



**ESTUDIO RELATIVO A LA
INTRODUCCIÓN DE
NUEVAS BANDAS PARA 3G
Proyecto 606-496-LE04**

**Análisis para el Fortalecimiento del Marco
Regulatorio del Sector
de Telecomunicaciones**

Diciembre 2004
Ingeniería Mazzei Ltda.

AUTOR:

Equipo de Trabajo:

Ingeniero Italo Mazzei Haase.

INDICE

	RESUMEN EJECUTIVO.....	5
I.	INTRODUCCIÓN.....	8
II.	Objetivos del Estudio.....	10
III.	Marco de Referencia.....	10
IV.	Investigación de los distintos estándares 3G en el mundo.....	10
A.	Bandas propuestas para las distintas regiones del mundo.....	10
B.	Características técnicas: tecnologías de interfaz aérea (radio), ancho de banda de la portadora, bloques de frecuencias asignados y diversas tecnologías de acceso.....	12
1.	Propuesta de estándar técnico 3G.....	12
1.1	WCDMA.....	12
1.2	CDMA2000.....	13
1.3	TDMA avanzado.....	13
1.4	CDMA / TDMA híbrido.....	14
1.5	OFDM.....	14
1.6	IMT-2000.....	15
2.	Bloques de frecuencias.....	16
2.1	Bloques de frecuencias para UTRA / FDD.....	16
2.2	Bloques de frecuencias para UTRA / TDD.....	18
2.3	Ancho de banda de la emisión.....	20
2.4	Emisión de espureas y co-ubicación.....	20
2.5	Escenarios en la banda 2,5/2,69 GHz.....	20
V.	Grado de implementación lograda a la fecha con la tecnología 3G.....	21
1.	Bandas en Chile.....	21
2.	Bandas en Estados Unidos.....	21
2.1	Banda 1717 – 1755 MHz.....	21
2.2	Banda 1755 – 1850 MHz.....	22
2.3	Banda 1850 – 1990 MHz.....	22
2.4	Banda 2110 – 2150 MHz.....	22
2.5	Banda 2500 – 2690 MHz.....	23
2.6	Asignación de bandas en Estados Unidos.....	23
3	Necesidades de la Región 2.....	24
VI.	Grado de implementación de UMTS en el mundo.....	24
A.	Costos de elementos de las redes y de terminales de usuarios.....	25
1.	Costos de elementos de red.....	25
2.	Costos de terminales de abonados.....	26
VII.	Servicios en los sistemas 3G.....	26
1.	Categorías de servicios 3G.....	26
1.1	Servicios de difusión multimedia general y por grupos.....	28
1.2	Servicios de mensajes multimediales MMS.....	29
VIII	Compatibilidad con los sistemas 2G y 2,5 G.....	30
IX	Factibilidad de introducir en Chile el servicio público de telefonía móvil digital avanzado en la banda europea.....	32
A.	Aspectos económico.....	32
B.	Aspectos legales y regulatorios en Chile.....	35
C.	Aspectos técnicos para la migración.....	37
	Cuadro Bandas de Frecuencias para Tercera Generación de Móvil 3G.....	38
D.	Análisis de la migración de 2G a 3G desde el punto de vista tecnológico.....	39
1.	Redes CDMA.....	39
2.	Redes GSM.....	40
X	Alternativas de solución para 3G en Chile.....	42
A.	Banda 1710-1755 MHz y 2110-2155 MHz.....	42

B.	Banda 2494-2690 MHz.....	42
C.	Propuesta para modificar la Resolución Exenta N°1144, Servicio de Telefonía Móvil Avanzado, de 2000.....	43
XI.	Conclusiones y recomendaciones del estudio.....	44
XII.	Bibliografía.....	47
	ANEXOS.....	48

RESUMEN EJECUTIVO

Este consultor realizó un análisis de las bandas propuestas para 3G a nivel mundial por los organismos internacionales, asociaciones especializadas en 3G, las tendencias de atribución de espectro en el mundo por parte de las administraciones de telecomunicaciones y el estado del arte de 3 G en el mundo.

Se estableció contacto con los operadores de telefonía móvil PCS para solicitar los costos que tienen en red y los elementos que sería necesario cambiar para mudar de banda desde 1900 MHz a 1800 MHz.

Del estudio se desprende que los operadores con tecnología GSM (ENTEL y TELEFÓNICA MÓVIL) tienen disponibilidad de equipos al usar GSM europeo 1800 MHz. En cambio los operadores (BELLSOUTH y SMARTCOM) no tienen disponibilidad de terminales de abonado. Si bien la industria mundial construye a pedido estaciones bases y terminales en cualquier banda de frecuencias y separación dúplex, el precio está fuera de mercado para el número de terminales que se requiere en el país.

Del estudio se desprende que el cambio de banda trae consigo dificultades operacionales serias para los operadores, que no la hacen viable. Es así como existen bloques de frecuencias que se usan tanto para transmitir en GSM 1800, en cambio en la banda 1900 se usan para recibir. El cambio de frecuencias no se puede realizar ya que en muchas torres existe más de un operador PCS, o existe cercanía física que bloquea al receptor de la estación base, ya que la separación dúplex necesaria para operar es mucho mayor que la que se podría obtener dentro de la banda 1850 a 1880 MHz. Es posible técnicamente incorporar filtros adicionales a los que vienen con el equipo transmisor y receptor, pero cambia el balance del enlace, debido a las pérdidas del filtro, que se manifiestan en problemas de cobertura. Por lo tanto, no se recomienda esta alternativa.

Se elaboró un Cuadro con las atribuciones de espectro 3G en Europa, en los Estados Unidos y en Chile, donde se muestra las bandas de transmisión y recepción para 3G, PCS, WLL, IMT2000, entre 1710 y 2200 MHz.

Se propone alinearse a la solución de los Estados Unidos, modificando la Resolución Exenta N° N°1.144, del 26 de diciembre de 2000, Servicio de Telefonía Móvil Digital Avanzado, en el sentido de cambiar los bloques de frecuencia A, B, C y D de 1785 MHz - 1845 MHz a la banda 1710 MHz - 1755 MHz y mantener los bloques de frecuencias A', B', C' y D'.

Se propone eliminar los bloques de frecuencias B", C" y D" y trasladar el bloque A" a una nueva banda de frecuencias destinada para el sistema IMT 2000 TDD, de 2010 - 2025 MHz.

Además, se propone mantener la posibilidad que los concesionarios PCS en la banda 1850 – 1990 MHz puedan ofrecer servicios móviles digitales avanzado (3G).

Esta solución descarta el empleo de UMTS y GSM en las bandas de frecuencias Europeas.

Este consultor a propuesto una segunda alternativa para 3G en Chile en la banda 2500 a 2690 MHz. Sin embargo habrá que estudiar como responde la industria a esta nueva banda en los Estados Unidos.

Los operadores de telefonía móvil han manifestado que el mercado 3G no es viable comercialmente en la actualidad, ya que el porcentaje de abonados que usa la transmisión de datos esta centrada en los abonados postpago, que son la minoría, y debido a que el mercado de transmisión de datos esta recién desarrollándose con las tecnologías GSM/GPRS/EDGE y CDMA / 1xEV-DO que satisfacen las necesidades de los usuarios.

Ante un nuevo llamado de concurso público para bandas 3G, los operadores manifestaron que participarían, pero que no existe real interés en explotar esta tecnología, hasta unos tres o cuatro años más, por lo menos. Por ahora pueden atender la demanda de gran ancho de banda con las tecnologías CDMA y GSM/EDGE.

Finalmente, un cambio de banda de frecuencias implicaría una indemnización por parte del Estados a los operadores PCS. Pero no habría solución en la banda 1800 MHz para los operadores con CDMA. La indemnización a pagar sería mayor a la de ENTEL y TELEFÓNICA MÓVIL, ya que habría que cambiar completamente la red de SMARTCOM y BELLSOUTH en 1900 MHz para pasar a 3G.

Desarrollo de las actividades

Se realizaron reuniones de trabajo con los operadores móviles ENTEL PCS, señores Gonzalo Veas, Manuel Araya y Andrés Cristi; el Sr. Gustavo Marambio de TELEFÓNICA MÓVIL y el Gerente General Sr. Jaime Gross de SMARTCOM. Adicionalmente, se contacto a fabricantes de equipos, como: ERICSSON y ALCATEL, quienes dieron a conocer el estado del arte de la tecnología 3G y la solución que ven para 3G en Chile.

Se sostuvieron reuniones de trabajo con la contraparte técnica de SUBTEL y se intercambió información vía e-mail.

El consultor tomo en consideración los documentos con las especificaciones de la Asociación de Proyecto de Tercera Generación (3GPP2 para CDMA) y (3GPP para WCDMA). Asimismo, obtuvo información de la organización 3G Ameritas y la UIT. También se consultó los sitios WEB de las administraciones de telecomunicaciones de los Estados Unidos, Japón, países Europeos y de Chile.

Como fuentes bibliográficas se consultaron las publicaciones de Artech House "Introduction to 3G Mobile Communications, de Juha Korhonen, segunda edición 2003" y 3G CDMA2000 Wireless System Engineering, de Samuel C. Yang, edición 2004".

Con fecha 28 de septiembre de 2004 se envió el Informe de Avance al Sr. Manuel González.

Los operadores se mostraron muy abiertos a colaborar con este consultor, obteniéndose información valiosa para elaborar el Informe Final, con sus conclusiones y recomendaciones.

I.- INTRODUCCIÓN

En 1991 fecha de lanzamiento comercial del sistema GSM, la ETSI ya había comenzado el trabajo para estandarizar las redes de la siguiente generación, en el comité técnico Special Mobile Group (SMG). Este nuevo sistema fue llamado Universal Mobile Telecommunications System (UMTS).

El trabajo de estandarización no solo se realizó dentro de la ETSI, si no que hubo otras organizaciones y programas de desarrollo con el mismo objetivo. En el año 1996 se creó el Forum UMTS para acelerar la elaboración de los estándares requeridos. Adicionalmente a los trabajos realizados en Europa hubo programas 3G en Estados Unidos, Japón y Corea, además de las compañías de telecomunicaciones que tenían sus propias actividades de desarrollo.

Un salto importante en el desarrollo se logró en los años 1996 y 1997 en que tanto la Association of Radio Industries and Businesses (ARIB) de Japón y la ETSI de Europa eligieron el WCDMA como candidato para la interfaz de radio en 3G.

Posteriormente, las compañías más importantes de telecomunicaciones unieron sus fuerzas en el programa 3GPP, cuya meta es producir las especificaciones de un sistema 3G basado en el sistema Universal Terrestrial Radio Access (UTRA) de ETSI para la interfaz de radio y el sistema avanzado GSM/GPRS Mobile Application Part (MAP) para el soporte de red. Hoy en día es la organización 3GPP quien lleva la mayor responsabilidad en el desarrollo de 3G.

El espectro es generalmente considerado un recurso escaso por parte de las Administraciones de telecomunicaciones. El espectro inicial atribuido para UMTS es similar en Europa y en Japón, pero en los Estados Unidos la mayor parte del espectro atribuido a UMTS ha sido atribuido a las redes PCS de 2G, muchas de las cuales se han desplegado en pequeñas sub-bandas de 5 MHz. Es por esto que las propuestas para la CDMA2000 son muy atractivas para los operadores de Estados Unidos.

La propuesta de 3GPP2 para un estándar de 3G es compatible en cuanto al ancho de banda de las portadoras con el sistema IS-95B, y pueden coexistir en el mismo espectro simultáneamente. Sistemas como el IS-2000 pueden introducir sistemas 3G en bandas ya utilizadas por la segunda generación (Estados Unidos y en otros países de las Américas donde opera CDMA con IS-95). Este último caso considera las inversiones ya realizadas como útiles y necesarias, que requieren inversiones marginales para proveer 3G. El IS-2000 es la evolución natural del IS-95.

Las bandas IMT-2000, inicialmente atribuidas por la UIT, son de 1885 – 2025 MHz y 2110 – 2200 MHz. De estas bandas la componente satelital toma desde

1980 – 2010 MHz y de 2170 – 2200 MHz. Posteriormente estas atribuciones fueron ampliadas como veremos más adelante.

La Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones, en 1993, atribuyó espectro para los servicios móviles 2G. La Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones del año 2000, aumenta significativamente la atribución de espectro para la tercera generación (3G).

En la CAMR 97 apareció el concepto de IMT-2000 “Internacional Mobile Telecommunications”, como un marco para el acceso móvil mundial, al permitir conectar diversos sistemas de redes terrenales y por satélite. Luego de largos debates en el año 2000 se aprueba en la UIT el estándar técnico para 3G bajo la denominación de IMT-2000. Se consideró que el espectro comprendido entre los 400 MHz y 3.000 MHz era factible para el uso de 3G.

Las expectativas del IMT-2000 son proveer la transmisión de altas velocidades de datos con un mínimo de 2 Mbps para estaciones fijas o peatones y 384 kbps para estaciones móviles en vehículos, y servicios multimediales.

Qualcomm tiene sus estándares de alta velocidad propietarios, llamados High Data rate (HDR), que se usa en las redes IS-95. Este estándar proporciona una velocidad de datos de 2,4 Mbps. Se ha formulado un estándar para el HDR en la IS-856. El término 1xEV-DO es utilizado para el interfaz de radio no propietario que agrega componentes de radio TDMA junto con los componentes inherentes de su código para soportar aplicaciones de alta velocidad muy asimétricas.

En Japón también se desarrolló PDC para proveer datos a alta velocidad. La NTT DoCoMo ha desarrollado un servicio propietario llamado “i-mode” para el acceso a Internet y navegar en los sitios WEB, acceso al correo electrónico, en forma rápida y económica. Detrás de la interfaz de radio PDC se utiliza una red de paquetes llamada (PDC-P), que permite tasar por cantidad de datos recibido y no por tiempo de uso, como es en conmutación de circuitos tradicional.

Este servicio ha tenido mucho éxito en Japón y en junio del 2002 tenía más de 33 millones de suscriptores. Sin embargo, la corriente mundial de 3G es utilizar el estándar WCDMA y el CDMA2000 en países la región 2 de la UIT.

Los servicios de mensajes multimediales (MMS), son del tipo punto a punto, en cambio los servicios MBMS son punto multipunto, ambos en tiempo diferido, y que permiten presentaciones cortas multimediales a los usuarios. Es posible utilizar servicios en tiempo real usando el dominio IMS. El servicio MMS es uno de los más atractivos del UMTS. La transmisión de video, voz, y texto al mismo tiempo permite ofrecer nuevas aplicaciones móviles. Finalmente, cabe señalar que la mayor velocidad de acceso de banda ancha obtenida con el sistema 3G para los servicios MMS y MBMS hacen la diferencia con los servicios de 2,5G.

II. Objetivos del Estudio

Desarrollar un estudio que proporcione a la Subsecretaría de Telecomunicaciones, en adelante SUBTEL, una herramienta de apoyo para el análisis y toma de decisiones que permita facilitar la introducción de los servicios móviles de tercera generación, incluyendo las diversas alternativas tecnológicas de este servicio.

III. Marco de Referencia

1. Elaborar un informe que describa los distintos estándares de 3G, incluyendo las características técnicas, bandas utilizadas, así como también el grado de implementación en los países en que funciona (cantidad de operadores, cantidad de clientes, servicios adicionales y precios de equipos terminales) y las proyecciones para los otros casos. Además se deberá señalar las eventuales compatibilidades entre ellos y los actuales estándares de telefonía móvil (2G y 2,5G).
2. Elaborar un informe respecto de la factibilidad de introducir en Chile el servicio público de telefonía móvil digital avanzado en la banda europea, evaluando dicha posibilidad desde un punto de vista técnico, económico y legal, incluyendo las migraciones necesarias.
3. Proponer además otras alternativas de solución, identificando los problemas regulatorios asociados y plantear las modificaciones que fueran necesarias para su implementación.
4. Elaborar un informe final que contenga: un resumen ejecutivo, el desarrollo de las actividades detalladas en los puntos 1 a 3 anteriores, junto con las conclusiones y recomendaciones del estudio.

El Informe Final debe plantear las diversas alternativas para introducir estos servicios en el país con las respectivas evaluaciones económicas y legales que corresponda, junto con las recomendaciones del caso.

IV- Investigación de los distintos estándares 3G en el mundo

A.- Bandas propuestas para las distintas regiones del Mundo

La CMR-2000 de la UIT en Estambul identificó las bandas de frecuencias 1710 – 1885 y 2500 – 2690 MHz para el IMT-2000.

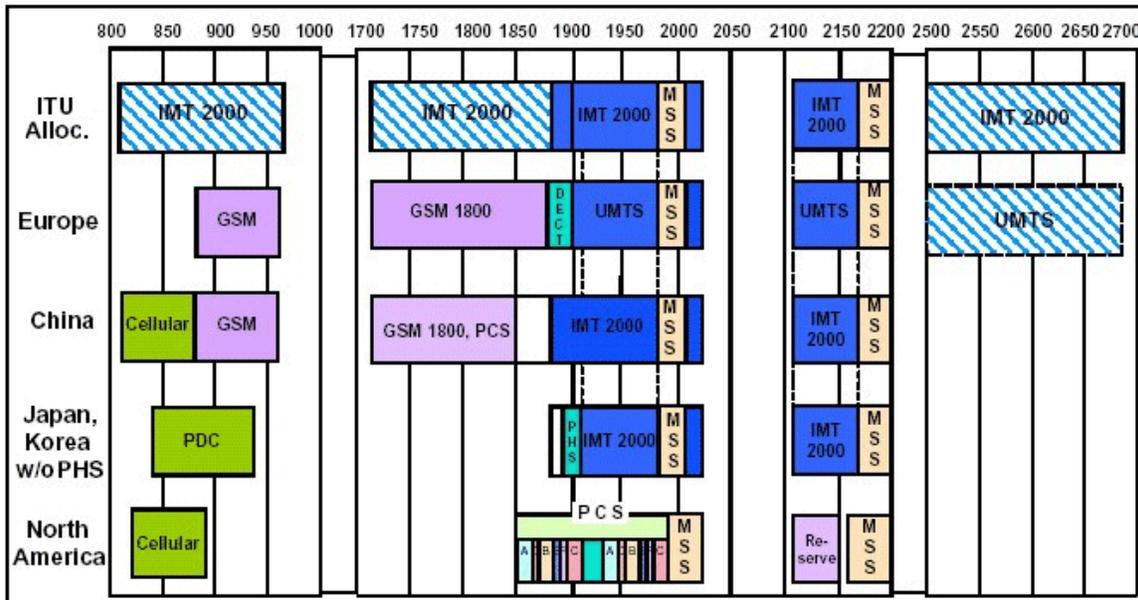
- Identificó aquellas partes de la banda 806 – 960 MHz que está atribuidas al servicio móvil en categoría primaria.

- Admitió también que las Estaciones en Plataformas Estratosféricas (HAPS) pueden utilizar las bandas de frecuencias para IMT-2000 terrestre en condiciones restringidas.

- Decidió que las bandas de frecuencias 1525 – 1544; 1545 – 1559; 1610 – 1626,5; 1626,5 – 1645,5; 1646,5 – 1660,5 y 2483,5 – 2500 MHz pueden ser usadas por la parte satelital del IMT-2000, así como las bandas de 2500 – 2520 MHz y 2670 – 2690 MHz, dependiendo del desarrollo del mercado.

- Decidió que la banda o parte de la banda 1710 – 1885 MHz y 2500 –2690 MHz se han identificado para el uso del IMT-2000 para aquellas administraciones que quieran implementar este sistema. Esta identificación no impide el uso de estas bandas para cualquier otra aplicación de los servicios a los que ya están atribuida y no otorga prioridad en el Reglamento de Radiocomunicaciones.

A continuación se muestra un cuadro N°1 de atribución de bandas de frecuencias de la UIT y para los principales países del mundo, con bloques para IMT-2000.



Cuadro N°1 de Atribuciones de bandas de frecuencias IMT-2000

B.- Características técnicas: tecnologías de interfaz aérea (radio), ancho de banda de la portadora, bloques de frecuencia asignados y las diversas tecnologías de acceso.

1.- Propuesta de estándar técnico de 3G

Han habido diferentes propuestas para un estándar global de 3G. Estas se agrupan de acuerdo con la tecnología de soporte siguientes:

- WCDMA
- TDMA avanzado
- CDMA/TDMA híbrido, y
- Orthogonal frequency division multiplexing (OFDM)

1.1 WCDMA

Por definición el ancho de banda del WCDMA es de 5 MHz o más, y estos 5 MHz es el ancho banda nominal de todas las propuestas 3G que se han hecho para WCDMA. Este ancho de banda se eligió porque:

- Es suficiente para dar velocidades de datos de 144 kbps y 384 kbps (que eran la meta propuesta para terminal móvil en 3G), y en buenas condiciones puede dar hasta 2 Mbps (terminal fijo o peatonal).
- Se trató de utilizar el menor ancho de banda posible para ahorrar este recurso, ya que debía usarse también las frecuencias que ya estaban en uso en los sistemas 2G.
- Este ancho de banda es más robusto para la multitrayectoria que con anchos más angostos, con lo que se mejoran las características.

Las propuesta WCDMA para la interfaz de radio se pueden dividir en dos grupos: redes síncronas y redes asíncronas. En las redes síncronas todas las estaciones bases se sincronizan entre sí, con lo cual se logra un interfaz de radio más eficiente ya que permite reducir la relación de protección señal deseada/señal interferente y hacer un uso más eficiente del espectro, pero es más costosa. Se puede lograr la sincronización a través de la señal Global Positioning System (GPS) en todas las estaciones bases, sin embargo, existen zonas de la ciudad que quedan sin cobertura de GPS, debido a zonas de sombra de edificios y en interiores.

Otras características del WCDMA incluyen control rápido de potencia del transmisor, tanto en el enlace de subida como en el de bajada, y la posibilidad de cambiar la velocidad de bits y los parámetros de servicios en cada ventana (frame) utilizando dispersión variable.

La propuesta de ETS/ARIB para WCDMA era asíncrona así como la propuesta de Corea TTA II. La propuesta de Corea TTA I y el CDMA2000 incluyen redes síncronas.

La propuesta WCDMA de ETSI/ARIB ha sido la más popular para sistemas 3G. Originalmente fue respaldada por Ericsson, Nokia, y las grandes compañías japonesas incluyendo la compañía japonesa NTT DoCoMo. Posteriormente fue aceptada por fabricantes Europeos y se le denominó UTRAN, o más precisamente UTRAN/FDD. Es muy atractivo para los operadores GSM ya que su red de soporte se basa en la red GSM MAP, y las nuevas inversiones requeridas son menores que la de otros sistemas 3G propuestos. Ello también significa que los actuales servicios GSM podrán estar disponibles desde el primer día en la red UMTS. Las especificaciones para esta propuesta han continuado desarrollándose por el consorcio 3GPP liderado por la industria.

1.2 CDMA2000

La propuesta de CDMA2000 es compatible con el sistema IS-95 de Estados Unidos. Los que respaldan este estándar son los operadores existentes con IS-95, y los fabricantes Qualcomm, Lucent y Motorola. Las especificaciones para esta propuesta han continuado su desarrollo por el consorcio 3G Partnership Project number 2 (3GPP2) como se verá más adelante. A pesar que el CDMA2000 tiene menos soporte que el sistema soportado por 3GPP, va a ser una tecnología importante en las áreas donde existen redes IS-95. En Estados Unidos las redes 3G deben usar en muchos casos el espectro para 2G existente y por ello el CDMA2000 es una tecnología atractiva que puede coexistir con los sistemas IS-95, con la diferencia que en el bloque de frecuencias entran solo tres portadoras, en vez de 12 portadoras. La red de soporte es diferente de la GSM MAP ya que utiliza la red de soporte ANSI-41.

Como el CDMA2000 emplea una red síncrona, la eficiencia lograda es atractiva para los nuevos operadores así como para los operadores existentes con GSM que estén más preocupados de desplegar una red eficiente que atender las necesidades de sus antiguos suscriptores. Cabe la posibilidad que estos operadores pueden abandonar el sistema GSM y desplegar el sistema CDMA2000 en lugar de actualizar la red al modo UTRAN/FDD.

1.3 TDMA avanzado

En los años 90 se hicieron investigaciones serias en torno al sistema TDMA avanzado. Por algún tiempo la investigación Europea se concentró entorno de los sistemas TDMA, y el CDMA se veía como una alternativa secundaria. Sin embargo, en la alternativa del IMT-2000 el sistema UWC-136 fue el único sobreviviente como propuesta para 3G, y con solo el respaldo de Estados Unidos. Para el año 2002, el UWC-136 no fue ni siquiera respaldado por el Universal Wireless Communications Consortium (UWCC), sin embargo los

operadores de Estados Unidos que utilizaban TDMA (IS-136) y GSM han decidido adoptar el WCDMA, que es el sistema IMT-DS, como su tecnología 3G.

El UWC-136 es compatible con el estándar IS-136. Este utiliza tres tipos de portadoras:

- 30 kHz
- 200 kHz, y
- 1,6 MHz

La más angosta de 30 kHz es la misma que la del sistema IS-136, pero con un esquema de modulación diferente. La de 200 kHz, usa los mismos parámetros que el EDGE y provee velocidades de datos de hasta 384 kbps. Esta portadora está diseñada para tráfico vehicular y en exteriores. La portadora de 1,6 MHz es solo para uso en interiores y da velocidades de datos de hasta 2 Mbps. Los patrocinadores del sistema UWC-136 son los operadores de Estados Unidos que operan con IS-136. Este sistema se llama IMT-SC en la jerga del IMT-2000.

Sin embargo, cuando se discute el sistema TDMA avanzado hay que hacer notar que el sistema 2,5 G con todos sus avances planificados (GPRS, HSCSD, EDGE) es también capaz de utilizar el sistema TDMA. Puede que no se llame un sistema 3G pero la diferencia entre él y un sistema 3G es muy estrecha, al menos durante los primeros años de despliegue del sistema 3G. Hay muchas maneras de mejorar más la infraestructura GSM. Por otra parte, el trabajo de desarrollo del sistema GSM ha sido trasladado a los grupos de trabajo del 3GPP, por lo que, muy probablemente que las nuevas aplicaciones que tenga UTRAN, también serían factibles en las redes GSM.

1.4 CDMA / TDMA híbrido

Esta solución fue examinada en el proyecto FRAMES de Europa y fue también ocho ranuras de tiempo y en cada ranura se multiplexan los diferentes canales utilizando CDMA. Esta estructura de ventana habría sido compatible con GSM.

Esta propuesta de la ETSI no ha seguido desarrollándose. Sin embargo, la modalidad UTRAN / TDD es también es un sistema CDMA / TDMA híbrido.

Cada ventana de transmisión es dividida en 15 ranuras de tiempo, y cada ranura se multiplexa con CDMA.

1.5 OFDM

OFDM se basa en el principio de modulación de multiportadoras que implica dividir un flujo de datos en varios flujos paralelos de bit (sub-canales), con

velocidades menores al original. Estos subcanales son modulados utilizando portadoras ortogonales. Con lo cual se pueden aproximar mucho en el espectro de frecuencias e incluso se pueden traslapar, sin interferirse. El largo de cada símbolo es más grande ya que se transmiten a una velocidad menor, y se disminuye la interferencia intersímbolo, lo que resulta en un sistema muy eficiente en el uso del espectro.

Los sistemas de radiodifusión digital y de radiodifusión televisiva digital se basan en sistema OFDM. También se utiliza en los Wi-Fi con protocolo 802.11a, 802.11 g y sistemas WLAN HiperLAN2, y los sistemas ADSL.

Las principales ventajas del sistema OFDM son las siguientes:

- Uso eficiente del ancho de banda: Las subportadoras pueden superponerse parcialmente,
- Es resistente a interferencias de banda angosta, y
- Es resistente a la interferencia multitrayectoria.

La principal desventaja es la gran diferencia entre la potencia pico y la potencia media.

Ninguna de las tecnología IMT-2000 elegidas emplea OFDM. Sin embargo, como algunas tecnologías WLAN usan OFDM, y el interfuncionamiento de WLAN y telefonía móvil es el camino del futuro, es muy posible que el OFDM entre en el mundo móvil por la puerta trasera como parte de un sistema WLAN móvil, tal como ha ocurrido recientemente con terminales PCS y celulares con Wi-Fi para ofrecer telefonía IP en interiores. También es posible que algunos HSDPA avanzados incluyan portadoras OFDM.

1.6 IMT-2000

El IMT-2000 es la especificación que acoge a todos los sistemas 3G. Originalmente, el objetivo de la UIT, era tener una sola especificación global 3G, pero por razones tanto técnicas como políticas ello no ocurrió.

En la reunión de la UIT de Helsinki de 1999, se adoptó la siguiente propuesta como IMT-2000 compatible:

- IMT Espectro Ensanchado (IMT-DS); también conocida como UTRA FDD);
- Multiportadoras IMT (IMT-MC; también conocido como CDMA2000);
- IMT con Codificación en el Tiempo (IMT-TC; también conocido como UTRA-TDD / TD-SCDMA "TDD de banda angosta")
- IMT Portadora Simple (IMT.SC; también conocida como UWC-136);
IMT Frecuencia y Tiempo (IMT-FT; también llamado DECT).

Con esta diversidad de sistemas aceptados queda claro que la UIT adoptó la política de no excluir ningún candidato para la especificación del IMT-2000. Así queda claro que el IMT-2000 no es una especificación única de interfaz de radio sino que una familia de especificaciones que no tienen nada en común.

Desde entonces ha habido mucho progreso en los sistemas 3G. Las propuestas IMT-DS e IMT-TC han sido desarrolladas por el consorcio 3GPP. La propuesta IMT-MC ha sido adoptada por otro consorcio, el 3GPP2.

Sin lugar a duda el sistema IMT-2000 más importante va a ser el sistema IMT-DS, seguido por el IMT-MC. La propuesta IMT-SC fue patrocinada por el UWCC, pero esta organización tomó la decisión de adoptar el sistema IMT-DS (o sea el WCDMA) para la tecnología 3G. En diciembre del 2001 la organización UWCC cesó sus funciones, y en enero del 2002 nace la organización "3G Américas" con la misión de apoyar la migración de las redes GSM y TDMA al estándar WCDMA en las Américas. IMT-TC se dividió en dos estándares: TDD y TD-SCDMA. Ambos estándares están especificados, pero hasta el momento no hay mucho interés comercial en ellos.

2. Bloques de frecuencias

De conformidad con la especificación TS 25.141 versión 6.6.0, de junio del 2004 de 3GPP, los bloques de frecuencias para el sistema UTRA son las siguientes:

2.1 Bloques de frecuencias para UTRA/FDD

Bandas de Operación	Frecuencias de subida Tx Móvil, Nodo B Rx	Frecuencias de bajada Rx Móvil, Nodo B Tx
I	1920 – 1980 MHz	2110 –2170 MHz
II	1850 –1910 MHz	1930 –1990 MHz
III	1710-1785 MHz	1805-1880 MHz
IV	1710-1755 MHz	2110-2155 MHz
V	824 – 849MHz	869-894MHz
VI	830-840 MHz	875-885 MHz

Tabla N°1: Bandas de frecuencias 3G

Se ha establecido la siguiente separación para los bloques de frecuencias de subida y de bajada.

Bandas de operación	Separación de frecuencias TX-RX
I	190 MHz
II	80 MHz.
III	95 MHz.
IV	400 MHz
V	45 MHz
VI	45 MHz

Tabla N°2 : Separación de los bloques de frecuencias de subida-bajada

2.1.1 Canalización

2.1.1.1 Separación de canales

La separación nominal de canales es de 5 MHz, pero puede ser ajustada para optimizar algún despliegue especial.

2.1.1.2 Canal raster

El canal raster es de 200 kHz, para todas las bandas excepto la banda II donde la frecuencia central puede ser un múltiplo entero de 200 kHz. En la banda II, existen 12 frecuencias centrales que son especificadas de acuerdo con la tabla N°3, y las frecuencias centrales para estos canales se encuentran desplazadas en 100 kHz respecto a un normal raster.

2.1.1.3 Número de canal

La frecuencia portadora ha sido designada por “UTRA Absolute Radio Frequency Channel Number” (UARFCN). Estos valores se definen en las siguientes tablas N°3 y tabla N°4:

Enlace de subida (UL) Tx Móvil, Nodo B Rx		Enlace de bajada (DL) Rx Móvil, Nodo B Tx	
UARFCN	Frecuencia portadora [MHz] (F_{UL}) (Nota 1)	UARFCN	Frecuencia portadora [MHz] (F_{DL}) (Nota 2)
$N_u = 5 * F_{UL}$	$0.0 \text{ MHz} \leq F_{UL} \leq 3276.6 \text{ MHz}$	$N_d = 5 * F_{DL}$	$0.0 \text{ MHz} \leq F_{DL} \leq 3276.6 \text{ MHz}$
Nota 1: F_{UL} es la frecuencia de subida en MHz Nota 2: F_{DL} es la frecuencia de bajada en MHz			

Tabla 3: Definición general UARFCN

Banda	Enlace de subida (UL) Tx Móvil, Nodo B Rx		Enlace de bajada (DL) Rx Móvil, Nodo B Tx	
	UARFCN	Frecuencia portadora [MHz] (F_{UL})	UARFCN	Frecuencia portadora [MHz] (F_{DL})
II	$N_u = 5 * (F_{UL} - 1850.1 \text{ MHz})$	1852.5, 1857.5, 1862.5, 1867.5, 1872.5, 1877.5, 1882.5, 1887.5, 1892.5, 1897.5, 1902.5, 1907.5	$N_d = 5 * (F_{DL} - 1850.1 \text{ MHz})$	1932.5, 1937.5, 1942.5, 1947.5, 1952.5, 1957.5, 1962.5, 1967.5, 1972.5, 1977.5, 1982.5, 1987.5
IV	$N_u = 5 * (F_{UL} - 1480.1 \text{ MHz})$	1712.5, 1717.5, 1722.5, 1727.5, 1732.5, 1737.5 1742.5, 1747.5, 1752.5	$N_d = 5 * (F_{DL} - 1820.1 \text{ MHz})$	2112.5, 2117.5, 2122.5, 2127.5, 2132.5, 2137.5, 2142.5, 2147.5, 2152.5
V	$N_u = 5 * (F_{UL} - 670.1 \text{ MHz})$	826.5, 827.5, 831.5, 832.5, 837.5, 842.5	$N_d = 5 * (F_{DL} - 670.1 \text{ MHz})$	871.5, 872.5, 876.6, 877.5, 882.5, 887.5
VI	$N_u = 5 * (F_{UL} - 670.1 \text{ MHz})$	832.5, 837.5	$N_d = 5 * (F_{DL} - 670.1 \text{ MHz})$	877.5, 882.5

Tabla 4: Definición de canales adicionales UARFCN

2.2 Bloques de frecuencias para UTRA/TDD

Se ha planificado para la operación de UTRA/TDD las siguientes bandas de frecuencias, según el estándar TS.142 V6.1.0 de junio del 2004 del 3GPP:

- a) 1900 – 1920 MHz: Subida y bajada en transmisión
- 2010 – 2025 MHz Subida y bajada en transmisión
- b)* 1850 – 1910 MHz: Subida y bajada en transmisión
- 1930 – 1990 MHz: Subida y bajada en transmisión
- c)* 1910 – 1930 MHz: Subida y bajada en transmisión

* Los bloque b) y c) se utilizan en la Región 2 de la UIT

No se han excluido el uso de las bandas ya existentes así como otras bandas de frecuencias.

La coexistencia de TDD y FDD en la misma banda se encuentra en estudio por el Grupo de Trabajo 4 (WG4) de la UIT (Ver página 16 de estándar 3GPP TS 25.142 V6.1.0 (2004-06)).

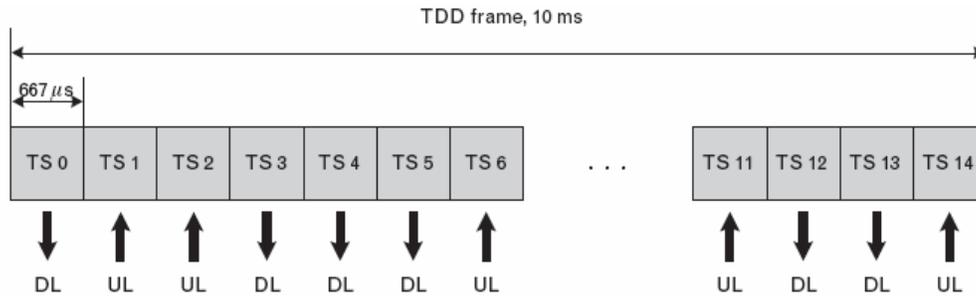
La información proporcionada en este punto está basada en estándar TS.105 del 3GPP para una tasa de chip de 3,84 Mcps y 1,28 Mcps, respectivamente. (otras tasas de chip pueden ser consideradas en futuras actualizaciones de UTRA/TDD)

2.2.1 Separación de frecuencias TX–RX

- a) Opción TDD a 3,84 Mcps

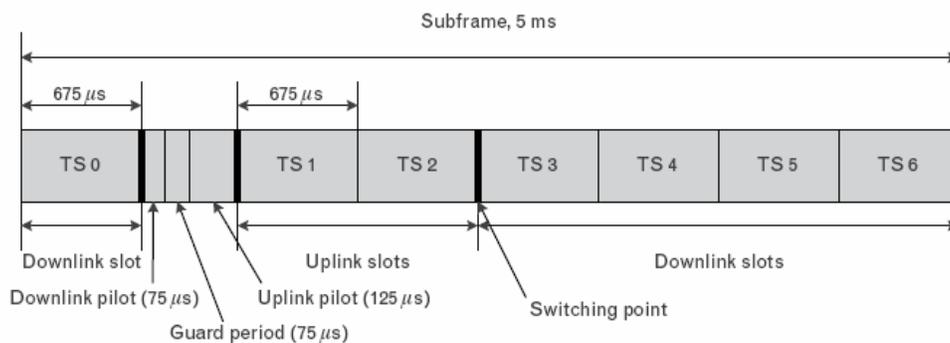
No se requiere una separación entre TX-RX cuando se emplea Time Division Duplex (TDD). Cada trama TDMA consiste en 15 ranuras de tiempo en donde a cada ranura de tiempo se puede utilizar para transmisión y recepción secuencialmente.

A continuación se muestra un ejemplo de una trama TDD con 15 ranuras de tiempo, en una trama de 10 milisegundos.



b) Opción a 1,28 Mcps

No se requiere una separación entre TX-RX cuando se emplea Time Division Duplex (TDD). Cada subtrama consiste en 7 ranuras de tiempo principales y tres de control (piloto de bajada, período de guarda y piloto de subida), dando un total de 5 milisegundos de la subtrama, donde todas las ranuras de tiempo principales (menos la primera) se utilizan para la subida antes del punto de conmutación y las restantes de bajada. El punto de conmutación define cuantas ranuras son de subida y cuantas de bajada, lo que permite tráficos asimétricos.



2.2.2 Canalización

a) Espaciamiento de canales para 3,84 Mcps

El espaciamiento nominal de canales es de 5 MHz, pero este puede ser ajustado a despliegues específicos.

b) Espaciamiento de canales para 1,28 Mcps

El espaciamiento nominal de canales es de 1,6 MHz, pero éste puede ser ajustado a despliegues específicos.

2.2.3 Canal raster

El canal raster es cada 200 kHz, o sea las frecuencias portadoras son múltiplos de 200 kHz.

2.2.4 Número de canales

El valor de la frecuencia portadora en las bandas IMT-2000 según (UARFCN) "UTRA Absolute Radio Frequency Channel Number" es la siguiente:

$$N_t = 5 * F \text{ MHz} \quad 0,0 \leq F \leq 3276,6 \text{ MHz}$$

Donde F es la frecuencia portadora en MHz

2.3 Ancho de banda de la emisión

El ancho de banda de la emisión para el UTRA/FDD con 3,84 Mcps se encuentra definida en la cláusula 6.5.2 del estándar TS 25.141, donde se indica la máscara de la emisión para una portadora con un ancho de banda menor a 5 MHz.

Para los sistemas UTRA/TDD con 3,84 Mcps el ancho de banda ocupado debe ser menor que 5 MHz, de acuerdo con la cláusula 6.6.1.1 del estándar TS25.105 de 3GPP.

Para UTRA/TDD con 1,28 Mcps el ancho de banda ocupado debe ser menor que 1,6 MHz de acuerdo con la cláusula 6.6.1.2 del estándar TS 25.105 de 3GPP.

2.4 Emisión de espureas y co-ubicación

Las estaciones bases deberán cumplir con los estándares TS 25.141 V6.0.0 y el TS 25.142 V6.1.0 de 3GPP. En estos estándares se indican los niveles de emisiones espureas para la coexistencia de estaciones UTRA con GSM en las distintas bandas de frecuencias. Adicionalmente, las emisiones espureas deben cumplir con la recomendación UIT-R SM.329-6.

2.5 Escenarios en la banda 2,5/2,69 GHz

El 3GPP ha elaborado el estándar TR 25.889 V6.0.0 de junio del 2003, donde propone diversos escenarios para planificar la banda 2.500 a 2690 MHz tanto en los modos UTRA FDD y TDD. Debido a la diferencia entre estos dos modos en su sistema dúplex que tienen características intrínsecas muy distintas, conviene tratarlos en forma separada.

Se ha propuesto que en esta banda los sistemas serán UTRA FDD o UTRA TDD y no se ha considerado la coexistencia de ambos. Sin embargo, se tiene presente que la combinación de TDD y FDD en las bandas nuevas es una opción válida como se ha estudiado en el grupo de trabajo 8F de la UIT-R (Revisión de la Rec UIT-R M.1036.1).

En el cuadro N°2 se muestran siete escenarios posibles para utilizar la banda:

MHz	2500	2690
Escenario 1	FDD UL (internal)	TDD
Escenario 2	FDD UL (internal)	FDD DL (external)
Escenario 3	FDD UL (internal)	TDD
Escenario 4	FDD DL (external)	TDD
Escenario 5	TDD	FDD DL (external)
Escenario 6	TDD	TDD
Escenario 7	FDD DL (external)	FDD DL (internal)

Cuadro N°2: Escenarios de planificación del espectro en 2,5/2,69 GHz

V. Grado de implementación lograda a la fecha con la tecnología 3G.

En ANEXO se indica una tabla con el Estados de las Redes 3G en el Mundo, según EMC World Cellular Database.

1. Bandas 3G en Chile

La Subsecretaría de Telecomunicaciones planificó cambios de atribución de bandas de frecuencias en el Plan General de Uso del Espectro, Decreto N°15, mediante el Decreto N°411 del 10.08.95, atribuyendo la banda 1710 a 2290 MHz a los servicios fijo y móvil. Este cambio permitió posteriormente destinar parte del bloque de frecuencias para el Servicio Público de Telefonía Móvil Digital Avanzado 3G, mediante la Resolución Exenta N°1.144, de 26.09.00 en la banda 1710-1850 MHz y 2110-2170 MHz, con bloques de 15 MHz. Mediante este

estudio de consultoría la Subsecretaría de Telecomunicaciones continúa analizando el sistema 3G para su ulterior implementación en el país.

2. Bandas en Estados Unidos

Estados Unidos ha estimado que requiere un espectro entre 300 MHz a 420 MHz para satisfacer las necesidades de 3G. Por ahora, ha atribuido el espectro en las bandas entre 1.710 a 1.755 MHz y 2.110 a 2.155 MHz y recientemente (09 de septiembre de 2004) ha hecho una atribución adicional de 20 MHz a los 90 MHz ya atribuidos para 3G. Los bloques adicionales son con un ancho de 5 MHz en las frecuencias 1915-1920 MHz, 1995-2000 MHz, 2020-2025 MHz y 2175-2180 MHz .

2.1 Banda 1710-1755 MHz

Esta banda está atribuida para los servicios fijos y móviles de Gobierno. Además, la banda de 1718,8-1722,2 MHz puede utilizarse para radioastronomía, sin protección contra interferencias. Actualmente la banda se utiliza para los enlaces de microondas punto a punto, enlaces militares tácticos, y sistemas de telemetría aérea. La NTIA ha planificado el traspaso de esta banda a la FCC para uso no gubernamental en el año 2004, satisfaciendo el Acta Omnibus Budget Reconciliation Act of 1993 (OBRA 93), sin embargo, se espera que el año 2005 la FCC llame a licitación. Las facilidades de microondas de las agencias federales en la banda de 1710 – 1755 seguirían operando con protección contra interferencias.

Por otra parte, el Balanced Budget Act of 1997 (BBA 97) exige que este espectro sea utilizado para uso comercial accediendo a través de licitaciones competitiva a partir de 2001.

2.2 Banda 1755-1850 MHz

Esta banda en Estados Unidos se utiliza para las siguientes aplicaciones principales federales:

- a) telecomando, seguimiento y control espacial (TT&C, or space operations),
- b) enlaces fijos de microondas de mediana capacidad,
- c) enlaces de radio para entrenamiento táctico; y
- d) aplicaciones aeronáuticas móviles como telemetría, video y sistemas de prospección de objetivos.

El uso de esta banda es de uso exclusivo del gobierno para múltiples usos y con un gran costo de cambio. De estas aplicaciones hay algunas satelitales de la USAF que no es posible cambiar antes del 2017.

2.3 Banda 1850-1990 MHz (actual banda PCS).

La disposición RR S5.388, adoptada en la CMR-92, estipula que la banda 1885 - 2025 MHz se pretende utilizar en el mundo por las Administraciones que deseen implementar IMT-2000, sin excluir su uso para otras aplicaciones. En USA se utiliza para los servicios PCS en la banda 1850 – 1990, y la reglamentación tiene contemplado su posible uso en 3G.

2.4 Banda 2110-2150 MHz

La FCC ha identificado la banda de 2110 – 2200 MHz reasignando los servicios fijos existentes y destinándola a las nuevas tecnologías emergentes. El segmento de la banda de 2165 - 2200 MHz fue recientemente atribuido a servicios móviles satelitales. El BBA – 97 exige la reasignación de la banda 2110 – 2150 mediante licitaciones pública, que se están llevando a cabo en la actualidad.

La banda de 1990 – 2025 MHz ha sido recientemente asignada para servicios móviles satelitales que pueden formar parte de componentes de los servicios 3G.

2.5 Banda 2500-2690 MHz

En esta banda los servicios predominantes son MMDS (Multichannel Multipoint Distribution System) y ITFS (Instructional Television Fixed Service). MMDS e ITFS ocupan treinta y tres canales de 6 MHz (198 MHz). El MMDS además utiliza dos canales en la banda de 2150 – 2160 MHz. Cabe señalar que a nivel nacional hay más de 2500 licencias de MMDS en esta banda, sirviendo más de un millón de hogares de TV en Estados Unidos.

Las frecuencias MMDS en las bandas de 2,1 y 2,5 – 2,7 GHz también pueden utilizarse para el acceso de banda ancha, voz, video e Internet. El FCC ha reestructurado esta banda de frecuencias expandiendo el espectro hacia abajo, desde 2.495 MHz a 2.690 MHz para servicios inalámbricos de banda ancha, incluidos aplicaciones fijas y móviles bidireccionales. Se han eliminado los canales 1 y 2 del MMDS en la banda 2,1 GHz.

Los servicios ITFS son empleados para fines educacionales en escuelas y hospitales, y pueden también emplearse como acceso de banda ancha.

2.6 Asignación de bandas en Estados Unidos

La FCC en los Estados Unidos ha generado las reglas de servicio para el AWS (Advanced Wireless Services) en la banda 1,7/2,1 GHz, el 16 de octubre de

2003. Ha atribuido el espectro 1710-1755 MHz y 2110-2155 MHz para ser usado en el servicio 3G.

El plan de bandas para este espectro incluye una mezcla de tamaños de licencias y áreas geográficas. A continuación se expone la Tabla N°5 con los diversos bloques de frecuencias.

Bloque	Total MHz	Pareados	Área Geográfica
A	20	1710-1720 y 2110-2120 MHz	Área Económica (EA)
B	20	1720-1730 y 2120-2130 MHz	Grupo de Área Regional Económica (REAG)
C	10	1730-1735 y 2130-2135 MHz	(REAG)
D	10	1735-1740 y 2135-2140 MHz	Área de Mercado Celular (CMA)
E	30	1740-1755 y 2140-2155 MHz	(REAG)

Tabla N°5: Bandas para 3G

Estos bloques de frecuencias se han diseñado para poder operar con múltiplos de 2x5 MHz.

3. Necesidades de la Región 2

Recientemente, las Administraciones de la Región 2 de la UIT han comenzado a atribuir las bandas 1710-1770 MHz (subida) y pareada con la banda 2110-2170 MHz (bajada). Otros países como Brasil y Costa Rica se encuentran preparadas para introducir 3G en las bandas Europeas, ya que operan con DCS 1800 y tienen planificadas las bandas 1,9/2,1 GHz para 3G.

El Grupo 3GPP ha especificado la banda 2110-2170 MHz, que también podría ser usada con la banda 1710-1770 MHz. Esta banda ha sido designada como Banda IV, como se puede apreciar en la tabla N°1.

Es razonable esperar que en la Región 2 los operadores requieran instalar sistemas UTRA FDD en las bandas 1700/2100 MHz, ya que muchos operan con PCS 1900. También se requiere que coexista 3G con los sistemas celulares de 850 MHz en la Banda V y 1900 MHz de la banda II.

- GSM 850
- UMTS 850
- PCS 1900
- UMTS 1900

La NTIA de los Estados Unidos ha impuesto límites de interferencias debido a un pequeño número de estaciones terrenas operando en la 1761 a 1842 MHz, que restringe el nivel de bloqueo en banda, fijando el valor de -40 dBm/3,84 MHz para la banda de 1755 a 1770 MHz; y el nivel de espurias en banda es de -15 dBm/MHz para 2155 a 2170 MHz. Por lo tanto los sistemas que operen en Estados Unidos deberán cumplir con estas limitaciones, imponiendo restricciones a los bloques que limitan con las bandas antes indicadas.

VI Grado de implementación de UMTS en el mundo

El 72,83% del mercado móvil digital usa tecnología GSM (1.046 millones de abonados), existiendo 685 redes a nivel mundial. El 13,96% corresponden a sistemas CDMA en el mundo (208 millones de abonados). El 7,44% corresponde a sistema TDMA (106 millones de abonados) y el 4,27% corresponde a PDC (61 millones de abonados).

A continuación se muestra la tasa de crecimiento anual en las regiones Américas y el Caribe y en Latino América del número de abonados en el último año (marzo 2004) para las diversas tecnología móviles.

	GSM	CDMA	TDMA
Américas y el Caribe	118,08	23,78	-2,28
Latino América	189,25	30,06	10,05

Tabla N°6: Tasa de crecimiento anual (%) de usuarios móviles por tecnología (EMC marzo de 2004)

El 98% de los operadores que han obtenido licencias 3G en el mundo han adoptado el sistema UMTS que es la evolución natural del sistema GSM.

El 0,3% de los abonados móviles del mundo utilizan WCDMA, equivalentes a 4 millones a marzo del 2004 (Fuente: EMC World Cellular Database).

En mayo del 2004 ya habían sido lanzadas cuarenta y una redes (41) UMTS. Numerosos operadores Europeos tienen planificado iniciar sus operaciones entre el tercero y cuarto trimestre del 2004 (Fuente UMTS Forum de marzo del 2004).

Los primeros sistema comercial UMTS fueron lanzados en Europa el año 2002. El año 2001 la NTT DoCoMo había lanzado su propio sistema WCDMA llamado Freedom of Multimedia Access (FOMA) que no era un sistema compatible con el sistema IMT-2000, si no un estándar propietario basado en una especificación temporal antigua UMTS. Así aunque este sistema esta basado en los mismos

principios que el UMTS no es compatible con el y los aparatos UMTS no pueden hacer roaming con FOMA y viceversa.

La AT&T lanzó el 01 de septiembre de 2004 en Estados Unidos el servicio WCDMA (UMTS), en Dallas y San Diego. Por otra parte Verizon Wireless ha implementado su red con CDMA2000 1xEV-DO (IS-856) en San Diego.

A.- Costos de elementos de las redes y de terminales de usuarios

1. Costos de elementos de red

Los costos de construir una red UMTS son diferentes para un operador nuevo que entra al mercado que para uno con servicios ya instalados. Un nuevo operador sin infraestructura GSM tiene altos costos. Es el caso de la situación de Sonera/Telefónica en Alemania que tuvo un costo estimado de 6.200 millones de dólares. Gartner Dataquest hizo un estudio del costo marginal para crecer con GSM y UMTS, con mil nuevos suscriptores llegó a un costo por suscriptor de US\$200 para GSM y de US\$350 para UMTS, como se aprecia en la tabla N°7 siguiente:

Tabla N°7: Estimación de costos de sistemas GSM y UMTS

	Costos US\$ por abonado		Porcentaje de cambio	GSM	UMTS
	GSM	UMTS		(porcentaje)	(porcentaje)
Red de soporte	20,00	24,50	22,5%	10,0%	7,0%
Red de radio	70,00	101,50	45,0%	35,0%	29,0%
Enlaces de transmisión	40,00	80,50	101,3%	20,0%	23,0%
Mantenimiento de red	22,00	38,50	75,0%	11,0%	11,0%
Ventas y mercadeo	16,00	35,00	118,8%	8,0%	10,0%
Atención al cliente y facturación	20,00	42,00	110,0%	10,0%	12,0%
Administración de servicios TI	12,00	28,00	133,3%	6,0%	8,0%
Total	200,00	350,00	75,0%	100,0%	100,0%

Fuente: Gartner Dataquest

El costo total de la red UMTS para un nuevo entrante esta fuera del alcance de este estudio, ya que hay que considerar obras civiles terrenos, etc, de largo y complejo cálculo.

2. Costos de terminales

Los fabricantes se encuentran en plena actividad para producir nuevos terminales 3G con más prestaciones que los actuales con 2,5G y reducir los costo de fabricación.

En el lanzamiento de servicio 3G hecho recientemente por AT&T podemos encontrar terminales de usuario a un precio de US\$300, para los modelos

Motorola modelo A845 y Nokia 6651, al suscribirse al servicio del operador (este valor esta subsidiado). El precio de terminales UMTS en Europa es del orden de US\$580 como el terminal Sony Ericsson Z1010. El equipo NEC e808 cuesta para Europa US\$500. Existen varios terminales 3G en oferta por Internet pero muchos de ellos no se anuncian los precios y en otros van incluidos en los planes de contratación del servicio.

VII. Servicios en los sistemas 3G

1. Categorías de Servicios 3G

En las redes de telecomunicaciones modernas tales como las UMTS se pueden suministrar una gran variedad de servicios. Los conceptos de servicio y de definiciones empleadas en el UMTS han sido copiadas del mundo GSM, pero los parámetros de los servicios GSM son normalmente fijos, en cambio en UMTS pueden ser negociados en forma dinámica cada vez que se requiera.

Los servicios provistos por UMTS pueden dividirse en cuatro grandes clases:

- **Teleservicios:** Son los servicios que tienen una capacidad estandarizada fija de extremo a extremo entre los distintos usuarios. A título de ejemplo se tienen los siguientes teleservicios:

Telefonía; Llamadas de emergencia; Acceso a Internet; Mensajes cortos terminados y originados en el terminal móvil; Servicios de difusión por celda; voz y fax grupo 3 alternativo y Llamadas a grupos; Difusión de voz. En general, las redes GSM en el año 2000 soportaban telefonía, mensajería corta y llamados de emergencia.

- **Servicio de transporte en las tres capas bajas de la OSI (Bearer Services):**

Estos servicios son servicios básicos de telecomunicaciones que ofrecen la transmisión pura de señales entre los puntos de acceso y pueden ser en conmutación de circuitos o en paquetes. Los parámetros que definen el flujo del transporte pueden ser negociados entre la aplicación y la red. En los servicios 2G estos parámetros eran fijos. Dependiendo de la situación de tráfico de la red se pueden dar servicios de mayor o menor calidad o velocidad, lo cual se negocia durante la sesión.

- **Servicios suplementarios (SS):**

Los servicios suplementarios mejoran y complementan los teleservicios y los servicios de capas bajas. No pueden existir sin los servicios básicos. Normalmente residen en el conmutador.

Un servicio suplementario puede suplir varios servicios básicos de telecomunicaciones. También un servicio básico también puede tener varios servicios suplementarios. Estos pueden ser generales (para todos los usuarios) o preconvenidos (requieren un convenio con el usuario que lo suscribe).

- Servicios adicionales (soporte para servicios de valor agregado)

Hay dos tipos servicios adicionales: Los primero tienen que ver con características fijas del servicio tales como autenticación, autorización, registro y notificación. Los segundos tienen que ver con el control de sesión, la seguridad y privacidad, traducción de dirección, ubicación y tasación.

1.1. Servicios de difusión multimedia general y por grupos

Los servicios "Multimedia Broadcast/Multicast Service" (MBMS) corresponden a la nueva actualización de los servicios (release 6) y cuyas especificaciones técnicas están recién comenzando, por lo que solo se mencionarán los principios generales de estos servicios.

Los suscriptores de servicios 3G pueden suscribirse a muchos servicios de información diferentes, como por ejemplo noticias, noticias de congestión vehicular, deportivas combinadas con contenido multimedia, que pueden ser de mucho interés de los usuarios. Este tipo de información es de interés cuando la noticia es reciente, por lo que normalmente se manda a todos los usuarios suscritos en forma simultánea. Desde el punto de vista del operador de red es ineficiente mandar la misma noticia en forma separada a cada uno de los suscriptores, por lo que conviene difundir un mismo mensaje a todo el grupo suscrito usando canales comunes. Así todos los usuarios suscritos reciben la información en forma simultánea y los recursos de red se utilizan una sola vez. La distribución de este servicio puede ser suspendido momentáneamente si los recursos de red se encuentran ocupados.

La arquitectura de red de alto nivel para el MBMS se muestra en la figura N°1.

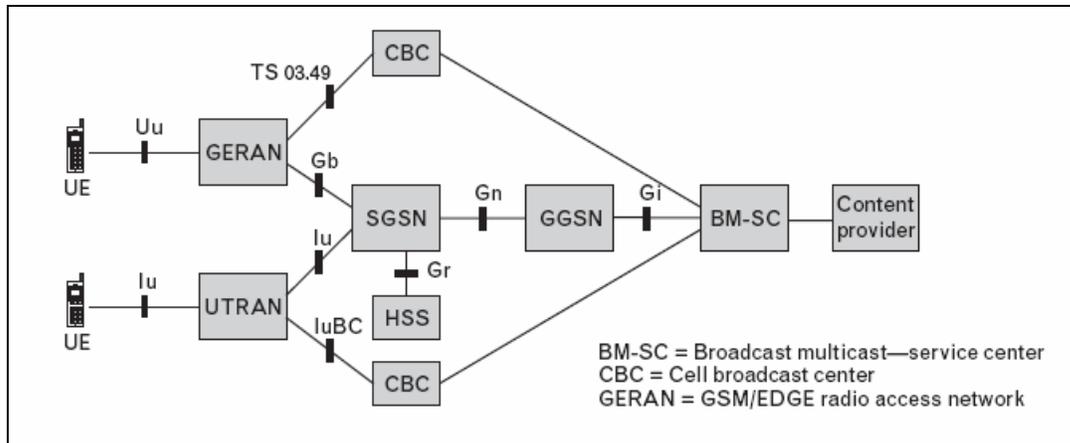


Figura N°1: Arquitectura del MBMS

Cabe señalar que el mismo servicio se puede ofrecer con el GSM/EDGE como se muestra en la figura N°1. El Centro de Distribución de Celdas (CBC) no transmite los servicios multimedia si no que las notificaciones de la difusión en grupos (Broadcast/Multicast).

1.2. Servicios de mensajes multimediales (MMS)

Los servicios MMS son del tipo punto a punto, en cambio los servicios MBMS son punto multipunto, ambos en tiempo diferido, y que permiten presentaciones cortas multimediales a los usuarios.

Existe la posibilidad de usar servicios multimediales en tiempo real usando el dominio IMS.

El servicio MMS es uno de los más atractivos del UMTS. La transmisión de video, voz, y texto al mismo tiempo permite ofrecer nuevas aplicaciones móviles.

Los formatos multimediales que deben ser soportados por todos los agentes MMS son los siguientes:

- Texto
 - Cualquier conjunto de caracteres que contenga un subconjunto de los caracteres lógicos de Unicode.
- Audio
 - Voz codificada AMR / EFR
- Imagen

- JPEG

- Video
- H.263 del UIT-T

Adicionalmente, se han sugerido los siguientes formatos:

- Audio: MP3; MIDI y AAC
- Imagen: GIF 89 a
- Video: MPEG4 y H.263 perfil 3 nivel 10, de la UIT-T

El servidor MMS es una entidad que debe procesar y guardar los mensajes. Puede utilizar una base de datos separada para almacenar los mensajes. También puede utilizarse un servidor separado para cada tipo de mensajes: Correo electrónico, e-mail, fax y MMS. En la práctica el servidor MMS puede estar combinado con el repetidor MMS. El repetidor MMS es una entidad de red con una larga lista de funciones. Es una entidad central que conecta a los agentes MMS a través de distintas redes: 2G, 3G e Internet, conecta con bases de datos y con servidores MMS. La especificación MMS del 3GPP da las siguientes funciones mandatorias para el repetidor MMS:

- Recibir y enviar mensajes multimediales;
- Suprimir mensajes de acuerdo a la información de filtrado del perfil del usuario;
- Convertir mensajes multimedia desde y hacia formatos de sistemas de mensajes de versiones más antiguos;
- Recuperación del contenido de mensajes;
- Notificación de mensajes al usuario MMS;
- Generación de informes de despacho;
- Encaminar mensajes enviados multimediales e informes de lectura y respuesta;
- Traducción de direcciones;
- Almacenamiento temporal de mensajes
- Asegurar que los mensajes no se pierdan hasta que no se hayan despachado exitosamente a otro MMSE;

Adicionalmente, la especificación recomienda que se provean las siguientes funciones:

- Generación de informes de tasación (CDR);
- Negociación de capacidades de los terminales.

Hay también una larga lista de funcionalidades adicionales que puede suministrar el repetidor MMS.

VIII. Compatibilidad con los sistemas 2G y 2,5 G

Los sistemas 2G proporcionan una velocidad entre 9,6 kbps y 28,8 kbps.

Los sistemas móviles 2,5 G son una versión avanzada de 2G y utilizan una de las siguientes tecnologías: high-speed circuit-switched data (HSCSD), General Packet Radio Services (GPRS), y Enhanced Data Rates for Global Evolution (EDGE). Los sistemas IS-136 pueden evolucionar a 2,5G al introducir GPRS y EDGE en su red. El sistema IS-95 es llamado también 2,5G cuando implementa IS-95B con 1xEV-DO (1xRTT).

La gran mayoría de los operadores GSM están pasando de GPRS a EDGE. El GPRS presta servicios hasta 115 kbps, pero el EDGE gracias al esquema de modulación de ocho Phase Shift Keying (8PSK) permite triplicar esta velocidad de datos. El sistema antiguo usaba modulación Gaussian Minimum Shift Keying (GMSK) que es más robusta que EDGE. EDGE proporciona un menor alcance que GMSK, sin embargo pueden coexistir ambas técnicas. También es posible utilizar GPRS con EDGE, esta combinación es conocida como enhanced GPRS (EGPRS). La máxima velocidad de datos con EGPRS es de 384 kbps, usando las ocho ranuras de tiempo.

Se puede dar la combinación de EDGE con HSCSD, llamado ECSD, que proporciona hasta tres veces la velocidad de datos de HSCSD. Una combinación de estos tres métodos permite disponer de un poderoso sistema, que puede ser competitivo con los primeros sistemas de 3G.

A continuación se muestra en la figura N°2 los escenarios de evolución de las distintas tecnologías 2G, 2,5G a 3G.

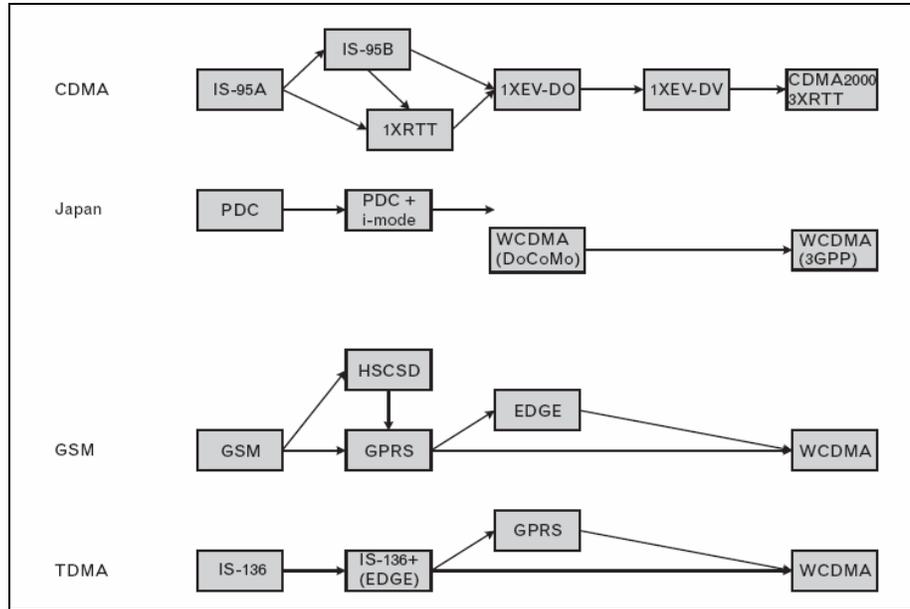


Figura N°2: Escenarios de evolución a 3G

IX.- Factibilidad de introducir en Chile el servicio público de telefonía móvil digital avanzado en la banda europea

A. Aspectos económicos

La euforia que se generó por la subasta de las bandas de frecuencias UMTS en Europa se evaporó rápidamente una vez que se constató que la deuda creciente impactaría a los operadores, como también la complejidad que implicaba el despliegue de un servicio comercial rentable.

Algo parecido a una parálisis está afectando a los operadores en la mayoría de los mercados europeos, pues han tomado una forma muy conservadora para el despliegue de 3G. Sin embargo, en Asia las cosas son diferentes:

- Primero, los operadores asiáticos en comparación con los europeos pagaron poco por sus licencias 3G, por lo que sus balances se ven saludables.
- Segundo, existen tecnologías 3G competitivas, que no permiten a los operadores sentarse y esperar su desarrollo. Especialmente en el norte de Asia, hay una competencia directa entre UMTS y CDMA2000.
- Tercero, hay un gran desarrollo de servicios 2G con valor agregado, especialmente como el I-mode en Japón (en la red de comunicación digital personal), Monternet en China (en la red GSM), y Nate en Corea (en la red CDMA). La fuerte competencia tecnológica, los balances, y el deseo de los usuarios de pagar por servicios de valor agregado indican que los operadores de los mercados avanzados tienen un caso de negocio viable para invertir en la actualidad en tecnologías 3G. Para todos es conocido que China, es el mercado de móviles más grande del mundo, y es el principal campo se encuentra en Asia.

El concepto de mensajería en las redes 2G y 2,5G está firmemente implantado en las mentes de operadores y abonados. El servicio de mensajería multimedia (MMS) de próxima generación explotará redes de paquetes 2.5G y 3G.

Sin embargo, con el protocolo de ampliaciones inalámbricas (WAP) no se tuvo el mismo éxito que con SMS, que se lanzó en la comunidad móvil 2G con una gran fanfarria, como "Internet en su móvil". La realidad fue que los operadores lanzaron una tecnología sin aplicaciones atractivas para los usuarios, y con una tecnología voluminosa y cara de usar. Los usuarios la rechazaron en masa. La falta de éxito del WAP llevó a mucha gente a cuestionarse, por primera vez, las expectativas sobre los datos móviles ¿Cuánta gente estaba dispuesta a pagar por navegar por la red a baja velocidad utilizando una pequeña pantalla? ¿Y, exactamente, cuántos estarían dispuestos a pagar por servicios de valor añadido que podrían ofrecerse en un móvil?

Antes de poner en marcha una red 3G, la mayoría de los operadores prefieren comenzar con una inversión incremental en sus actuales redes, lo que les permitiría contestar estas preguntas.

El GPRS es una tecnología 2.5G que introduce nuevos elementos de red que permiten tratar los flujos de datos en paquetes a mayor velocidad y caudal de datos que el SMS. Esta solución proporciona una capacidad mucho mayor que el SMS, y puede ser la base para que los operadores proporcionen servicios de valor añadido más sofisticados. Los principales operadores europeos y en Chile ya están ofreciendo paquetes de servicios que explotan la tecnología GPRS en sus redes GSM, y hay un uso creciente de las facilidades de los móviles, como: MMS, Bluetooth y Java. Los primeros indicadores en Europa y Asia muestran que los clientes están siendo receptivos a estos nuevos servicios.

En Chile ya existen dos operadores que proveen EDGE en sus redes, con una cobertura limitada. Es así como el número de abonados en Telefónica Móvil es cercano a los 60.000 que utilizan GPRS/EDGE, principalmente de postpago. Si bien el mercado de datos es incipiente, de tan solo el 1,8% de los abonados de ENTEL usaron alguna vez esta modalidad y el 0,9% lo usan habitualmente, frente al 3% y el 1,5%, respectivamente, de los abonados de Telefónica Móvil. Los operadores apuestan a que el mercado de datos despegará lento, tal como ocurrió en los inicios del SMS.

Cabe señalar que la cobertura EDGE en el país es aún muy limitada. Telefónica Móvil es la empresa que mayor cobertura tiene con EDGE, cubriendo 27 ciudades en el país, en cambio con GPRS tiene la misma cobertura que para la voz. ENTEL tiene instalado EDGE solo en Santiago y V Región. Para cubrir el resto del país se requieren inversiones nuevas en los transceptores y software.

El costo de desplegar una red con el protocolo EDGE, a partir de una red GSM/GPRS, depende del tipo de infraestructura de que disponga la red. Con los sistemas más nuevos (2 a 3 años), el costo es mínimo porque solo requiere una actualización del software. Redes más antiguas requieren cambios del amplificador de potencia en la estación base y las tarjetas de línea, lo que implica un costo aproximado de US\$ 500 por canal de radio. Si solamente es necesario cambiar la tarjeta de líneas en la estación base tiene un costo de US\$ 200.

Según información proporcionada por Motorola el principal costo en una red UMTS se encuentra en las estaciones bases. Sin embargo, el diseño de cobertura y de capacidad es más complejo que para las redes GSM.

En la actualidad hay 80.000 estaciones UMTS instaladas a nivel mundial y la mayoría se encuentran en Europa, principalmente en Suecia y Japón. Se instalan anualmente cerca de 40.000 estaciones bases. Sin embargo a la misma fecha los operadores tenían menos de 33% de cobertura en sus países.

Las excepciones son todos los operadores en Suecia y en DoCoMo en Japón, 3 en el Reino Unido y 3 en Italia.

El mercado más maduro de 3G es el de Europa, y se cree que tendrá su período de crecimiento más importante entre los años 2005 y 2010, en este último año se espera llegar al 50% del mercado con UMTS. Asimismo, en la actualidad los ingresos totales de los suscriptores móviles provenientes por el acceso a Internet en Europa es menos del 3% del total de los ingresos (mayoritariamente de voz).

De acuerdo a proyecciones realizadas por Yankee Group en los Estados Unidos una cuenta promedio mensual por abonado PCS es de US\$48 para voz y US\$3 por datos en el año 2004; US\$47 y US\$4 para el 2005; US\$44 y US\$5 para el 2006 y US\$42 y US\$6 para el 2007.

La situación del mercado de datos móviles esta mucho más desarrollado en Estados Unidos que en Chile, ya que son muy escasas las aplicaciones que ofrecen los operadores e integradores de soluciones.

Cabe señalar que algunos operadores Europeos han instalado redes 3G principalmente para ofrecer servicios de voz, ya que no disponían de bandas de frecuencias para operar con GSM en 900 MHz y 1800 MHz.

La tendencia de los terminales de usuario es hacerlos compatibles WCDMA/GSM. Se espera que a fines del 2006 los terminales se encuentren en su estado de madures. De hecho la empresa NEC tiene un programa de desarrollo de un chip de WCDMA/GSM para esa fecha.

Uno de los recientes desafíos que enfrenta el mercado 3G es la aparición de terminales GSM con Wi-Fi incorporado, que podría quitar mercado de banda ancha a los terminales 3G, debido a la gran difusión de esta última tecnología. Sin embargo, tiene el inconveniente del alto consumo de energía eléctrica que reduce el tiempo de transmisión. A su vez, el desarrollo de nuevas batería esta permitiendo extender el tiempo de operación.

B. Aspectos legales y regulatorios en Chile

La Ley General de Telecomunicaciones N°18.168 de 1982, otorga un plazo de 30 años para los concesionarios de servicio público de telefonía móvil. Este plazo es muy largo para los cambios tecnológicos que ocurren en las redes móviles. De hecho cada ocho años aproximadamente aparece una nueva tecnología móvil.

Las bandas PCS 1900 fueron otorgadas en dos concursos públicos. El primero otorgó tres bloques de 2x15 MHz y el segundo concurso 3 bloques de 2x5 MHz.

A los concesiones PCS 1900 se les ha permitido ofrecer una gran variedad de servicios de telecomunicaciones (voz, datos y video), quedando en el concurso libertad para elegir la tecnología que pueden usar los operadores en sus bloques de frecuencias. Este hecho, permitiría a los actuales operadores evolucionar a la tercera generación con su espectro.

El avance tecnológico de 2,5 G con protocolo 1xEV-DO se asemejan a las prestaciones del UMTS en sus inicios. Cabe señalar que Smartcom ha introducido este estándar, ofreciendo servicios de datos con mayor velocidad de datos entre 300 y 500 kbps, que es equivalente a lo que ofrece el sistema UMTS en móvil (384 kbps).

Este hecho permite que así como la tecnología analógica AMPS en los 800 MHz evolucionó a la tecnología D-AMPS y luego a TDMA (IS-136) y CDMA (IS-95) los actuales operadores podrían ofrecer con su espectro servicios de tercera generación sin hacer modificaciones a sus decretos de concesión. Como un precedente histórico, se puede señalar la norma técnica que emitió SUBTEL, que autorizó a los concesionarios con tecnologías celulares analógicas a utilizar tecnologías digitales.

En los Estados Unidos tenemos ejemplos similares con los operadores AT&T Wireless y Verizon Wireless que han comenzado a operar 3G en las bandas asignadas de 1900 MHz, sin requerir de cambios de los títulos habilitantes.

En el país los operadores que hacen uso de la tecnología GSM utilizan planes de reutilización de los canales en el bloque del espectro asignado, por lo tanto, utilizan el ancho del bloque completo. Este hecho impide aglutinar las portadoras en una parte del bloque para mudar el resto del bloque a otra banda de frecuencia. Los operadores GSM en Chile ENTEL y TELEFÓNICA MÓVIL, que operan en la banda de 1900 MHz, tienen asignados anchos de bloques diferentes 2x30 MHz y 2x10 MHz. Sin embargo, TELEFÓNICA MÓVIL tiene la banda de 800 MHz que piensa utilizar en el futuro con tecnología GSM, al igual que en 1900 MHz.

La Subsecretaría de Telecomunicaciones ha propuesto una hipótesis para evolucionar a la tercera generación de móviles pensando en un cambio de

banda de frecuencia de los actuales operadores PCS que operan en la banda de 1900 MHz, para su traslado a una nueva banda PCS, en 1800 MHz. Según la hipótesis de trabajo que es necesario validar con el presente estudio, facilitaría la introducción en Chile de la banda Europea de 3G de 1920 MHz a 1980 MHz de subida (transmite el móvil) y 2110 a 2170 MHz de bajada (recibe el móvil).

Esta hipótesis tiene problemas legales, por lo menos para uno de los operadores, ya que no hay disponibilidad de equipos terminales de abonado con tecnología CDMA en la banda 1710 a 1785 MHz de subida y 1805 a 1880 MHz. La situación legal es que un cambio de banda de frecuencia afectaría seriamente los derechos comerciales de Smartcom, ya que dicha empresa concursó para banda 1900 MHz, donde había tecnología a nivel mundial a precios competitivos con la tecnología GSM. Seguramente si el concurso se hubiese hecho en la banda de 1800 MHz, las empresas ChileSat y Qualcomm, empresas madres de Smartcom, no hubiesen participado en el concurso público, para ofrecer servicio público de telefonía móvil en Chile.

El hecho de exigir un cambio de banda de frecuencia habría que indemnizar a los operadores actuales, no solo por las nuevas inversiones que deben realizarse por el reemplazo de las unidades de transmisión y recepción de las radiobases de los operadores con tecnología GSM, si no además no es viable implementar una red con tecnología CDMA en 1800 MHz. En el caso que se mandaran a construir especialmente los terminales no podrían competir en precio frente a una gran diversidad de fabricantes de estaciones bases y terminales GSM para el mercado masivo Europeo y mundial.

De implementarse una acción de este tipo, incorpora un elemento de inseguridad jurídica en el procedimiento de las concesiones por concurso público, que debe de evitarse a toda costa en nuestro mercado de las telecomunicaciones, de modo de poder continuar atrayendo inversionistas al sector en Chile.

El monto de la indemnización debería calcularse sobre la base de las siguientes componentes:

- Las inversiones que debe hacer el operador para cambiar en todas las estaciones bases las unidades de transmisión y recepción y las antenas que no soportan el cambio de frecuencias
- Cambio de los terminales de abonados, ya que no todos son doble o triple banda. El porcentaje de terminales monobanda cambia dependiendo del operador.
- Inversiones en marketing para que los abonados cambien sus terminales.
- Debería asumirse el costo de los terminales de prepago, que fueron adquiridos por los abonados.
- Costos para realizar los trabajos de ingeniería en todas las estaciones bases.

- Pérdidas de tráfico por problemas de ajuste de la red en la etapa de migración de las bandas de frecuencias.
- Devolución de los pagos efectuados por el despeje de las bandas de frecuencias de la Defensa Nacional, dado que SUBTEL destinaría para otro uso estas bandas que fueron despejadas en su oportunidad por los concesionarios para el servicio PCS.

La situación de BellSouth es más discutible ya que el nuevo dueño, Telefónica Móvil, debe estudiar la migración futura de las redes CDMA en la banda 1900 MHz.

En todo caso aparte de los problemas legales expuestos con la hipótesis de trabajo, esta tiene problemas operativos serios para el traslado de banda, como se expondrá más adelante, sin considerar la no disponibilidad de equipos en la banda de frecuencia con tecnología CDMA 1800.

C. Aspectos Técnicos para la Migración

La hipótesis de trabajo de cambio de banda para los actuales operadores PCS 1900 a 1800 tiene profundas implicancias operacionales como se explican a continuación.

Las bandas GSM 1800 tienen superposición de los bloques A, D y parte del B de la banda PCS 1900, utilizada en la actualidad. Mientras los bloques GSM 1800 en la parte alta 1805 a 1880 MHz se utilizan de bajada, en la banda 1900 MHz, se utilizan de subida. Esta situación impide utilizar en una misma torre, antenas con frecuencias de recepción y transmisión (para subir y bajar) debido a que se bloquean los receptores de la estación base en la banda GSM 1900 entre 1850 – 1880 MHz, debido a la cercanía de frecuencias y de espacio. Ocurriría una situación similar a la que acontece con la banda celular 890 MHz y la banda GSM 900 MHz Europea, donde la frecuencia de transmisión de la estación base esta muy cerca de la frecuencia de recepción GSM 900 MHz, produciéndose un bloqueo de la estación GSM a distancias de hasta 50 metros, con separaciones de 5 MHz entre las frecuencias de Tx y Rx.

En el Cuadro “BANDAS DE FRECUENCIAS PARA TERCERA GENERACIÓN DE MÓVIL 3G” se aprecia la superposición de los bloques GSM 1800, PCS 1900, espectro 3G de los Estados Unidos, las bandas europeas UMTS y la banda IMT2000.

D. Análisis de la migración de 2G a 3G desde el punto de vista tecnológico.

1. Redes CDMA

Las redes CDMA con IS-95 trabajan con conmutación de circuitos, para la voz y datos. Con CDMA-2000 se utiliza conmutación de circuitos para la voz y datos y adicionalmente, conmutación de paquetes utilizando un nodo servidor de datos en paquete (PDSN). La tecnología CDMA con 1xEV-DO tiene una variante con respecto a la CDMA-2000, a nivel de los nodos de acceso (AN), al utilizar el protocolo IS-856 en vez del IS-2000 entre la BSC y el terminal del abonado (AT). En la figura N°3 se muestra a continuación los diversos elementos que componen una red con 1xEV-DO:

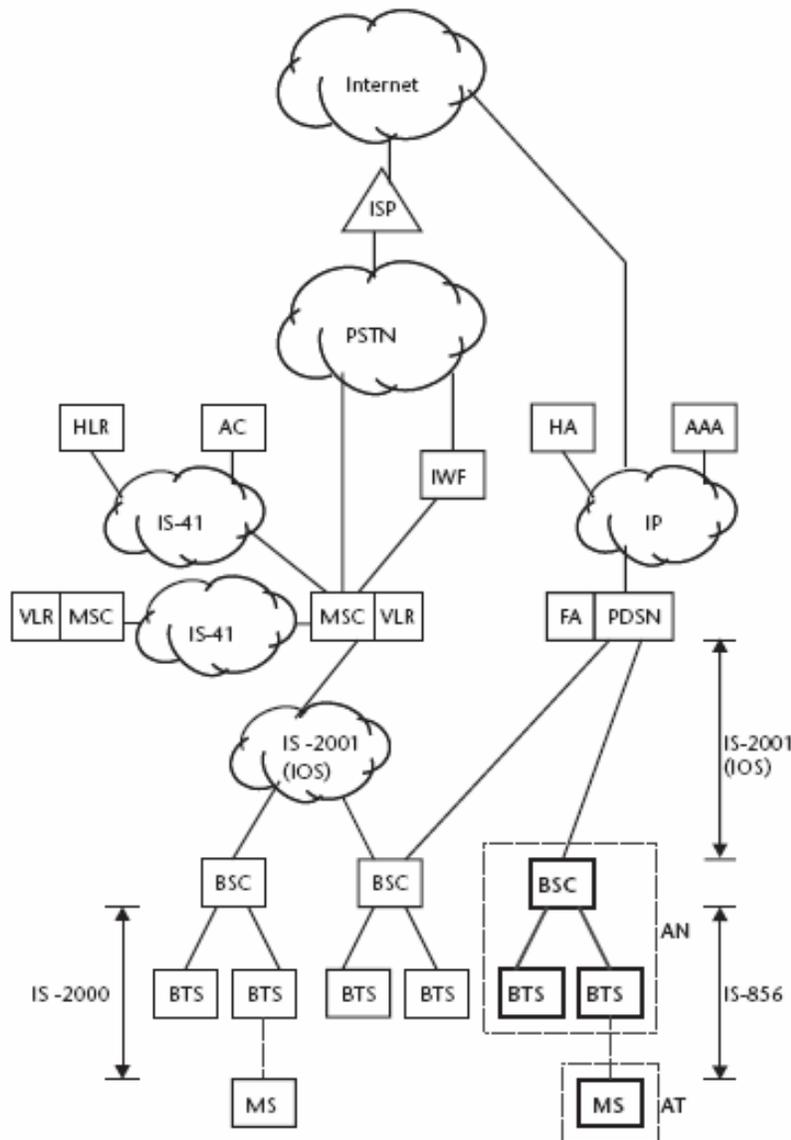


Figura N° 3 Arquitectura de red 1xEV-DO

En las redes CDMA de 3G se sigue utilizando el protocolo IS-41 entre el MSC, HLR, VLR y AC, así como también entre MSCs. Para la conmutación de circuitos de voz y datos se continúa utilizando el protocolo IS-2000 entre las BSC y MS (Terminal de usuario). El protocolo IS-2001 se utiliza entre el BSC y el MSC, como también entre el BSC y el PDSN. En la interfase de radio entre el BSC y el MS se utiliza el protocolo IS-707 para la transmisión de datos en paquete. No existe una conexión lógica entre un BSC con IS-2000 y otro BSC con 1xEV-DO, a pesar que ambos BSC pueden estar coubicados.

A una red 2G con CDMA se debe agregar ciertos elementos IP para transformarla en 3G. Dentro de ellos se encuentran:

- Nodo servidor de datos en paquete (PDSN)
- Autenticación, autorización y accounting (AAA)
- Agente residente (HA)
- Agente externo (FA)

Se puede apreciar que con tecnología CDMA la migración entre 2G y 3G es más simple que en GSM, ya que reutiliza gran parte de la red instalada. Los sistemas 1xEV-DO requieren destinar portadoras de RF exclusivamente para la transmisión de datos, lo que permite optimizar las portadoras destinadas a los servicios de datos.

2. Redes GSM

Como veremos a continuación con la tecnología UMTS los cambios son profundos para migrar de 2G a 3G. En primer lugar las estaciones bases requieren cambios de importancia, que implican un cambio total de los equipos de radio para todas las estaciones bases con una antigüedad de más de tres años, debido principalmente al mayor ancho de banda que requiere una portadora UMTS. En todo caso las estaciones bases GSM con posibilidad de EDGE requieren inversiones que son importantes tanto en la radiobase, como en los conmutadores, que hacen pensar un cambio más profundo para la migración.

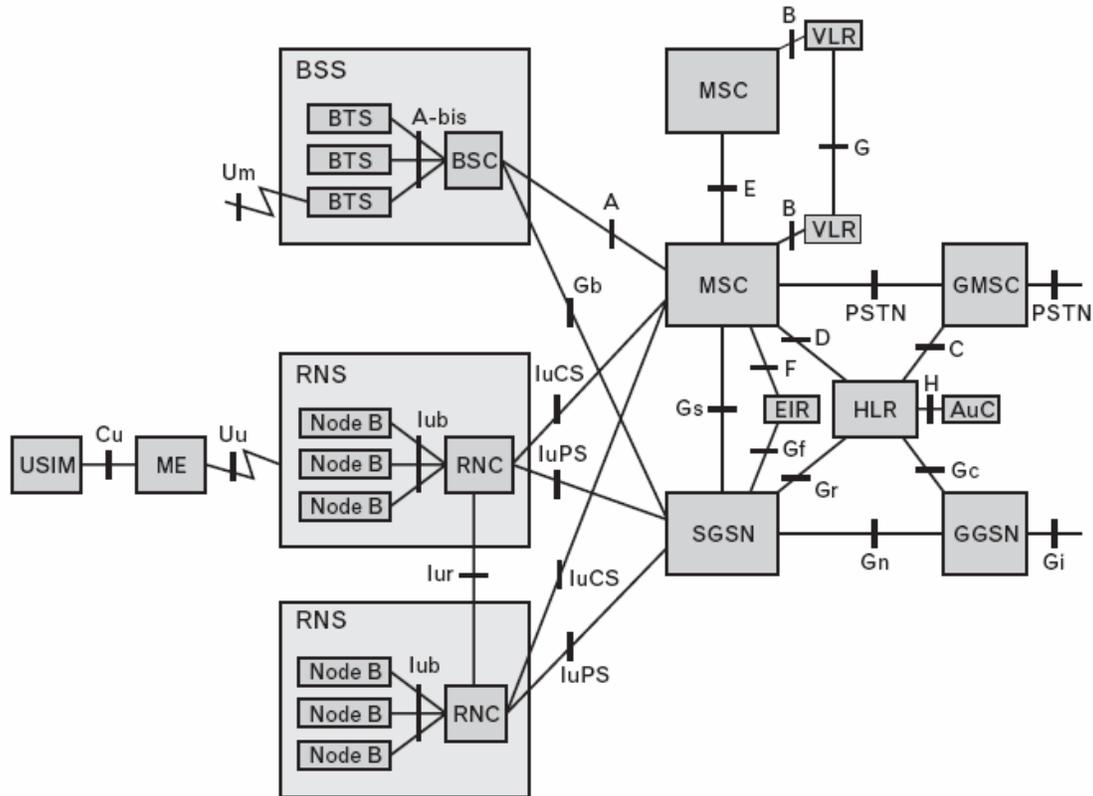


Figura N°4 Elementos de una red UMTS

A título de ejemplo, según información proporcionada por Ericsson Chile, si ENTEL PCS quisiera migrar en la misma banda a 3G sólo el 20% de las estaciones bases podrían soportar el cambio y dos conmutadores que tienen facilidades de softswitch, que habría que hacer ciertas actualizaciones para su uso. Las estaciones bases GSM más nuevas, como las de Telefónica Móvil, podrían migrar a 3G, con ciertas actualizaciones en las radiobases, pero requieren cambiarse los centros de conmutación y software del controlador de las estaciones bases. Smartcom tiene solo un conmutador que puede migrar a IP.

Por otra parte, las estaciones bases en el sistema UMTS requieren que la unidad de radiofrecuencia soporte 5 MHz de ancho de banda. El sistema que puede migrar más fácilmente a 3G es el sistema CDMA-2000 con 1xEV-DO, que utiliza la portadoras de 1,25 MHz de ancho de banda, usadas actualmente en el sistema IS-95.

X. Alternativas de solución para 3G en Chile

A. Bandas 1710 – 1755 MHz y 2110 – 2155 MHz

La Resolución Exenta 1.144 del 26 de diciembre del 2000 atribuyó cuatro bloques de frecuencias dúplex (FDD) y cuatro simples (TDD).

Cabe señalar que en el mercado de los Estados Unidos no se asignarán bloques de frecuencias entre 1755 – 1880 MHz, debido a que esta atribuido a servicios de Gobierno, si no que en las bandas 1710 – 1755 MHz y 2110 – 2155 MHz. Esta situación ha hecho plantear a SUBTEL la hipótesis de cambio de banda de frecuencias a bandas donde se construirán equipos para 3G.

Los bloques de frecuencias donde opera el servicio móvil PCS 1900 es el mismo que en los Estados Unidos, por lo tanto, el problema de las bandas de 3G debería ser similar al de Chile. En Chile afortunadamente no tenemos muchas asignaciones de frecuencias en la banda 1710 – 1755 MHz destinadas a los servicios masivos, por lo tanto, se podría plantear el despeje de frecuencias en dicho rango, para dar cabida a los bloques de 3G donde transmitiría la estación móvil entre 1710 – 1755 MHz.

Cabe señalar que la FCC no ha llamado a concurso para 3G en las banda de frecuencias antes indicadas, sólo ha hecho llamados para PCS en la banda II, utilizada actualmente en Chile. En las bandas actuales de 1855 – 1910 MHz a 1930 – 1990 MHz, los operadores Cingular Wíreless y AT&T Wíreless trabajarán con WCDMA o UMTS, y las empresas Sprint PCS y Verizon Wireless operarán en la misma banda con CDMA y 1xEV-DO. Sin embargo, se espera que los futuros concursos que elabore el FCC participen nuevos proveedores de servicio móviles. Este hecho hará que los fabricantes de equipos construyan terminales e infraestructura de red para estas bandas.

B. Bandas 2494 – 2690 MHz

Esta banda que ha sido estudiada por el grupo 3GPP y la UIT parecen una segunda alternativa de solución para Chile, donde se plantean siete alternativas para agrupar los bloques de frecuencias tanto para tecnologías UTRA TDD y FDD, estos escenarios se plantean en el estándar TR 25.889 V6.0.0 de junio del 2003, válidos para la banda 2500 a 2690 MHz.

De utilizar esta banda hay que tomar una decisión si se utiliza con UTRA FDD o UTRA TDD, ya que el estándar no ha considerado la coexistencia de ambos. Sin embargo, hay que tener presente que la combinación de TDD y FDD en las bandas nuevas es una opción válida como se ha estudiado en el grupo de trabajo 8F de la UIT-R (Revisión de la Rec UIT-R M.1036.1).

Por otra parte, la FCC ha realizado cambios en el uso del espectro en la banda de 2500 a 2690 y 2100 MHz ampliando la banda en 5 MHz, quedando desde

2.495 MHz a 2.690 MHz atribuida para los servicios inalámbricos de banda ancha, incluidos aplicaciones fijas y móviles bidireccionales y se han eliminado los canales 1 y 2 del MMDS en la banda 2,1 GHz.

Se recomienda esperar que ocurrirá con el desarrollo de esta banda en los Estados Unidos antes de reasignarla en el país.

C. Propuesta para modificar la Resolución Exenta N°1.144, Servicio de Telefonía Móvil Digital Avanzado, del 2000.

Este consultor propone modificar el artículo 2º de la Resolución Exenta N°1.144, de 26 de diciembre de 2000, Servicio de Telefonía Móvil Digital Avanzado, en el sentido de cambiar los bloques de frecuencia A, B, C y D de 1785 MHz - 1845 MHz a la banda 1710 MHz - 1755 MHz. Es probable que el bloque D no se desarrolle en los Estados Unidos, por pertenecer este espectro a los servicios de Gobierno, sin embargo otros países no tienen este problema, como en Chile.

En la Resolución Exenta se propone mantener los bloques de frecuencias A', B', C' y D'.

Se propone eliminar los bloques de frecuencias B'', C'' y D'' y trasladar el bloque A'' a una nueva banda de frecuencias destinada para el sistema IMT 2000 TDD, de 2010 - 2025 MHz.

Además, debe mantenerse la disposición sobre la posibilidad que los actuales concesionarios PCS, en la banda 1850 – 1990 MHz, puedan ofrecer servicios móviles digitales avanzado (3G).

La solución propuesta evita el pago de millonarias indemnizaciones a los concesionarios PCS por parte del Estado, botar tecnologías que se encuentran dentro de su vida útil y causar problemas de cambios de terminales a los usuarios.

XI. Conclusiones y recomendaciones del estudio

1. Es opinión de los operadores nacionales con GSM que no es viable la migración de 1900 MHz a 1800 MHz, debido a que sus redes requieren fuertes inversiones en transceptores de las estaciones bases, software y terminales de abonado, entre otras. En cambio los operadores BellSouth y Smartcom que operan con terminales de abonado CDMA no pueden migrar a 1800 debido a que no hay disponibilidad de equipos de abonado en el mercado.
2. Técnicamente la migración de la banda PCS 1900 a la banda GSM 1800 tiene problemas operacionales para realizarse, debido a que parte del espectro de PCS 1900 se utiliza para la recepción de la estación base, en cambio los bloques comprendidos entre 1850 y 1880 MHz del GSM 1800 se utiliza para la transmisión de la estación base. Al encontrarse el operador en la misma torre o en la cercanía de otros operadores, se produce un bloqueo de los receptores de la estación base, ya que la separación dúplex es mucho menor a los 80 MHz requeridos para la operación del sistema.
3. La migración de bandas de frecuencias implica que el Estado indemnice a los operadores PCS 1900. Esta indemnización compensa el cambio de equipos transceptores de las estaciones bases, terminales de abonados, de los operadores GSM, en un valor superior a US\$330 millones para ENTEL y US\$110 millones para Telefónica Móvil, de acuerdo a estimaciones de este consultor.

Smartcom y BellSouth requiere una indemnización mayor a la de ENTEL, ya que habría que cambiar toda la red con tecnología CDMA 1900, al no poder migrar a 1800 MHz.

Adicionalmente, se debe indemnizar los valores pagados por los concesionarios para el despeje de frecuencias de la Defensa Nacional, y la pérdida de tráfico en la migración y la publicidad necesaria para la migración.

4. Se propone modificar el artículo 2º de la Resolución Exenta N°1.144, del 26 de diciembre de 2000, Servicio de Telefonía Móvil Digital Avanzado, en el sentido de cambiar los bloques de frecuencia A, B, C y D de 1785 MHz - 1845 MHz a la banda 1710 MHz - 1755 MHz y mantener los bloques de frecuencias A', B', C' y D'. Además, se propone eliminar los bloques de frecuencias B'', C'' y D'' y trasladar el bloque A'' a una nueva banda de frecuencias destinada para el sistema IMT 2000 TDD, de 2010 - 2025 MHz.

Finalmente, se propone mantener la disposición existente respecto a que los concesionarios PCS en la banda 1850 – 1990 MHz puedan ofrecer servicios móviles digitales avanzado (3G).

5. Es opinión de los actuales operadores que no existe por el momento la necesidad de un mercado en 3G, debido al bajo número de abonados que hacen uso de aplicaciones de datos en el país. Es necesario algún tiempo para desarrollar los servicios de aplicaciones de datos con EDGE y 1xED-VO, antes de requerirse una tecnología de datos de mayor ancho de banda móvil.
6. En las entrevistas realizadas los operadores han manifestado que si SUBTEL llama un concurso público para 3G, ellos participarán, pero el objetivo será bloquear a que nuevos competidores entren al mercado, más que ofrecer el servicio 3G. Ven prematuro un llamado a concurso público antes de unos tres o cuatro años más, por lo menos.
7. Las nuevas bandas 3G en los Estados Unidos aún no han sido licitadas. Se espera para el próximo año que la FCC realice tal licitación, mientras tanto, los operadores como AT&T y Singular han comenzado a ofrecer en la banda PCS 1900 servicios WCDMA de 3G en dos ciudades. Cabe señalar que el despliegue de 3G será en las ciudades principales de los Estados Unidos a fines del 2006.
Por otra parte, Verizon Wireless está operando servicios CDMA 1900 con 1xEV-DO, ofreciendo velocidades de datos similares a de los servicios de 3G.
8. Los operadores nacionales con GSM están introduciendo en el mercado de terminales doble banda (1800/1900 MHz), para hacer roaming con Europa y (850/1900 MHz) para operar en Chile GSM en la banda 850 MHz. También están introduciendo al mercado terminales tribanda (850/1800/1900 MHz), que satisface necesidades multipropósito. Sin embargo, el 95% de los terminales de ENTEL son monobanda (1900 MHz) y el 30% en Telefónica Móvil son monobanda. Cerca del 40% de los terminales de Telefónica Móvil son en la actualidad doble banda (850/1900 MHz).
9. Los fabricantes de equipos están desarrollando recién el chip para terminales duales GSM/WCDMA. Se espera lanzarlo al mercado a fines del 2006.
10. El costo de los terminales 3G, al ofrecer mas prestaciones son más costosos, cercano de los US\$500, frente a los US\$129 para un terminal tribanda (850/1800/1900 MHz) GSM/GPRS con cámara de 288 x 352 pixels (modelo T637 Sony Ericsson). En todo caso la tendencia futura es a la baja de los precios.

11. Se espera para en el mediano plazo un crecimiento importante de los ingresos de transmisión de datos en desmedro de la voz. Es así como para el año 2007 en Estados Unidos se proyecta una relación de ingresos datos a voz del 14%. En todo caso, en nuestro país el mercado de transmisión de datos móvil está más atrasado que el de ese país, que tiene una gran experiencia en transmisión de datos móviles con numerosas aplicaciones, a parte del acceso a Internet (WISP).
12. El 3GPP ha elaborado el estándar TR 25.889 V6.0.0 de junio del 2003, donde propone diversos escenarios para planificar la banda 2.500 a 2.690 MHz, tanto para los modos UTRA FDD y TDD. Esta propuesta se ha estudiado en el grupo de trabajo 8F de la UIT (Rec.UIT-RM.1036.1). cabe señalar que esta banda se encuentra utilizada en el país para los servicios limitados de distribución de televisión. Esta podría ser la segunda banda 3G a considerar en Chile. Sin embargo, se recomienda que antes de tomar una decisión se observe las tendencias de la industria móvil en esta banda, especialmente en los Estados Unidos, ya que ha realizado los cambios de atribución para que se pueda operar servicios inalámbricos fijos y móviles de banda ancha.

Italo Mazzei Haase
Ingeniero Civil Electricista
RUT: 6.448.644-6

XII Bibliografía

- Introduction to 3G Mobile Communications, Segunda Edición 2003, de Juha Korhonen, editorial Artech House.
- 3G CDMA2000 Wireless Systems Engineering, editorial Artech House 2004, de Samuel C. Yang
- Documentación del 3GPP y 3GPP2 del sitio web www.3gpp.org y www.3gpp2.org
- Documentación del FCC de su sitio web www.fcc.gov
- Documentación del sitio web de la UIT www.itu.int

ANEXOS

