5 MHz para UMTS en la banda de los 1900.

Hoy en día los tres proveedores de servicio entregan tecnología de tercera generación en casi todo el país, enfocados en su mayoría a conexión inalámbrica de internet. En el caso de Entel PCS entrega servicios de 200, 400 y 700 Kbps de bajada y 64 Kbps de subida, Claro Chile entrega servicios hasta 700 Kbps de bajada y 64 Kbps de subida, y en el caso de Movistar de 200, 400 y 700 Kbps de bajada y 64 de subida. Alguno de los modem que se utilizan los proveedores de servicio se pueden apreciar en la figura 6.5, los cuales son compatibles con HSDPA/EDGE/GPRS [58] [59] [60].



Figura 6.5 Modem para PC

A su vez, Claro Chile y movistar estragan planes de datos y de minutos con equipos de tercera generación, como es el caso de Nokia, Blackberry, IPhone de Apple, Samsung, entre otros.

Sin embargo, hasta el momento todos estos equipos tienen restricciones, ya que no existe un cien por ciento de cobertura a nivel nacional con 3G, solamente en las ciudades más grandes del país. En este caso al ser los equipos compatibles con GPRS/EDGE/HSDPA, pueden cambiar de una tecnología a otra sin problema, pero con el problema de la variante de la velocidad, ya que si bien con HSDPA los proveedores se servicio entregan una conexión máxima de 700 Kbps, al pasar a EDGE bajan entre 30 a 150 Kbps o en el peor de los casos a GPRS con velocidades promedio que no superan los 60 Kbps [61].



Figura 6.6 Equipos de 3G

### 6.4. Qué pasará en Chile

A nivel mundial se están estudiando varios tipos de tecnologías avanzadas de mayor velocidad y capacidad que las actuales implementadas, pero no se espera hasta después del 2010 que se comience a trabajar con 4G en algunos países del mundo.

Y ¿qué pasa con Chile?, si bien hace unos algunos años se comenzó a utilizar telefonía móvil de tercera generación, aún no se ha implementado en su totalidad en el país, ya que hoy solo existe este servicio en las ciudades de mayor población del país.

También este año Inverca Telecom, empresa chilena asociada al operador WiMax de Malasia Packet One, implementará WiMax en toda la zona rural de país, con esto se pretende la conectividad de casi 3 millones de personas a internet inalámbrico. Si bien esto no presenta mayor relevancia en el área de la telefonía móvil, existe la idea de poder implementar por medio de esta misma red Voz sobre IP, así implementando WiMax móvil, lo cual sí cambiaria la situación actual de la telefonía móvil [62].

Entel PCS proyecta comenzar a probar la tecnología Long Term Evolution (LTE) en el mes de julio con equipos Ericsson, pero está esperando la aprobación de Subtel. Lo que se pretende por esta empresa es lanzar LTE en la banda de los 700 MHz, la cual es adecuada para obtener mayor cobertura. El problema de esto es que esta banda aún no ha sido abierta para ser licitada, por lo cual la empresa espera que se lance la licitación de la banda. Si fuese así, se podrían alcanzar velocidades entre los 140 – 233 Mbps, lo cual es muy superior a lo que se conoce actualmente en internet por red fijo (ADSL) [63].

Referente al proyecto que tiene Entel PCS, la Subtel comunicó que se pretende que a fines de año se pueda abrir la banda de 2600 MHz para ser licitada, pero eso iba a depender que ocurra en la licitación del 20 de julio de este año con la banda 1700/2100 [64].

Para el segundo semestre del 2010, se espera que se implemente el sistema de portabilidad numérica, el cual consiste en que los usuarios que deseen emigrar de su proveedor de servicio a otro, no sea necesario cambiar de número telefónico. Es importante destacar, que los operadores no están muy conformes con esto ya que implica un gran gasto para ellos [65].

#### 6.5. Estado actual del mercado nacional

Actualmente, los operadores de telefonía móvil en Chile son: Movistar, Entel PCS, Claro y Nextel. Entregando los tres primeros telefonía móvil de 2G y 3G [66].

En donde Nextel entró en servicio el año 2000 ofreciendo servicio analógico hasta el año 2006, a partir de ahí la compañía ofrece servicios de comunicación integradas (Trunking Digital): Conexión Directa, conexión directa internacional, servicio de mensajería, acceso desde y hacia la red telefónica. Los servicios de Nextel Chile son ofrecidos en la región metropolitana en Santiago, y en Viña del Mar, Valparaíso, y la ruta que conecta las tres áreas [67] [68].

En el gráfico 6.1, se puede apreciar el porcentaje de penetración en el mercado nacional de los distintos proveedores de servicio de telefonía móvil. De las cuatro empresas que se aprecian en el grafico, solo tres de ellas entregan telefonía móvil de tercera generación. Esta estadística es el mes de abril del presente año [66].

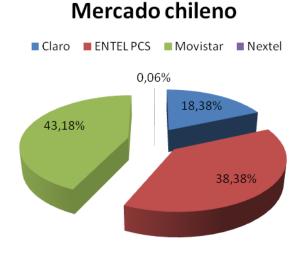


Gráfico 6.1 Proveedores de servicio

En el gráfico 6.2, se puede apreciar el incremento del número de abonados existente en el país, desde mayo del 2008 hasta abril del 2009, en donde al mes de abril alcanzan los 14.876.517 de usuarios, tanto como de contrato y prepago, de los distintos proveedores de servicio [66].

# Abonados a nivel nacional



Gráfico 6.2 Abonados a nivel nacional

En el gráfico 6.3, se aprecia el aumento de la penetración por cada 100 habitantes, que ha tenido el país en este último año, alcanzando cifras del 88.24% en el mes de marzo del presente año [66].

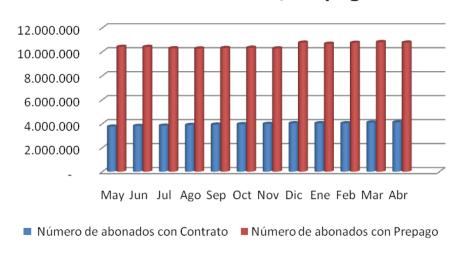
# Penetración cada 100 hab. 08 - 09



Gráfico 6.3 penetración cada 100 habitantes

En el gráfico 6.4, se aprecia la brecha que existe entre los abonados por contrato y prepago, desde mayo de 2008 hasta abril de 2009, alcanzando este último mes 4.112.436 y 10.764.081, respectivamente [66].

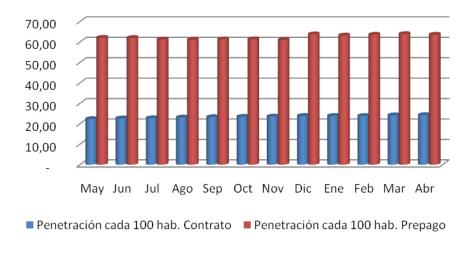
# **Abonados Contrato/Prepago**



**Gráfico 6.4** abonados contrato – prepago

En el gráfico 6.5, se aprecia la penetración cada 100 habitantes según abonados por contrato o prepago, desde el mes de mayo de 2008 hasta abril de 2009, alcanzando en abril cifras del 24,33% y 63,69%, respectivamente [66].

# Penetración cada 100 hab.



**Gráfico 6.5** Penetración cada 100 hab. Contrato – prepago

En el gráfico 6.6, se aprecia el gran incremento del envió de SMS en el último años, alcanzó cifras de 1.481.557.346 mensajes de texto [66].

# N° de SMS

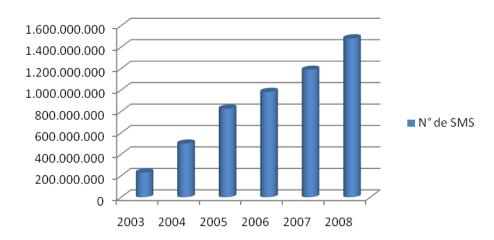


Gráfico 6.6 Número de SMS del 2003 a 2008

# CAPÍTULO 7: MARCO REGULATORIO Y LEGAL DE LA TELEFONÍA MÓVIL EN CHILE

Resumen: este capítulo hace referencia al marco regulatorio existente hoy en Chile, y a su vez, comenta la ley 18.168 general de las telecomunicaciones, de 1982. Por esto en el apartado 7.2 se comenta esta ley, observando las implicancias que esta tiene en el mercado de la telefonía móvil. En 7.3 hace referencia al marco regulatorio que rige en Chile, teniendo en cuenta las frecuencias ya licitadas y las que están por hacerse, y sus aspectos principales.

Summary: this chapter makes a reference to the current Chilean regulatory framework and it also makes reference to the 18.168 general statute of telecommunication from year 1982. This is why on paragraph 7.2 this statute is commented, observing the implications that this statute has on the mobile phone market. On paragraph 7.3 a reference is made to the regulatory framework that currently governs in Chile. Keeping in mind the already tendered frequencies and those who are about to be tendered. Their main aspects are also included in the comments.

#### 7.1. Introducción

En Chile, desde 1982 existe una ley referente a las telecomunicaciones, cual al pasar de los años ha sufrido amplias modificación, ya sea por los grandes avance que se han realizado en ésta en los últimos 20 años o porque es necesario realizarse cada cierto tiempo para llevar una estricta regularización.

Al igual que la ley general de las telecomunicaciones existe un marco regulatorio, el cual regula a las proveedores de servicio que cumplan con la ley a su cabalidad, y con los contratos ya adquiridos anteriormente con la entidad a cargo en el país.

Es por la función que cumple cada uno de estas, que es importante destacar lo que hacen.

# 7.2. Que nos dice: ley general de las telecomunicaciones

Si bien, la ley 18.168 en el artículo 1 se define a sí misma, no es hasta el artículo 3 letra (b), en donde define la telefonía móvil como servicio público de telecomunicaciones.

Además, el Artículo 6º dice que corresponderá al Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, a través de la Subsecretaria de Telecomunicaciones, la aplicación y control de la presente ley y sus reglamentos. También, que estas entidades les compete

exclusivamente, la interpretación técnica de las disposiciones legales y reglamentarias que rigen las telecomunicaciones, sin perjuicio de las facultades propias de los tribunales de justicia y de los organismos especiales creados por el decreto ley 211, de 1973.

El control de todo o parte de las telecomunicaciones, durante estados de excepción constitucional, estará a cargo del Ministerio de Defensa Nacional, en la forma establecida en la legislación correspondiente.

Sin embargo, lo más relevante de la ley es el tema de las concesiones, ya que el artículo 8 nos dice: "Para todos los efectos de esta ley, el uso y goce de frecuencias del espectro radioeléctrico será de libre e igualitario acceso por medio de concesiones, permisos o licencias de telecomunicaciones, esencialmente temporales, otorgadas por el Estado" [68].

Las concesiones se otorgan a personas jurídicas. El plazo de las concesiones se consta desde la fecha en que el respectivo decreto supremo se publique en el diario oficial, hasta cumplir los 30 años y pueden ser renovadas por períodos iguales. Si no publica en el diario oficial dentro del plazo de 30 días, se producirá la extinción de la concesión.

A quienes le ocurra la último señalado no se le podrá otorgar concesión o permiso alguno dentro de los 5 años siguientes a la fecha en que quedó anulada la concesión [68].

Esta establece criterios objetivos y no discriminaros para la otorgación de concesiones y solo por razones técnicas, como ocurre en la telefonía móvil, puede limitarse el número de operadores. La ley define normas de continuidad, calidad del servicio y tarifas, y los concesionarios están obligados a cumplir estos requisitos en un plazo definido [69].

# 7.3. Marco regulatorio

El encargo de regular en el área de las telecomunicaciones es la Subsecretaria de Telecomunicación del Ministerio de Trasporte y Telecomunicaciones, la cual cumple la función de fiscalizar, licitar los espectros de frecuencia, cumplimiento de la ley general de las telecomunicaciones, entre otras.

Dos grandes tareas estipulan la regulación de las telecomunicaciones. Una es la regulación tarifaria y de calidad de servicio de las actividades con poder de mercado, y la otra es el desarrollo de las telecomunicaciones y el uso de nuevas tecnologías [70].

El marco regulatorio chileno se rige por aspectos principales. En primer lugar, que desde 1992 en Chile no existe exclusividad en el otorgamiento de licencias de operación de servicios de telecomunicaciones, se le entrega al que lo solicite, sin considerar si es una empresa nacional o extranjera. La excepción corresponde a la licitación de bloques del espectro radioeléctrico, las que se llevan a cabo a través de concurso público. La regulación es simétrica en términos de que no pueden existir privilegios para ningún operador, y esto se basa en principios constitucionales en el sentido de que a nadie se le puede negar realizar actividades económicamente lícitas. Se permite que las tarifas sean establecidas libremente por los operadores, siempre y cuando estén dentro de un rango aceptable. El Estado solamente interviene en aquellas áreas, en las cuales la operación del mercado por sí solo no es suficiente para asegurar una asignación óptima de recursos. Es decir, la regulación interviene para corregir principalmente situaciones de mercados con características de monopolio natural, externalidades u otras imperfecciones de mercado [2] [71].

# 7.3.1. Bandas de frecuencia existentes y en licitación

Como se mencionó en el capítulo anterior hasta el momento existen dos bandas de frecuencias licitadas, las cuales son para telefonía móvil de segunda generación.

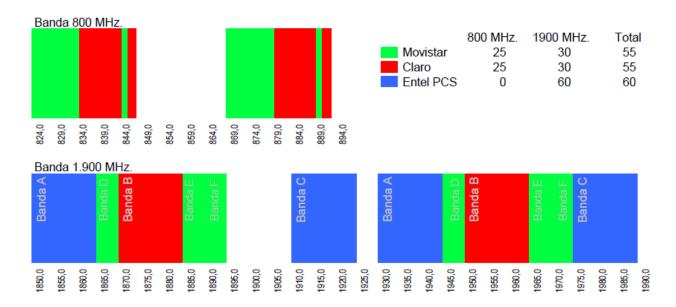


Figura 7.1 Banda 800/1900 MHz

En el caso de tercera generación, la norma técnica del servicio público de Telefonía Móvil Digital Avanzado, se estableció mediante Resolución Exenta Nº1.144 de 26 de

septiembre de 2000 y modificada por la Resolución Exenta Nº596 de 27 de abril de 2007, ambas de Subtel. En dicha norma se establece que las bandas a licitar mediante concurso público para otorgar nuevas concesiones, es el comprendido entre 1.710 - 1.770 MHz y 2.110 - 2.170 MHz, de las cuales se reservarán para un posterior concurso las bandas 1.755-1.770 MHz y 2.155-2.170 MHz, es decir, se encuentra disponible un ancho de banda de 90 MHz para 3G. Además, se señala en dicha norma que no existen impedimentos para el uso de las frecuencias de las bandas 800 y 1.900 MHz para ofrecer servicios 3G [72]. Como se aprecia en la figura 7.1.

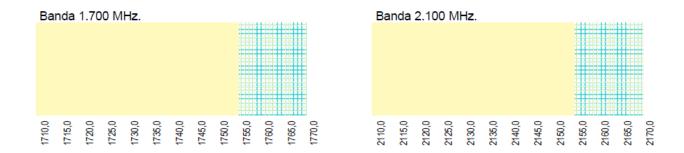


Figura 7.2 Banda 1700/2100 MHz

De los 90MHz disponibles, 45MHz para enlace descendente y 45MHz para enlace ascendente, de los cuales Subtel reserva 60MHz para un nuevo operador que se dedique principalmente a ofrecer servicios de tercera generación, mientras que los otros operadores competirían por los restantes 30MHz [73].

Sin embargo, en un intento por atraer un quinto operador móvil al mercado, que se concentraría en la oferta de servicios de datos móviles, la Subtel impuso un límite de 60MHz a los operadores existentes. Entel PCS ya cuenta con 60MHz, en tanto Movistar y Claro tienen 55MHz cada uno [74], pero si algún operador quisiera licitar en esta banda y acumula más de 60MHz será obligado a devolver espectro de otras bandas al Estado.

Esto último abre un dilema dentro de los operadores, debido a la restricción de espectro en la banda de frecuencia, ya que no les permite amentar sus servicios en ancho de banda móvil, por aquello Entel PCS discrepa de las acciones del regulador en Chile, ya que a comparación de países Europeos, Asiáticos y Estados Unidos, el mínimo de espectro que

tienen los operadores es 100 MHz y algunos alcanzan los 300 MHz, así pudiéndose mejorar los servicios.

Referente a la concesión del 20 de julio existen doce empresas que compraron las bases para la licitación, las cuales son:

- AT&T International
- Claro Chile S.A.
- Empresas Chile.com S.A.
- Entel PCS
- Grupo GTD S.A. (GTD Móvil)
- Millicom International Cellular S.A. (TIGO)
- Movistar
- Nextel Chile S.A.
- Orange International Inc.
- Telsur S.A. (Telsur)
- Virgin Mobile Holding S.A.
- VTR Banda Ancha S.A. (VTR Móvil)

Este espectro radioeléctrico se asignará a la empresa que ofrezca en el concurso público la mayor cobertura desplegada en el menor tiempo posible, lo que garantiza que los servicios puedan llegar a todas las regiones y no concentrase solo en Santiago o en las grandes urbes.

Según Subtel solo existen cinco empresas con mayor interés en poder hacer posible este proyecto, de tal magnitud. Debido a esto VTR Móvil filial de VTR banda Ancha S.A., es un de las favoritas para adjudicarse el espectro radioeléctrico en licitación.

# **CONCLUSIONES**

#### • Conclusiones Teóricas

Los grandes cambios realizados en las telecomunicaciones y en particular en la telefonía móvil, son en su mayoría por la necesidad de los usuarios de obtener servicios de mejor calidad, en lo que incluye mayor velocidad, ya que en el mundo que estamos insertos cada minuto es transcendental.

Referente a lo anterior, el surgimiento de UMTS cambio por completo la perspectiva de la telefonía móvil en el mundo, ya sea por su complejo funcionamiento o simplemente por las aplicaciones que este sistema nos entrega como usuario. Hace años atrás, quien se imaginaría que un equipo móvil no solo serviría para realizar llamadas, sino que además cumpliría múltiples funciones, tal como video conferencia. Todo esto debido al complejo sistema de acceso radio que permite velocidades nunca esperadas en los sistemas anteriores.

El Sistema de Telecomunicaciones Móviles Universal logró que la compatibilidad entre sistemas, lo cual no ocurrió en entre la primera y segunda generación. Esto se debe al desarrollo de su estructura, que está basada en la arquitectura de GSM.

La arquitectura de UMTS tiene la particularidad de poder integrar una mayor cantidad de usuarios a diferencia de GSM, esto genera un problema denominado Cell Breathing, que a mayor cantidad de usuarios disminuye la distancia de radiación del nodo B y a menor número de usuarios ocurre lo contrario. Por esto se restringe en la mitad la cantidad de usuarios permitidos por célula.

En algunas fuentes bibliográficas se habla de HSDPA como una evolución de UMTS, pero a lo que respecta este trabajo da a conocer que realmente no es así, sino que HSDPA es una evolución de la tecnología de acceso radio que utiliza UMTS en su dominio UTRAN, que es WCDMA. Claro que esta evolución tiene algunas desventajas como es el caso de la distancia que existe del nodo B al terminal móvil, lo que hace que la velocidad disminuya.

En WCDMA existen tres redes jerárquicas, las cuales se diferencian por utilizar distintas frecuencias. Es por esto que la distribución de frecuencia no es necesaria ni posible.

UTRAN es considerado el pilar fundamental de UMTS, ya que este cumple las funciones de control de toda la red. Dentro de estas funciones se encuentra la conexión entre el terminal móvil y el núcleo de red, ya que al no estar ambos conectados no se podría realizar la comunicación. Sin embargo, no es lo fundamental esto, sino que poder realizar todo el proceso que conlleva esta operación.

En Chile después de la regularización tarifaria ocurrida en 1999, en donde se integra el que llama paga, la cantidad de usuario ha aumentado notablemente alcanzando hoy una penetración de casi 90% y se espera que con la modificación del marco regulatorio de 2008, el aumento de abonados continúe alcanzando el 100% en unos años más.

Si bien Chile fue el primer país de tener 3G en Latinoamérica, hasta hoy no se ha cubierto por completo, se pretende que dentro de este año se pueda cumplir tal desafío, y ahora más con la idea de que aparezca un nuevo proveedor que entregue solamente servicios de tercera generación.

El regulador de las telecomunicaciones en Chile, Subtel pretende que existan cinco proveedores de servicio, de los cuales cuatro trabajarían sobre 3G, si bien esto puede producir la disminución en el costo y la entrega de mejores servicios. No necesariamente tiene que ser así, ya que va a depender de la propuesta que implementen los proveedores de servicios, para poder captar nuevos usuarios. Debido a esto es importante destacar, que todos los años hay aproximadamente 2,6 millones de usuarios que emigran de su proveedor a otro, de aquí la importancia de la propuesta de cada proveedor para obtener o retener a tal cantidad de usuarios.

Se pretende que en el mes de julio empiece la prueba de LTE en Chile, por parte de la empresa Entel PCS, lo cual va a significar licitar nuevas bandas de frecuencia para esta tecnología, pero ocurre que el 20 de julio se realizará recién la licitación de la banda 1700/2100 para tercera generación, entonces va a depender de lo que ocurra aquí para poder empezar a pensar con una nueva licitación de banda para 4G.

#### Conclusiones Personales:

Desde el momento que Don Néstor, me sugirió el tema, como proyecto de tesis, fue un desafío para mi, ya que los conocimientos que tenia sobre Tercera Generación eran básicos, y teniendo conocimiento que en Chile los tres proveedores de servicios entregaban esta tecnología, me fue mucho más interesante poder investigar sobre el tema, saber cómo es su estructura, arquitectura, funcionamiento, ventajas y desventajas en comparación con sus antecesores, y así poder descubrir cómo funciona el pilar fundamental de UMTS que es UTRAN.

Al realizar esta investigación e interiorizarme del tema, concluyo que es un gran aporte para mis conocimientos sobre las telecomunicaciones y de esta manera entender todo lo que está ocurriendo en Chile en la actualidad y poder visualizar hacia dónde vamos en materia de telecomunicaciones, a su vez prepararme profesionalmente, por ende una mayor eficiencia y conocimiento en las tareas que se me presenten en mi futuro laboral.

Por último, espero, que este tema investigado sea un verdadero aporte para los estudiantes de mi carrera u otra a fin, ya sea como referencia bibliográfica o material de consulta para sus futuros trabajos, proyectos o asignaturas relacionadas.

# **BIBLIOGRAFÍA**

- [1] Gómez, S. 2007. Diseño e implementación de cobertura "INDOOR" UMTS para el campus de Vilanova i La Gertrú. Tesis, Teoria del senyal y comunicacions. Ingeniería Téc. Telecomunicaciones esp. Sist. Electrónicos. Universidad politécnica de Catalunya. 135 pp.
- [2] Ovando, L. 2001. IMT-2000 Comunicaciones móviles de tercera generación y su implementación en Chile. Tesis, Escuela de Electricidad y Electrónica. Facultad de Ciencias de la Ingeniería. Universidad Austral de Chile, 182 pp.
- [3] Inforo. 2008. Las suscripciones a GSM/HSPA alcanzan a 3000 millones en todo el mundo. (disponible en: http://www.inforo.com.ar/node/15693. consultado el: 15 de abril de 2009).
- [4] Pachón, A. 2004. Evolución de los sistemas móviles celulares GSM. Departamento de Redes y Comunicaciones. Universidad Icesi-I2T, 45 pp.
- [5] Kaaranen, H., Ahtiainen, A., Laitinen, L., Naghian, S., Niemi, V. 2005. UMTS NETWORKS. Architecture, Mobility and Services, 2<sup>nd</sup> Ed. Alfaomega Ra-Ma. 561 pp.
- **[6] Rysavy, P. 2002.** Capacidades de datos para la evolución GSM a UMTS. White paper para 3G Américas, 27pp.
- Portilla, J. 2006. UMTS, La Tercera Generación de telecomunicación móvil.
   Guías fáciles de las TIC del Colegio Oficial de Ingenieros de Telecomunicaciones, 4 pp.
- [8] ETSI, 2004. Overview of 3GPP Release 4. Summary of all Release 4 Features. 44 pp.
- [9] González, J. 2005. El Release 6 de UMTS. *Tendencias*, 149: 56-58 pp.
- [10] Sepúlveda, J. 2007. Convergencia de redes a través de IMS. Proyecto de licenciatura para optar al grado académico de licenciado en Ciencia de la Ingeniería, Facultad de Ingeniería, Universidad Mayor, 68 pp.

- [11] Parada, O., Hernández, M., López, A., Betts, L., Berdeja, U., Martínez, L. 2006. Propuesta de Arquitectura para una Red Móvil de nueva Generación. Instituto Tecnológico de Aguascalientes, México. Revista conciencia tecnológica, enerojunio:(31), 15 21 pp.
- [12] Umbert, A., Díaz, P. 2000. Red de acceso radio para el sistema de comunicaciones móviles de tercera generación (UMTS). Departamento de teoría de la señal y comunicaciones. Universitat Politècnica de Catalunya.
- [13] Goffard, P. 2007. Descarga de datos a alta velocidad con HSDPA con UMTS. Tesis, Departamento Ingeniería Electrónica. Facultad de ciencias físicas y matemáticas. Universidad de Chile, 68 pp.
- [14] García, A., Álvarez-Campana, M., Vázquez, E., Berrocal, J. 2002. Diseño de redes de acceso en sistemas móviles UMTS con soporte de calidad de servicio. Departamento Ingeniería de sistemas Telemáticos, Universidad Politécnica de Madrid, 1-12 pp.
- [15] Romero, J. 2005. Calidad y Servicio en redes IP para tráficos UMTS. Trabajo final de Carrera. Escuela Politècnica Superior de Castelldefels. Universitat Politècnica de Catalunya, 59 pp.
- [16] Hernández, I. 2006. Modelo de protocolo de movilidad IP para una red 3G. Tesis, Centro de Investigación y Desarrollo de Tecnología Digital, Instituto Politécnico Nacional, 95 pp.
- [17] Cortes, S. 2005. Comparación de los Standards CDMA para sistemas de Comunicaciones Móviles de Tercera Generación. Trabajo Integrador, Escuela de Posgrado. Instituto Tecnológico de Buenos Aires, Argentina, 43 pp.
- [18] Mendo, L. 2001. Capacidad en sistemas celulares WCDMA. Tesis Doctoral.
   Departamento de señales, sistemas y radiocomunicaciones. Universidad politécnica de Madrid, 383 pp.
- [19] Córdova, H., Chávez, P. 2005. Estudio, Modelamiento y Simulación de Sistemas de Espectro Ensanchado Secuencia Directa y Salto De Frecuencia. Departamento de

- Investigación de Sistemas de Telecomunicaciones. Escuela Superior Politécnica del Litoral. Revista Tecnológica ESPOL, 18(1): 1-8.
- [20] Glas, J. 1994. "On the Multiple Access Interference in a DS/FFH Spread Spectrum Communication system", in the Proceedings of the Third IEEE International Symposium on Spread Spectrum Techniques and Applications, Oulu, Finland, July 4-6.
- [21] Randy, R. "Which is Better, DS or FH Spread Spectrum?", Spread Spectrum Scene Magazine, 3(3): 8.
- [22] Berder, Olivier et al Bounder, Céline et al Burel, Pilles. Identification of Frequency Hopping Communications. Université de Bretagne Occidentale.
- [23] Preciado, L. 2000. Simulación de sistemas de comunicación personales de Tercera Generación basados en CDMA. Proyecto fin de carrera (resumen), Escuela Técnica superior de ingenieros de telecomunicaciones. Universidad politécnica de Madrid, España, 15pp.
- [24] Blog. 2008. Telecomunicaciones ¿Qué es HSDPA?. (disponible en: http://blog.pucp.edu.pe/item/21255. (Consultado el: 06 de Mayo de 2009).
- [25] 3GPP. 2006. "TS 23.002 v7.1.0: Network Architecture". Especificación 3GPP.
- [26] Teleco. 2005. HSDPA: arquitectura y características. (disponible en: http://www.teleco.com.br/es/tutoriais/es\_tutorialhsdpa/pagina\_2.asp. (Consultada el: 06 de mayo de 2009).
- [27] Telefónica. 2005. Las telecomunicaciones y la movilidad en la sociedad de la información. Albadalejo, S.L, España, 448 pp.
- [28] Pedreño, G., Alcaraz, J., Cerdán, F. 2006. Sincronización del Canal de Transporte en UTRAN. Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Telecomunicación. Universidad Politécnica de Cartagena.
- [29] Fajardo, D. 2004. Simulación de tramas de WCDMA. Tesis Licenciatura. Ingeniería en Electrónica y Comunicaciones. Departamento de Ingeniería Electrónica, Escuela de Ingeniería, Universidad de las Américas Puebla.

- [30] Llanos, D., Laorden, J., González, L., Soler, V., Cardona, N. 2007. Solución de optimización de redes UMTS basado en medidas de los interfaces de la red acceso radio. Motorola España, S.A. Universidad Politécnica de Valencia.
- [31] Moreno, O., Franco, I. 2001. Introducción a la tecnología de antenas inteligentes. Aplicación a UMTS. Telefónica Móviles España. 43-56 pp.
- [32] Jalali, A., Mermelstein, P. 1994. Effects of diversity, power control, and bandwidth on the capacity of microcellular CDMA systems. IEEE Journal on Selected Areas in Communications, 12(5).
- [33] Eng, T., Milstein, L. 1995. Coherent DS-CDMA performance in Nakagami multipath fading. IEEE Transactions on Communications, 43:(2/3/4), 1134 1143 pp.
- [34] Price, R., Green, P. 1958. A communication technique for multipath channels. Proceedings of the IRE, 46:555\_570,
- [35] Povey, G., Grant, P., Pringle, R. 1994. A decision directed spread spectrum RAKE receiver for fast fading mobile channels. En IEEE Vehicular Technology Conference, 742 746 pp.
- [36] Sallent, O., Pérez-Romero, J., Gelabert, X., Nasreddine, J., Agustí, R. 2007. Gestión integrada de redes de acceso radio celulares 2G, 2.5G y 3G. Universidad Politècnica de Catalunya, 4 pp.
- [37] Ferrús, R., Díaz, P. 1999. Gestión del mecanismo de traspaso para trafico IP en los sistemas celulares de tercera generación. Departamento de teoría de la Señal y Comunicaciones, Universidad Politècnica de Catalunya, Barcelona, España, 6 pp.
- [38] García, J., Riera, J., Ruiz, N., Martínez, D. 2005. Optimización de algoritmos de traspasos con continuidad en el sistema UMTS de tercera generación. Universidad de Jaén, 4 pp.
- [39] García, R., Abajo, D., Jimeno, M. 2008. Auto-optimización y gestión avanzadas de una red radio dual. Telefónica Investigación y Desarrollo SAU, Madrid, España, 7 pp.
- [40] 3GPP TS 23.002, Network architecture (Release 8) v8.2.0, Diciembre 2007.

- [41] Wu, X. 2007. Uso del análisis de señalización en pruebas y control de la red UMTS. Agilent Technologies, instrumentación en telecomunicaciones, 5 pp.
- [42] Ramjee Prasad y Tero Ojanperä. An Overview of CDMA Evolution Toward Wideband CDMA. En: IEEE communications Surveys, vol. 1 núm. 1, septiembre de 1998.
- [43] Baltazar, A., Medina, M., Montiel, A. 2007. Sistemas de telefonía móvil basados en el estándar WCDMA. Escuela superior de ingeniería mecánica y eléctrica, Instituto Politécnico Nacional, México, 92 pp.
- [44] Erik Dahlman y Per Beming. WCDMA The Radio Interface for Future Mobile Multimedia Communications. En: IEEE Transactions, vol. 47, núm. 4, noviembre de 1998.
- [45] Cañadas, D., Casadevall, F. 2001. Control de potencia en WCDMA. Departamento de Teoría de la Señal y Comunicaciones, Universidad Politécnica de Cataluña, 10 pp.
- [46] Laiho, J., Wacker, A. 2006. Radio Network Planning and Optimisation for UMTS. John Wiley & Sons.
- [47] Holma, H., Toskala, A. 2004. WCDMA for UMTS. John Wiley & Sons.
- [48] Castellano, C., Hernando, J. 2005. Marco de Q&S para aplicaciones de datos en UMTS. Departamento de Planificación y Optimización Radio, Telefónica Móvil España en conjunto con el Departamento de Señales Sistemas y Radiocomunicaciones, Universidad Politécnica de Madrid, 4pp.
- [49] Lluch, C., Hernando, J. 2000. Comunicaciones móviles de tercera generación. Telefónica Móviles España, S.A. 2<sup>da</sup> Ed.
- **[50] 3GPP**, TS.23.107, "Quality of Service (Q&S) concept and architecture"
- [51] González, A. 2001. Modelos de seguridad para móviles.271 pp.

- [52] Areitio, J. 2001. Análisis en torno a la arquitectura global de seguridad en UMTS. Catedrático de la Facultad de Ingeniería, ESIDE. Director del Grupo de Investigación Redes y sistemas, Universidad de Deusto. ÁgoraSIC, vol. 23, 6 pp.
- **[53] 3GPP**, TS.35.201, 3G Security; Specification of the 3GPP Confidentiality and Integrity Algorithms; Document 1: f8 and f9 Specification (Release 5).
- [54] Arrau, P. y Pimentel, R. 2007. Análisis Económico-Estratégico de la Industria de Telefonía Móvil en Chile. Informe final. GERENS S.A. 57pp
- [55] Mariscal, J., Rivera, E. 2005. Organización Industrial y competencia en las Telecomunicaciones de América Latina: estrategia empresarial. CEPAL, Impreso en Naciones Unidas, Santiago de Chile
- [56] Hispanos. Sistema de Telefonía móvil Avanzado (disponible en: http://www.hispanosnet.com/telecomunicaciones/articulos/sistema\_telefonico\_movil\_ava nzado.html) consultado el: 12 de junio de 2009.
- **[57] SUBTEL. 2005.** Servicios móviles de Tercera generación. Actualización Marco regulatorio y Evolución Sector Telecomunicaciones. 14 pp.
- [58] ENTEL PCS. Página oficial de ENTEL PCS. Planes de banda Ancha móvil. http://www.entelpcs.cl/planes\_new/planesdatos/index.iws (Consultada el: 15 de junio de 2009).
- [59] Claro Chile. Página oficial de Claro Chile. Planes de datos.
   http://www.clarochile.cl/planes/datos.php (Consultada el: 15 de junio de 2009).
- [60] Movistar. Página oficial de movistar en chile. Planes de datos. http://www.movistar.cl/webMovistar/portals/personas.portal?\_nfpb=true&\_pageLabel=SE\_ \_IM\_planesDatos (Consultada el: 15 de junio de 2009).
- [61] Navarro, J. 2008. Evolución de 3G y su convergencia a 4G en comunicaciones móvil. Escuela de Electricidad y Electrónica, Facultad de Ciencias de la Ingeniería, Universidad Austral de Chile. 93 pp.

- [62] Gerencia. 2009. Wimax trae 4G a Chile. La Revista de Tecnologías de Información para la Gerencia. Disponible en: http://www.emb.cl/gerencia/noticia.mv?id=20090323x3. (Consultado el: 19 de junio de 2009).
- [63] Nixon, P. 2009. Entel empezará a probar LTE. http://www.bnamericas.com/news/telecomunicaciones/Entel\_comenzara\_a\_probar\_LTE. Business news America, Publicado el 12 de junio de 2009. (Consultado el: 18 de junio de 2009).
- [64] Nixon, P. 2009. Regulador espera licitar espectro para LTE este año. http://www.bnamericas.com/news/telecomunicaciones/Regulador\_espera\_licitar\_espectr o\_para\_LTE\_este\_ano1. Business news America, Publicado el: 19 de junio de 2009. (Consultado el: 20 de junio de 2009).
- [65] Nixon, P. 2009. Operadores escépticos por portabilidad numérica. http://www.bnamericas.com/news/telecomunicaciones/Operadores\_escepticos\_ante\_por tabilidad\_numerica Business news America, Publicado el 27 de Enero 2009. (Consultado el: 18 de junio de 2009).
- [66] SUBTEL. 2009. Página oficial de Subsecretaria de Telecomunicaciones, disponible en: <a href="http://www.subtel.cl/prontus\_subtel/site/artic/20070212/pags/20070212182348.html">http://www.subtel.cl/prontus\_subtel/site/artic/20070212/pags/20070212182348.html</a>. (Consultado el: 2 de junio de 2009).
- [67] Nextel. Pagina web oficial en chile, disponible en: http://www.nextel.cl/servicios/flash.html. (Consultada el: 12 de junio de 2009).
- [68] Nixon, P. 2009. Restricción para formar consorcios complican anhelos a GTD. http://www.bnamericas.com/news/telecomunicaciones/Restricciones\_para\_formar\_consorcios\_complican\_anhelos\_3G\_de\_GTD. Business news America, Publicado el 12 de junio de 2009. (Consultado el: 18 de junio de 2009).
- [69] Ley 18.168. Ley general de las telecomunicaciones, 02 de octubre de 1982. Ultima modificación el 13 de septiembre de 2008. Consultada el: 8 de junio de 2009 en www.subtel.cl.

- [70] Fischer, R., Serra, P. 2002. Evolución de la regulación de telecomunicaciones en Chile. Revista Perspectivas, Departamento de Ingeniería Industrial, Universidad de Chile. Vol. 5: (1), 45 77 pp.
- [71] Saavedra, E. 2005. Marco Regulatorio de los servicios básicos en Chile. ILEDES, Universidad Alberto Hurtado. 27 pp.
- [72] Subtel. 2007. Políticas tarifarias. Disponible pagina web oficial de Subtel. Consultada en: http://www.subtel.cl/prontus\_subtel/site/artic/20070102/asocfile/20070102135454/tarifari o\_web.pdf. (Consultada el: 20 de junio de 2009).
- [73] Baltra, R. 2008. Asignación Eficiente Concesiones de Servicio Público Telefonía Móvil Digital Avanzado (3G), Estudio Técnico Económico. BaltraConsultores, 50 pp.
- [74] Nixon, P. 2009. Corte Suprema establece límites de espectro para licitaciones 3G –
   Chile.

http://www.bnamericas.com/news/telecomunicaciones/Corte\_Suprema\_establece\_limite s\_de\_espectro\_para\_licitaciones\_3G1. Business news America, Publicado el 27 de Enero 2009. (Consultado el: 18 de junio de 2009).

# ANEXO 1

**GLOSARIO:** 

AC: Control de Admisión

ADSL: Línea de Suscripción Digital Asincrona

AKA: Autentificación y Acuerdo de Clave

**AMC:** Modulación y Codificación Adaptativa

AMPS: Sistema de Telefonía Móvil Avanzada

AN: Red de Acceso

AuC: Centro de Autentificación

**BCH**: Canal de difusión

**BS:** Estación Base

**BSS:** Subsistema de estación base

BTS: Transceptor de Estación Base

**CK**: Clave de Cifrado

CN: Núcleo de red

CPCH: Canal de paquetes común

CS: Circuito conmutado

CS-MGW: Pasarela Multimedia de Conmutación de Circuito

**DCH:** Canal Dedicado

**DS:** Secuencia directa

**DSCH:** Canal Descendente

DSSS: Espectro Ensanchado de Secuencia Directa

EDGE: Datos Mejorados para la Evolución de GSM

EIR: Registro de Identificación de Equipo

ETSI: Instituto Europeo de Normas de Telecomunicaciones

FACH: Canal de acceso directo

FDD: Duplexación por División de Frecuencia

FDMA: Acceso Múltiple por División de Frecuencia

GERAN: Red de Acceso Radio GSM/EDGE

**GGSN:** Nodo de Soporte de GPRS Fronterizo

**GMSC:** Centro de Conmutación Móvil Fronterizo

**GPRS:** Servicio General de Radio por Paquete

**GSM**<sup>1</sup>: Grupo Especial Móvil

**GSM<sup>2</sup>:** Sistema Global para Comunicación Móvil

HARQ: Solicitud de Retransmisión Automática Híbrida

**HE:** Acceso al Medio

**HFN:** Número de Hipertrama

HLR: Registro Local de Ubicación

HSCSD: Datos por Conmutación de Circuitos de Alta Velocidad

HSDPA: Acceso en Paquetes con Enlace Descendente de Alta Velocidad

HS-DSCH: Canal Compartido de Enlace Descendente de Alta Velocidad

HS-DSCH: DSCH de Alta Velocidad

IK: Clave de Integridad

IMS: Subsistema Multimedia IP

IMSI: Identidad Internacional de Abonado Móvil

**IP:** Protocolos de Internet

LTE: Evolución de Largo Plazo

MAC: Control de Acceso al Medio

MCS: Centro de Conmutación Móvil

**ME:** Equipo Móvil

**MEHO:** Traspaso Evaluado por el Móvil

MM: Gestión de la Movilidad

MRC: Combinación de la Máxima Razón

MS: Estación móvil

MSC: Centro de Conmutación Móvil

MT: Terminal Móvil

MTSO: Oficina de Conmutación de Telefonía Móvil

NAS: Estrato de No Acceso

**NEHO:** Traspaso Evaluado por la Red

**NMS:** Subsistema de gestión de red

NSS: Subsistema de red

**OMC:** Central de Operación y Mantenimiento

P-CCPCH: Canal físico de control común primario

PCH: Canal de paging

PN: Secuencia de seudo ruido

PS: Conmutación de paquetes

**Q&S:** Calidad de Servicio

QPSK: Modulación por Desplazamiento Fase en cuadratura

RACH: Canal de acceso radio

RAN: Red de Acceso Radio

RAT: Tecnología de Acceso Radio

**RDSI:** Red Digital de Servicios Integrados

RI: Red Inteligente

**RLC:** Control de Radioenlace

RNC: Controlador de Red Radioeléctrica

RNS: Subestaciones de red radio

**RRM:** Gestión de Recursos Radioeléctricos

SF: Factor de Ensanchamiento

SGSN: Nodo de Servicio de Soporte de GPRS

SIR: Relación Señal a Ruido

**SMSC:** Centro de Servicios de Mensajes Cortos

**SN:** Red Servidora

SRB: Portador Radio de Señalización

SRNC: Servidor de RNC

**Subtel:** Subsecretaria de Telecomunicaciones

TDD: Duplexación por División del Tiempo

TDMA: Acceso Múltiple por División del Tiempo

**TE:** Terminal de Equipo

**TRX:** Transceptores

TTI: Intervalo de tiempo de transmisión

TTP: Puntos de Terminación de Tráfico

**UE:** Terminales móviles o Equipos de Usuarios

**UMTS:** Sistema Universal de Telecomunicaciones Móviles

**USIM:** Módulo de Identidad del Subscriptor de UMTS

**UTRAN:** Red de Acceso Radio Terrestre UMTS

VAS: Servicios de Valor Añadido

VLR: Registro de Ubicación de Visitas

**VMS:** Sistema de Mensajería de Voz

WCDMA: Acceso Múltiple por División de Código por Ancho de Banda

WLAN: Red de Área Local Inalámbrica

**3G:** Tercera generación

**3GPP:** Proyecto en sociedad de Tercera Generación

8-PSK: Modulación por Desplazamiento de Fase Octogonal

16QAM: Modulación por Amplitud en Cuadratura

## ANEXO 2

## **EQUIPOS DE TERCERA GENERACIÓN EN CHILE**

Dentro de los tres proveedores de tercera generación en Chile, existe una amplia gama de equipos para esta tecnología. Los cuales se describirán en este anexo.

## **Equipos Móviles**

Los equipos móviles que se describirán a continuación, son unos de los más cotizados en el mercado nacional, como es el caso del iPhone 16 Gb de Apple, Blackberry Blod 9000, LG CK910, Nokia E71 y Samsung I900.

## Apple iPhone 16 GB



Este modelo es uno de los más avanzados y cotizados del mundo, tiene la particularidad de tener pantalla táctil, trabajar en las bandas de 850, 900, 1800 y 1900 MHz, memoria interna de 16 GB, pesa 133 gr. Este terminal móvil lo ofrecen Claro Chile y Movistar.

## Blackberry Bold

Este modelo tiene la particularidad que es hecho para navegar en internet y revisar correos electrónicos. Trabaja en las bandas 850, 900, 1800, 1900 y 2100 MHz. Con una memoria interna de 1 GB y soporta MicroCD y con tecnología inalámbrica WiFi. Este terminal es ofrecido por Claro Chile, Entel PCS y Movistar.



#### LG CK910



El LG KC910 Renoir posee pantalla táctil (touchscreen) y viene equipado con una cámara de 8 MP con óptica Schneider Kreuznach, soporta tarjeta de memoria microSD. Cuenta con conexión a Internet vía 3G y Wi-Fi, GPS incorporado. Trabaja en las bandas 850, 900, 1800 y 1900 MHz. Además, es ofrecido por los tres operadores del país.

#### Nokia E71

El Nokia E71 viene equipado con una cámara de 3.5 MP, soporta tarjeta de memoria microSD. Trabaja en las bandas 850, 900, 1800 y 1900 MHz. Es uno de los equipos más avanzados de Nokia en conjunto con el N96. Además, es ofrecido por Claro Chile y Movistar.



#### • Samsung i900



El Samsung i900 es un teléfono con pantalla full touchscreen, tiene 8GB de memoria interna y soporta tarjeta de memoria microSD. Posee Wi-Fi, Windows Mobile 6.1 Profesional, lector y editor de documentos de Word y Excel. También cuenta con push e-mail, cámara de 5 MP con autoenfoque. Además, es ofrecido por los tres proveedores.

#### **Modem PC**

Los modem de PC cumplen la función de conexión a internet por medio de la red inalámbrica de 3G existen en Chile. Los modem existentes son varios, pero se analizaran los más comunes.

#### Modem USB Huawei E176



Este modem utiliza la interfaz USB, soporta tecnologías desde GSM hasta HSUPA en las bandas de 850, 900, 1800, 1900 y 2100 MHz, es compatible con sistemas operativos como Windows 2000, XP y vista, y MAC, a su vez soporta MicroCd para ser usado como pendrive. Este es ofrecido por Entel PCS y Movistar.

#### Modem USB ZTE MF262

Este modem utiliza la interfaz USB, soporta tecnologías desde EDGE hasta HSUPA en las bandas de 850, 900, 1800, 1900 y 2100 MHz, es compatible con sistemas operativos como Windows 2000, XP y vista, y MAC, a su vez soporta MicroCd para ser usado como pendrive. Este es ofrecido por Claro Chile y Movistar.



## Novatel XU870



Esta tarjeta permite navegar más rápido por Internet, gracias su tecnología HSDPA. Es compatible con Microsoft Windows 2000 y XP y además es cuatribanda GSM 850/900/1800/1900 y EDGE. Es ofrecida exclusivamente por Entel PCS.

## ANEXO 3

El siguiente anexo muestra la cobertura nacional por comuna, en tercera generación por parte de los tres proveedores de servicio existente en Chile.

Regiones	Claro Chile	Entel PCS	Movistar
Región de Arica y Parinacota			
Arica	si	si	si
Camarones	no	no	no
General Lagos	no	no	no
Putre	no	no	no
Región de Tarapacá			
Ato Hospicio	si	si	si
Camiña	no	no	no
Colchane	no	no	no
Huara	no	no	no
Iquique	si	si	si
Pica	no	no	no
Pozo Almonte	no	no	no
Región de Antofagasta		1	
Antofagasta	si	si	si
Calama	si	si	si
María Elena	no	no	no
Mejillones	no	no	si
Ollagüe	no	no	no
San Pedro de Atacama	no	no	no
Sierra Gorda	no	si	no
Taltal	no	no	no
Tocopilla	no	no	si
Región de Atacama	l	I	
Alto del Carmen	no	no	no
Caldera	si	no	si
Chañaral	si	no	si
Copiapó	si	si	si
Diego de Almagro	si	no	no
Freirina	no	no	no
Huasco	si	no	no
Tierra Amarilla	no	si	no
Vallenar	si	si	si
Región de Coquimbo			
Andacollo	no	no	si
Combarbalá	si	no	no
Coquimbo	si	no	no

Regiones	Claro Chile	Entel PCS	Movistar
Región de Coquimbo			
Illapel	si	no	si
La Higuera	no	no	no
La Serena	si	si	si
Los Vilos	si	no	si
Monte Patria	si	no	si
Mincha	no	no	no
Ovalle	si	si	si
Paiguano	no	no	no
Punitaqui	no	si	no
Rio Hurtado	no	no	no
Salamanca	no	no	no
Vicuña	si	no	si
Región de Valparaíso			
Algarrobo	si	si	si
Cabildo	si	no	no
Calera	si	si	si
Calle Larga	si	si	si
Cartagena	si	si	si
Casablanca	si	si	si
Catemu	no	no	no
Concon	si	si	si
El Quisco	si	si	si
El Tabo	si	si	si
Hijuelas	si	no	si
Isla de Pascua	no	no	no
Juan Fernández	no	no	no
La Cruz	si	si	si
La Ligua	si	si	si
Limache	si	no	si
Llayllay	si	no	si
Los Andes	si	si	si
Nogales	no	no	no
Olmué	si	no	si
Panquehue	no	no	no
Papudo	si	si	si
Petorca	no	no	no
Puchuncaví	no	si	no
Putaendo	no	si	no
Quillota	si	si	si
Quilpué	si	si	si

Regiones	Claro Chile	Entel PCS	Movistar
Región de Valparaíso	0.0.0		11.0 0.000
Quintero	si	si	si
Rinconada	no	si	no
San Antonio	si	si	si
San Esteban	si	si	si
San Felipe	no	si	si
Santa María	no	si	si
Santo domingo	si	si	si
Valparaíso	si	si	si
Villa Alemana	si	si	si
Viña del Mar	si	si	si
Zapallar	si	si	si
Región del Libertador Gra	I. Bernardo O	'Higgins	
Chépica	no	no	no
Chinbarongo	no	no	no
Codegua	si	no	no
Coinco	si	no	no
Coltauco	no	no	no
Doñihue	si	no	no
Graneros	si	si	si
La estrella	no	si	no
Las Cabras	si	no	no
Litueche	no	si	no
Lolol	no	no	no
Machalí	si	si	si
Malloa	no	no	no
Marchihue	no	si	no
Mostazal	no	no	si
Nancagua	si	no	no
Navidad	no	si	no
Olivar	no	si	si
Palmilla	no	no	no
Paredones	no	no	no
Peralillo	no	si	no
Peumo	no	no	no
Pichidegua	no	no	no
Pichilemu	si	no	si
Placilla	si	no	no
Pumanque	no	no	no
Quinta de Tilcoco	si	no	no
Rancagua	si	si	si

Regiones	Claro Chile	Entel PCS	Movistar
Rengo	si	no	si
Requínoa	si	no	si
San Fernando	si	no	si
San Vicente	no	no	si
Santa Cruz	si	no	si
Región del Maule	_		
Cauquenes	si	no	si
Chanco	no	no	no
Colbún	si	si	no
Constitución	si	si	si
Curepto	no	si	no
Curicó	si	si	si
Empedrado	no	no	no
Hualañé	no	no	no
Licantén	no	si	no
Lineras	si	no	si
Longaví	si	no	no
Maule	si	si	no
Molina	si	si	si
Parral	si	no	si
Pelarco	no	no	no
Pelluhue	no	no	no
Pencahue	si	no	no
Rauco	no	si	no
Retiro	si	no	no
Rio Claro	no	no	no
Romeral	si	si	no
Sagrada Familia	no	si	no
San Clemente	si	si	no
San Javier	si	si	si
San Rafael	no	no	no
Talca	si	si	si
Teno	no	no	no
Vichuquén	no	si	no
Villa Alegre	si	si	no
Yerbas Buenas	no	si	no
Región del Biobío			
Alto Bio Bio	no	no	no
Antuco	no	no	no
Arauco	no	si	si
Bulnes	no	no	no

Regiones	Claro Chile	Entel PCS	Movistar
Cabrero	si	no	no
Cañete	no	no	no
Chillán	si	si	si
Chillán Viejo	si	si	si
Cobquecura	no	no	no
Chiguayante	no	no	no
Coelemu	no	no	no
Coihueco	no	no	no
Concepción	si	si	si
Contulmo	no	no	no
Coronel	si	si	si
Curanilahue	no	no	no
El Carmen	no	no	no
Florida	no	no	no
Hualpén	si	si	si
Hualqui	no	no	no
Laja	no	no	no
Lebu	no	no	no
Los Álamos	no	no	no
Los Ángeles	si	si	si
Lota	no	si	si
Mulchén	no	no	no
Nacimiento	si	si	no
Negrete	no	si	no
Ninhue	no	no	no
Ñiquén	no	no	no
Pemuco	no	no	no
Penco	si	si	si
Pinto	no	no	no
Portezuelo	no	no	no
Quilaco	no	no	no
Quilleco	no	no	no
Quillón	si	no	no
Quirihue	no	no	no
Ranquil	no	no	no
San Carlos	no	no	si
San Fabián	no	no	no
San Ignacio	no	no	no
San Nicolás	no	si	no
San Pedro de la Paz	si	si	si
San Rosendo	no	no	no

Regiones	Claro Chile	Entel PCS	Movistar
Santa Bárbara	no	no	no
Santa Juana	no	no	no
Talcahuano	si	si	si
Tirúa	no	no	no
Tomé	si	si	si
Trehuaco	no	no	no
Tucapel	no	no	no
Yumbel	no	si	no
Yungay	si	no	no
Región de la Araucanía			
Angol	si	no	si
Carahue	no	no	no
Cholchol	no	no	no
Collipulli	no	no	si
Cunco	no	no	no
Curacautín	no	no	si
Curarrehue	no	no	no
Ercilla	no	no	no
Freire	no	no	si
Galvarino	si	no	no
Gorbea	no	no	no
Lautaro	si	no	si
Loncoche	si	no	si
Lonquimay	no	no	no
Los Sauces	si	no	no
Lumaco	no	no	no
Nueva Imperial	no	si	si
Padre las Casas	si	si	si
Perquenco	no	no	no
Pitrufquén	si	no	si
Pucón	si	si	si
Purén	si	no	no
Renaico	si	no	no
Saavedra	si	no	no
Temuco	si	si	si
Teodoro Schmidt	no	no	no
Toltén	no	no	no
Traiguén	si	no	si
Victoria	si	no	si
Vilcún	si	no	no
Villarrica	si	si	si

Regiones	Claro Chile	Entel PCS	Movistar
Región de los Ríos			
Corral	si	no	si
Futrono	no	no	si
La unión	no	no	si
Lago Ranco	no	no	si
Lanco	no	no	si
Los Lagos	si	no	si
Máfil	no	no	si
Paillaco	si	no	si
Panguipulli	si	no	si
Rio Bueno	si	no	no
San José de la Mariquina	no	no	si
Valdivia	si	si	si
Región de los Lagos			
Ancud	si	si	si
Calbuco	si	no	si
Castro	si	si	si
Chaitén	no	no	no
Chonchi	si	no	si
Cochamó	no	no	no
Curaco de Vélez	no	no	no
Dalcahue	si	no	si
Fresia	si	no	no
Frutillar	no	si	si
Futaleufú	no	no	no
Hualaihué	no	no	no
Llanquihue	si	si	si
Los Muermos	si	no	no
Maullín	si	no	no
Osorno	si	si	si
Palena	no	no	no
Puerto Montt	si	si	si
Puerto Octay	si	no	no
Puerto Varas	si	si	si
Puqueldón	no	no	no
Purranque	no	no	si
Puyehue	no	no	no
Queilén	no	no	no
Quellón	si	si	si
Quemchi	no	no	no
Quínchalo	no	no	si

Regiones	Claro Chile	Entel PCS	Movistar
Rio Negro	no	no	no
San Juan de la Costa	no	no	no
San Pablo	si	no	no
Región de Aysén del Gral.	Carlos Ibáñe	Z	
Aysén	si	si	si
Chile Chico	no	no	no
Cisnes	no	si	no
Cochrane	no	no	no
Coyhaique	si	si	si
Guaitecas	no	no	no
Lago Verde	no	no	no
O' Higgins	no	no	no
Rio Ibáñez	no	no	no
Tortel	no	no	no
Región de Magallanes y A	ntártica		
Antártica	no	no	no
Laguna Blanca	no	no	no
Natales	no	no	si
Navarino	no	no	no
Porvenir	no	no	no
Primavera	no	no	no
Punta Arenas	si	si	si
Rio Verde	no	no	no
San Gregorio	no	no	no
Timaukel	no	no	no
Torres del Paine	no	no	no
Región Metropolitana de S	Santiago		
Alhué	no	si	no
Buin	si	si	si
Calera de Tango	no	si	si
Cerrillos	si	si	si
Cerro Navia	si	si	si
Colina	si	si	si
Conchalí	si	si	si
Curacaví	si	si	si
El Bosque	no	si	si
El Monte	si	si	si
Estación Central	si	si	si
Huechuraba	si	si	si
Independencia	si	si	si

Regiones	Claro Chile	Entel PCS	Movistar
Región Metropolitana de	Santiago		
Isla de Maipo	no	si	si
La Cisterna	si	si	si
La Florida	si	si	si
La Granja	si	si	si
La Pintana	si	si	si
La Reina	si	si	si
Lampa	no	si	si
Las Condes	si	si	si
Lo Barnechea	si	si	si
Lo Espejo	si	si	si
Lo Prado	si	si	si
Macul	si	si	si
Maipú	si	si	si
María Pinto	no	si	no
Melipilla	si	si	si
Ñuñoa	si	si	si
Padre Hurtado	si	si	si
Paine	si	si	si
Pedro Aguirre Cerda	si	si	si
Peñalolén	si	si	si
Peñaflor	si	si	si
Pirque	no	si	si
Providencia	si	si	si
Pudahuel	si	si	si
Puente Alto	si	si	si
Quilicura	si	si	si
Quinta Normal	si	si	si
Recoleta	si	si	si
Renca	si	si	si
San Bernardo	si	si	si
San Joaquín	si	si	si
San José de Maipo	si	si	no
San miguel	si	si	si
San Pedro	no	si	no
San Ramón	si	si	si
Santiago	si	si	si
Talagante	si	si	si
Tiltil	si	si	no
Vitacura	si	si	si

Fuentes: www.clarochile.cl, www.movistar.cl y http://gsmworld.com/cgi-bin/ni\_map.pl?x=6&y=4&z=2&cc=cl&net=e3