



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

---

---

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESTUDIO COMPARATIVO TÉCNICO-  
ECONÓMICO DE LA TELEFONÍA MÓVIL POR  
WIFI CON OTRAS TECNOLOGÍAS ACTUALES**

**TESIS**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

**INGENIERA EN TELECOMUNICACIONES**

**PRESENTA:**

**MÓNICA VALENCIA ZEPEDA**



**DIRECTORA DE TESIS: DRA. FÁTIMA MOUMTADI**

**Ciudad Universitaria, México D.F.**

**Diciembre 2006**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

*Dedico este trabajo a mi madre por su apoyo incondicional y confianza con la que siempre he contado y que me brinda en todo instante, por ser el pilar de mi familia, por su esfuerzo constante y por creer en mí al darme tiempo, libertad y no dejarme caer.*

*Agradezco a todas las personas que han estado cerca de mí a lo largo de todos estos años, Rocío, Angie, Mauricio, Itze, Alejandro, Belem, Hugo, Santa, Jorge, Luis, Juan y Miguel por enseñarme la amistad, compañerismo y complicidad, por compartir alegrías y enojos, por perdonar mis errores, por conversar conmigo, por enseñarme cosas y lugares diferentes.*

*A mi universidad, la UNAM por darme una formación integral en conjunto con los profesores que marcaron y despertaron algo en mí para seguir en este camino.*

*Y un agradecimiento muy especial a la doctora Fátima Moumtadi por su tenacidad, disposición y amor al trabajo, por todo lo que aprendí a su lado al darme la oportunidad de trabajar en conjunto con ella.*

# ÍNDICE GENERAL

Introducción.....	i
Capítulo 1: Desarrollo de las Tecnologías de Telefonía Móvil	
1.1 Sistema de telefonía GSM.....	1
1.1.1 Arquitectura de la red GSM.....	4
1.1.2 Canales de Acceso Físico y Canales Lógicos para GSM.....	7
1.1.3 Pila de protocolos de GSM.....	10
1.2 Sistema de Telefonía GPRS.....	12
1.2.1 Arquitectura de la red GPRS.....	13
1.2.2 Pila de Protocolos GPRS.....	14
1.2.3 Canales de Acceso Físico y Canales Lógicos para GPRS.....	16
1.3 Desarrollo de las redes 3G.....	17
Capítulo 2: Telefonía Móvil sobre WiFi	
2.1 Voz sobre el Protocolo de Internet (VoIP).....	21
2.1.1 El estándar H.323.....	22
2.1.2 El protocolo SIP(Session Initiation Protocol).....	26
2.2 Redes inalámbricas WiFi.....	31
2.3 Telefonía Móvil sobre WiFi.....	38
2.3.1 Calidad de servicio para aplicaciones de voz en redes WiFi.....	39
2.3.2 WiFi integrado a las tecnologías celulares (2.5/3G).....	40
2.3.2.1 Productos integrados con GSM y WiFi.....	48
Capítulo 3: Implementaciones de Telefonía Móvil sobre WiFi	
3.1 Estado Actual de las Redes de Telefonía Móvil.....	50
3.1.1 Datos Estadísticos de GSM a 3G.....	50
3.2 Estado Actual de las Redes Inalámbricas.....	58
3.2.1 Datos Estadísticos de las Redes Inalámbricas.....	59
3.3 Implementaciones de Telefonía Móvil sobre WiFi.....	63
3.3.1 España.....	63
3.3.2 Estados Unidos.....	64

Capítulo 4: Estudio Comparativo Técnico-Económico con otras tecnologías

Actuales

4.1	Comparación Técnica de la Telefonía Móvil sobre Redes Celulares y sobre Redes WiFi.....	68
4.1.1	Velocidad de Transmisión.....	68
4.1.2	Cobertura del Servicio.....	69
4.1.3	Espectro de Operación.....	71
4.1.4	Calidad de Servicio en Voz y Datos.....	73
4.1.5	Estado del Desarrollo de la Tecnología y el Progreso de la Implementación.....	73
4.2	Comparación Económica de la Telefonía Móvil sobre Redes Celulares y sobre Redes WiFi.....	75
4.2.1	Costos de las Redes de Telefonía Celular.....	75
4.2.2	Costos de las Redes de Telefonía WiFi.....	79
4.2.3	Modelo de negocios.....	81
4.3	Resultados Preliminares de la Comparación.....	83
4.4	Integración de la Telefonía Móvil sobre Redes Celulares y sobre Redes WiFi.....	86

Capítulo 5: Probables esquemas de implementación en México

5.1	Factibilidad de la implementación de la Telefonía WiFi en México.....	90
5.1.1	Estado de la legislación de la bandas de radiofrecuencia de las redes Inalámbricas y la legislación de VoIP en México.....	90
5.1.2	Conectividad a Internet en México.....	92
5.2	Apertura de mercado.....	94
5.2.1	Despliegue del servicio inalámbrico.....	94
5.2.2	Crecimiento de la telefonía móvil en México.....	94
5.3	Pruebas de voz sobre redes inalámbricas.....	98

Conclusiones.....	101
-------------------	-----

Apéndice A.....	105
-----------------	-----

Acrónimos.....	107
----------------	-----

Referencias.....	111
------------------	-----

---



---

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1	Arquitectura de una red GSM.....	4
Figura 1.2	Estructura de GSM.....	8
Figura 1.3	Protocolos de señalización de GSM.....	10
Figura 1.4	Arquitectura de una red GPRS.....	13
Figura 1.5	Protocolos de señalización de GPRS.....	14
Figura 2.1	Componentes de una red H.323.....	22
Figura 2.2	Realización de llamada utilizando el estándar H.323.....	25
Figura 2.3	Realización de llamada utilizando el protocolo SIP.....	30
Figura 2.4	Capa Física de 802.11.....	33
Figura 2.5	Red inalámbrica en modo Ad-hoc.....	35
Figura 2.6	Red inalámbrica en modo infraestructura.....	35
Figura 2.7	Ancho de banda de cada canal de 802.11.....	36
Figura 2.8	Canales no traslapados de 802.11b/g.....	36
Figura 2.9	Diagrama de referencia GPRS donde se muestran los puntos de acoplamiento de una WLAN.....	43
Figura 2.10	Arquitectura de acoplamiento libre entre WLAN y GPRS.....	44
Figura 2.11	Plano de Control para la autenticación en un acoplamiento Libre.....	44
Figura 2.12	Arquitectura de acoplamiento firme entre WLAN y GPRS.....	46
Figura 2.13	Stack de Protocolos del acoplamiento firme.....	47
Figura 2.14	Esquema de encapsulación en el acoplamiento firme.....	47
Figura 3.1	Tendencias mundiales en abonados inalámbricos digitales.....	51
Figura 3.2	Usuarios de GSM desde 1993 a 2006.....	51
Figura 3.3	Distribución de abonados mundiales a celulares para junio de 2006.....	52
Figura 3.4	Abonados mundiales a celulares por tecnología para junio de 2006.....	52
Figura 3.5	Países GSM en América Latina.....	53
Figura 3.6	Proyección de crecimiento de GSM/UMTS en el hemisferio Occidental.....	54

Figura 3.7	Proyección del crecimiento mundial de GSM/UMTS.....	54
Figura 3.8	Usuarios de Internet .....	60
Figura 3.9	Hot spots no residenciales 2006.....	61
Figura 3.10	Hot spots no residenciales 2005.....	61
Figura 3.11	Hot spots públicos desplegados mundialmente.....	62
Figura 3.12	Ciudades con mayor número de hot spots públicos.....	63
Figura 4.1	Usuarios de WiFi y usuarios de 2.5/3G.....	75
Figura 4.2	Costos de licencias de espectro para 3G en diferentes países .....	77
Figura 5.1	Tipo de conexión a Internet en México 2006.....	92
Figura 5.2	Composición usuarios de Internet por edad en México 2006.....	93
Figura 5.3	Lugar de acceso a Internet en México 2006.....	93
Figura 5.4	Crecimiento de subscriptores de servicios de telefonía e Internet móvil.....	95
Figura 5.5	Crecimiento en telefonía móvil en México.....	96
Figura 5.6	Tarifas de servicio de Telefonía Móvil de Pospago y Prepago en México.....	96
Figura 5.7	Penetración de la telefonía móvil en México hasta 2008.....	97
Figura 5.8	Topología de la red RIU.....	99

---



---

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1	Sistemas GSM.....	3
Tabla 1.2	Canales de Trafico.....	9
Tabla 1.3	Canales de Broadcast.....	9
Tabla 1.4	Canales de Control Común .....	9
Tabla 1.5	Canales de Dedicados.....	10
Tabla 1.6	Variantes 3G.....	19
Tabla 2.1	Mensaje de Petición SIP.....	28
Tabla 2.2	Mensaje de Respuesta SIP.....	29
Tabla 2.3	Características de los subestándares 802.11.....	32
Tabla 2.4	Categorías de acceso WiFi Multimedia.....	39
Tabla 3.1	Implementaciones de 3G.....	55
Tabla 4.1	Velocidades de diferentes tecnologías celulares.....	69
Tabla 4.2	Velocidades de las WLANs.....	69
Tabla 4.3	Cobertura de GSM900.....	69
Tabla 4.4	Cobertura de GSM1800.....	70
Tabla 4.5	Cobertura de UMTS.....	70
Tabla 4.6	Cobertura de WiFi.....	70
Tabla 4.7	Frecuencia de operación de GSM.....	71
Tabla 4.8	Frecuencia de operación de las WLANs.....	71
Tabla 4.9	Costos de licencias autorizadas 3G en diferentes países.....	76
Tabla 4.10	Estimación de costos de despliegue por suscriptor de las redes GSM y UMTS.....	78
Tabla 4.11	Estimación de costos de operación por suscriptor de las redes GSM, GPRS y UMTS.....	78
Tabla 4.12	Tarifas por megabyte en servicios de 3G.....	79
Tabla 4.13	Estimación de precios de un sistema WiFi.....	80
Tabla 4.14	Tarifas SkypeOut y estado de la regulación de VoIP en algunos países.....	80
Tabla 4.15	Comparación entre la telefonía móvil sobre redes celulares y redes WiFi.....	84

# INTRODUCCIÓN

Actualmente el área de la telefonía móvil exige una oferta más amplia de aplicaciones, lo que supone la utilización de nuevas tecnologías de transmisión, codificación y optimización del uso de banda, para el mayor beneficio en los usuarios.

La oferta de mas aplicaciones tiene como resultado dos efectos, un incremento en el ancho de banda requerido para la gestión de las aplicaciones y la necesidad de mecanismos de optimización en el uso del ancho de banda existente, de manera que, sin necesidad de incrementarlo, las tecnologías ofertadas puedan ser gestionadas.

Un ejemplo de este nuevo tipo de tecnologías esta constituido por el manejo de voz sobre redes IP, ya que permitieron el paso a la conmutación de paquetes y la liberación de los canales físicos que los enlaces de voz requieren además de abatir los costos de transporte de la información, logrando un uso de menor ancho de banda a menor costo.

La combinación de diversas tecnologías de transmisión puede permitir un uso aún más eficiente de la infraestructura de comunicación, la tecnología inalámbrica de redes WiFi anudado al manejo de voz en paquetes IP puede ser una interesante opción para permitir aplicaciones multimedia a bajo costo.

Se puede tomar ventaja del gran despliegue de redes inalámbricas para realizar sobre ellas comunicaciones de voz y tener una vinculación con las redes celulares donde no se cuente con la cobertura de las redes inalámbricas.

A lo largo del 2006 se han realizado varias conjunciones entre operadores de redes celulares que han integrado redes inalámbricas para brindar soluciones de voz.

Sin embargo, para la implementación de esta tecnología, se debe de tener un marco referencial, económico y técnico, que permita tener un criterio de decisión por esta tecnología dada sus características.

Las tecnologías de voz y su recuento histórico establecen el origen del desarrollo de la telefonía móvil sobre WiFi desde el punto de vista de la convergencia de tecnologías.

Dada la relación de esta tecnología con las redes actuales de telefonía celular, se debe de resaltar sus ventajas técnico-económicas y definir sus conceptos fundamentales, funcionalidad e implementaciones.

En el capítulo 1 se realiza un recuento de las tecnologías de transmisión de voz en el desarrollo de la telefonía móvil con los sistemas de telefonía GSM y GPRS haciendo referencia a los servicios prestados, arquitectura de red y protocolos. También se plantea el concepto de convergencia de redes en el desarrollo de las redes de 3G.

En el capítulo 2 se estudian las referencias para la aplicación de voz sobre redes IP con el estándar H.323 y el protocolo SIP. Además se presenta el funcionamiento de las redes inalámbricas, de la telefonía móvil sobre WiFi y su integración con las redes de tecnología celular.

En el capítulo 3 se dan a conocer los datos estadísticos del número de usuarios e implementaciones de las redes de telefonía móvil de GSM a 3G a nivel mundial y así como también con las redes inalámbricas. También se muestran las implementaciones de la telefonía móvil sobre WiFi en España y Estados Unidos.

En el capítulo 4 se realiza una comparación de los aspectos técnicos de la telefonía móvil sobre las redes celulares y sobre redes WiFi. Del mismo modo se realiza una comparación económica de ambas tecnologías en base a los costos de despliegue de las redes celulares e inalámbricas y en las tarifas de los servicios que ambas ofrecen.

En el capítulo 5 se plantea la factibilidad de la implementación de la telefonía sobre WiFi en México, desde la revisión del estado de la legislación de los servicios, las características y crecimiento de los usuarios de la telefonía celular y de Internet, así como la mención de las pruebas preliminares en la red inalámbrica universitaria (RIU) de la UNAM.

Finalmente, en función de los resultados obtenidos del estudio, se extraen conclusiones sobre los objetivos alcanzados en esta investigación.

# CAPÍTULO 1

## DESARROLLO DE LAS TECNOLOGÍAS DE TELEFONÍA MÓVIL

### 1.1 Sistema de telefonía GSM

Durante la década de 1980 los sistemas de telefonía celular analógica estaban experimentando un rápido crecimiento en Europa, principalmente en Francia, el Reino Unido y Alemania.

Cada país desarrollaba su propio sistema pero estos eran incompatibles con los demás en equipamiento y operación. Esta era una situación indeseable, debido a que no solo se limitaba la operación en los límites nacionales, donde en una próxima unificación de Europa esto incrementaba importancia, sino que además se limitaba el mercado para cada tipo de equipamiento y no se podía realizar un ahorro en la escala económica.

Por lo que en 1982 en la *Conférence Européenne des administrations des Postes et Télécommunications (CEPT)* se forma un grupo llamado *Groupe Spécial Mobile (GSM)* para estudiar y desarrollar un sistema público móvil europeo. El propósito de este sistema tenía que cumplir con ciertos criterios:

- Bajos costos en terminales y servicios.
- Arquitectura Abierta.
- Alto grado de flexibilidad.
- Soporte de Roaming internacional.
- Soportar un rango de nuevos servicios y facilidades.
- Interoperabilidad con la ISDN, CSPDN, PSPDN y la PSTN.
- Soportar un gran número de abonados.

- Utilización eficaz del espectro radioeléctrico.
- Adaptación a la densidad de tráfico.
- Calidad de servicio.

En 1989 la responsabilidad de GSM fue transferida al *European Telecommunication Standards Institute (ETSI)* y la fase 1 de las especificaciones GSM fueron publicadas en 1990.

Los servicios comerciales comenzaron a mitad de 1991 y para 1993 había ya 36 redes GSM en 22 países. Aunque GSM era un estándar europeo, fue utilizado en otros países ya que más de 200 redes GSM (GSM1800 y GSM1900) operaban en 100 países alrededor del mundo. A principios de 1994 se tenían alrededor de 1.3 millones de suscriptores en el mundo y estos crecieron a más de 55 millones en 1997 [2] En América del Norte este estándar entró con el derivado del GSM llamado GSM1900. El sistema GSM existe en cada continente y el acrónimo GSM ahora se aplica para *Global System for Mobile Communications*.

El sistema se encuentra operando en la banda de frecuencias alrededor de los 900MHz (GSM900), 1.8 GHz (GSM1800) y 1.9GHz (GSM1900).

GSM900 es la red celular GSM original, inicialmente concebida para servir a áreas grandes (macro celdas) y operar con terminales de alta potencia.

GSM 1800 estaba diseñado para operar en Europa y GSM 1900 para operar en América, en ambas comprenden terminales de baja potencia y servicio a áreas pequeñas (micro celdas).

Una nueva versión de las especificaciones se definen en el sistema E-GSM donde la banda de operación de GSM900 es extendida y trabaja con terminales de baja potencia y en áreas pequeñas de servicio.

Tabla 1.1 Sistemas GSM

<b>Sistema</b>	<b>Atrás [ MHz ]</b>	<b>Adelante [ MHz ]</b>	<b>Ancho del Canal [ kHz ]</b>	<b>Max. No de Canales</b>
GSM900	890-915	935-960	200	125
E-GSM	880-915	925-960	200	175
GSM1800	1710-1785	1805-1880	200	375
GSM1900	1850-1910	1930-1990	200	300

Bajo las definiciones de la ITU-T los servicios de Telecomunicación de GSM, se pueden dividir en:

- Servicios Portadores.
- Teleservicios.
- Servicios Suplementarios.

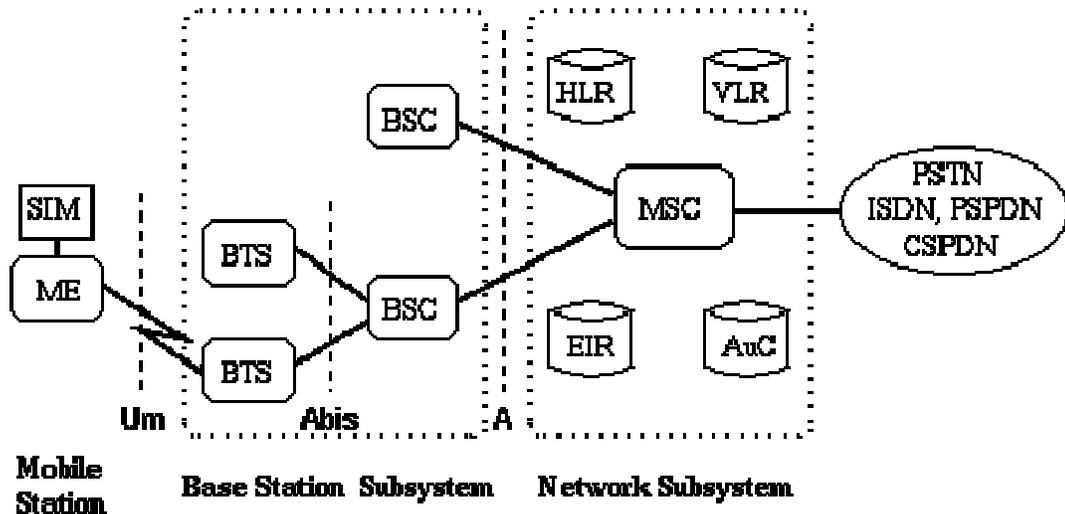
El servicio básico de teleservicios soportado por GSM es la telefonía. Los servicios portadores abarcan básicamente la transmisión de datos y los servicios suplementarios son servicios de valor agregado.

Los usuarios de GSM pueden enviar y recibir datos a velocidades de 9.6Kbps.

Una característica en GSM no encontrada en los sistemas antiguos analógicos es el *Servicio de Mensajería Corta (Short Message Service/SMS)*, que es un sistema bidireccional para mensajes alfanuméricos cortos.

### 1.1.1 Arquitectura de la red GSM

Una red GSM está compuesta por muchas entidades funcionales cuyas funciones e interfaces están especificadas. En la figura 1.1 se muestra el diseño de una red genérica GSM.



SIM	Subscriber Identity Module	BSC	Base Station Controller	MSC	Mobile services Switching Center
ME	Mobile Equipment	HLR	Home Location Register	EIR	Equipment Identity Register
BTS	Base Transceiver Station	VLR	Visitor Location Register	AuC	Authentication Center

Figura 1.1 Arquitectura de una red GSM

La *Estación Móvil (Mobile Station/MS)*, consiste en la terminal de abonado (el equipo móvil) y una tarjeta inteligente llamada *Módulo de Identidad de Suscriptor (Subscriber Identity Module/SIM)*. La SIM provee la movilidad personal con la cual el usuario puede tener acceso a los servicios respectivos para cada terminal. Insertando la tarjeta SIM en otra terminal GSM, el usuario es capaz de recibir y realizar llamadas en esa terminal, además de otro tipo de servicios suscritos.

El equipo móvil tiene una identificación única dada por la *Identidad Internacional del Equipo Móvil (International Mobile Equipment Identity/IMEI)*. La tarjeta SIM contiene la *Identidad Internacional de Suscriptor Móvil (International Mobile Subscriber Identity/IMSI)* utilizada para identificar al suscriptor en el sistema, una clave de autenticación y otra información. La IMEI y la IMSI son independientes.

La tarjeta SIM puede estar protegida en contra de uso no autorizado por un password o un número de identidad personal.

El *Subsistema de Estación Base (Base Station Subsystem/BSS)* es un emisor/receptor de radio que enlaza a las MS con la infraestructura fija de la red.

El BSS esta compuesto por dos partes, la *Estación Base (Base Transceiver Station /BTS)* y el *Controlador de la Estación Base (Base Station Controller/BSC)*, que se comunican a través de la Interfaz A – bis.

La *Estación Base (Base Transceiver Station/BTS)* es el equipo terminal de la red hacia las estaciones móviles, formada por un conjunto de emisores y receptores fijos que intercambian mensajes con las MS que se encuentran dentro de la célula que controla. Utiliza diferentes canales de radio según el tipo de información que se intercambie, datos de usuario o señalización, y según el sentido del intercambio, abonado  $\Rightarrow$  red o red  $\Rightarrow$  abonado.

La célula es la unidad básica para la cobertura por radio de un territorio. Una BTS garantiza la cobertura radioeléctrica en una célula de la red. Proporciona el punto de entrada a la red a los abonados presentes en su célula para recibir o para transmitir llamadas. Controla, como máximo, ocho comunicaciones simultáneas, el multiplexado TDMA de orden 8 utilizado es el que impone este límite. Se puede controlar localmente si es necesario, o bien de forma remota a través del *Controlador de la Estación Base (Base Station Controller/BSC)*.

El *Controlador de la Estación Base (Base Station Controller/BSC)* administra una o varias BTS, concentra el tráfico y actúa como una pasarela para el *Subsistema de Red (Network Subsystem/NSS)*. El BSC se comporta como un concentrador para el tráfico procedente de las BTS, mientras que para el tráfico que proviene del MSC , actúa como un enrutador hacia la BTS destinataria. Gestiona los recursos de radio de su zona asignando frecuencias de radio para cada una de las BTS que tiene asociadas y administra las transferencias entre células reportando la información necesaria a la célula que se va a hacer cargo del abonado además de notificar a la base de datos HLR la nueva localización del abonado.

El *Subsistema de Red (Network Subsystem/NSS)* se compone por el *Centro de Conmutación Móvil (Mobile Switching Centre/MSC)*, el *Registro de Abonados Locales (Home Location Register/HLR)*, el *Registro de Localización de Visitantes (Visitor Location Register/VLR)*, el *Centro de Autenticación de Abonados (Authentication Centre/AuC)* y el *Registro de Identidad de Equipo (Equipment Identity Register/EIR)*.

La misión del NSS se centra en la gestión de llamadas, gestión de movilidad, la gestión de servicios suplementarios y gestión de mensajería.

El *Centro de Conmutación Móvil (Mobile Switching Centre/MSC)*, es el componente central del NSS. Interconecta la red GSM con la PSTN y la ISDN, además de ser la interfaz entre las bases de datos de la red GSM y la BSS. Proporciona acceso hacia el *Centro de Autenticación de Abonados (Authentication Centre/AuC)* que verifica los derechos de los abonados. Participa en la gestión de la movilidad de los abonados y, por tanto, en su localización en la red, pero también en el suministro de todos los teleservicios ofrecidos por la red: voz, suplementarios y mensajería.

El *Registro de Abonados Locales (Home Location Register/HLR)*, es una base de datos que incluye información permanente de los abonados de la red. Cuando un abonado entra en la red y solicita el acceso a un servicio, la red empieza por consultar al HLR para conocer la validez de los privilegios del solicitante, la última localización conocida de la terminal de abonado y la fecha de esos datos.

El *Registro de Localización de Visitantes (Visitor Location Register/VLR)*, es una base de datos de información dinámica en la cual se inscriben temporalmente los abonados y se registra su ubicación de paso en la red. Esta gestión es muy importante, ya que en cada instante la red debe conocer la localización de todos los abonados presentes en ella, es decir, debe saber en qué célula se encuentra cada uno de ellos. Para cada cambio de célula de un abonado, la red debe actualizar el VLR de la red visitada y el HLR del abonado, de ahí que se produzca un diálogo permanente entre las bases de datos de la red.

El *Centro de Autenticación de Abonados (Authentication Centre/AuC)* es una base de datos protegida donde se almacenan los códigos confidenciales de los abonados. Controla los derechos que cada abonado posee sobre los servicios de la red. Esta comprobación se efectúa para cada solicitud de uso de cualquier servicio. Cuando un abonado es correctamente validado, la red interroga al HLR para conocer las opciones suscritas y los derechos de acceso al servicio solicitado. Si los derechos son válidos, el abonado accede al servicio requerido.

El *Registro de Identidad de Equipo (Equipment Identity Register/EIR)*, es una base de datos que contiene una lista de todos los equipos móviles válidos en una red donde cada estación móvil es identificada por IMEI. Una IMEI es marcada como inválida si es que ha sido reportada o no ha sido aprobada.

Las interfaces son también componentes importantes de la red. Soportan el diálogo entre los equipos y permiten que funcionen entre sí. La normalización de las interfaces garantiza la correcta interacción entre equipos heterogéneos producidos por distintos fabricantes.

*Interfaz de radio Um:* Está localizada entre la estación móvil y la estación base MS  $\Leftrightarrow$  BTS. Es la interfaz más importante de la red.

*Interfaz A-bis:* Conecta una estación base con su controlador BTS  $\Leftrightarrow$  BSC. Es manejada comúnmente dentro de funciones de control común de una BTS. Físicamente es soportada por una conexión digital utilizando el *Protocolo de Acceso de Enlace de Datos (Link Access Data Protocol/LAPD)*.

*Interfaz A:* Se sitúa entre las BSC  $\Leftrightarrow$  MSC. Esta soporta señalamiento y tráfico de voz y datos transmitida por un sistema de transmisión de 2.048Mbps.

### 1.1.2 Canales de Acceso Físico y Canales Lógicos para GSM

GSM hace uso de dos tipos de canales: canales físicos y canales lógicos. Los canales físicos constituyen el medio físico a través por el cual la información fluye. Los canales lógicos soportan las funciones lógicas dentro de una red.

Aunque el espectro para GSM900 admite 125 portadoras de 125-200kHz, para permitir una banda de guarda de 100kHz ,únicamente son especificadas 124 portadoras efectivas.

El número absoluto de canales de radiofrecuencia y su correspondiente frecuencia central en MHz para el enlace de bajada (uplink) y el enlace de subida (downlink) para GSM900 son:

$$f_{uplink} = 0.2N + 890$$

$$f_{downlink} = 0.2N + 935$$

$$\text{con } 1 \leq N \leq 124$$

Para GSM1800 con  $512 \leq N \leq 885$

$$f_{uplink} = 0.2N + 1607.8$$

$$f_{downlink} = 0.2N + 1702.8$$

Para GSM1900 con  $512 \leq N \leq 810$

$$f_{uplink} = 0.2N + 1747.8$$

$$f_{downlink} = 0.2N + 1827.8$$

La estructura de acceso múltiple es definida en términos de time slots, frames, multitramas e hipertramas como se ilustra en la figura 1.2

Un time slot contiene 156.25 bits y tiene una duración de  $577 \mu s$ . Entonces la duración de un bit es de  $3.69 \mu s$ . Ocho time slots componen un frame de 4.615ms. Hay dos tipos de multitramas: multitramas de tráfico con 26 frames y una duración de 120ms y las multitramas de control con 51 frames y una duración de 235.4ms.

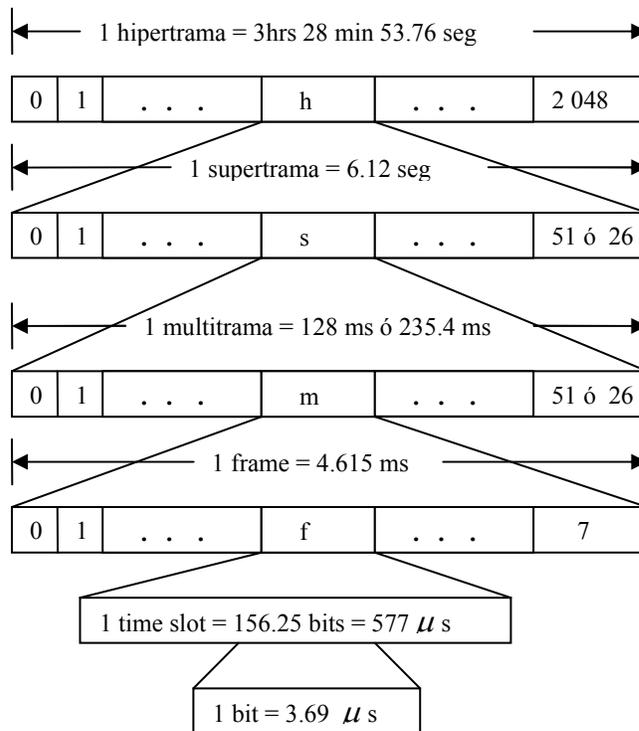


Figura 1.2 Estructura de GSM

Los canales lógicos son de dos tipos: canales de tráfico que conllevan el payload (voz y datos) y canales de señalización que cargan con la información de control.

Tabla 1.2 Canales de Tráfico

	<b>Acrónimo</b>	<b>Sentido</b>	<b>Aplicación</b>
Full Rate Traffic Channel	TCH/F	MS ⇔ BTS	Voz
Half Rate Traffic Channel	TCH/H	MS ⇔ BTS	Voz
Rate Traffic Channel ( 9.6 Kbps )	TCH/9.6	MS ⇔ BTS	Datos
Rate Traffic Channel ( 4.8 Kbps )	TCH/4.8	MS ⇔ BTS	Datos
Rate Traffic Channel ( 2.4 Kbps )	TCH/2.4	MS ⇔ BTS	datos

Los canales de señalización se agrupan en tres categorías:

Tabla 1.3 Canales de Broadcast

	<b>Acrónimo</b>	<b>Sentido</b>	<b>Aplicación</b>
Broadcast Control Channel	BCCH	MS ⇔ BTS	Difusión de información general
Frequency Control Channel	FCCH	MS ⇔ BTS	Control de Frecuencia de una Estación Móvil
Synchronization Channel	SCCH	MS ⇔ BTS	Sincronización de una Estación Móvil

Tabla 1.4 Canales de Control Común

	<b>Acrónimo</b>	<b>Sentido</b>	<b>Aplicación</b>
Paging Channel	PCH	MS ⇔ BTS	Llamada a una estación móvil
Access Grant Channel	AGCH	MS ⇔ BTS	Asignación de recursos
Random Access Channel	RACH	MS ⇔ BTS	Solicitud de recursos por estación móvil

Tabla 1.5 Canales de Dedicados

	<b>Acrónimo</b>	<b>Sentido</b>	<b>Aplicación</b>
Stand alone Dedicated Control Channel	SDCCH	MS ↔ BTS	Señalización usuario-red
Slow Associated Control Channel	SACCH	MS ↔ BTS	Transmisión de medidas radioeléctricas
Fast Associated Control Channel	FACCH	MS ↔ BTS	Señalización usuario-red

### 1.1.3 Pila de protocolos de GSM

Los protocolos de señalización entre la MS ↔ BTS, BTS ↔ BSC y BSC ↔ MSC son los siguientes:

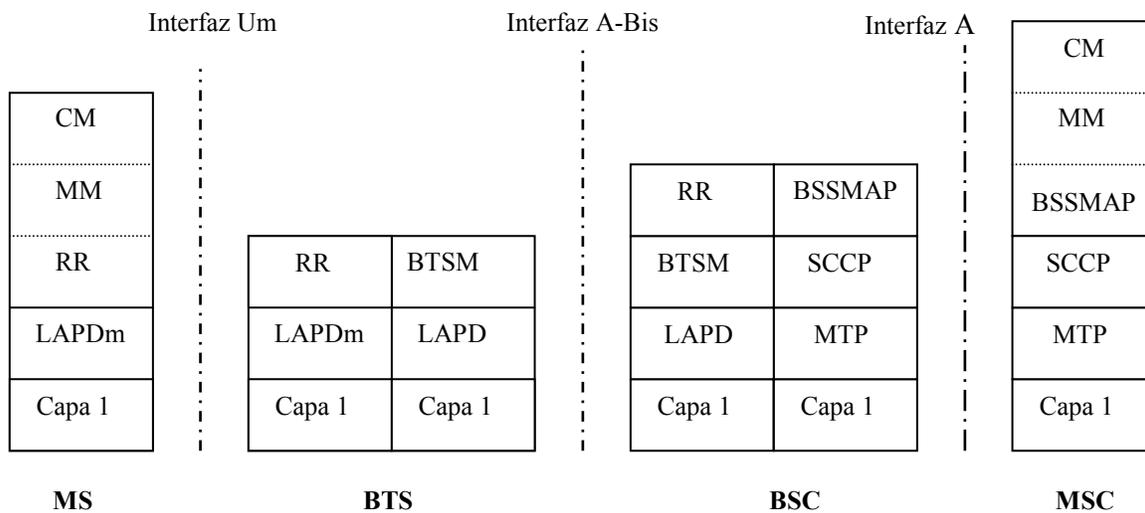


Figura 1.3 Protocolos de señalización de GSM

Las capas de CM, MM y RR corresponden a la capa 3 en el modelo de referencia OSI y la capa 2 está compuesta por las capas LAPDm y LAPD.

La capa de *Gestión de Comunicación (Communication Management/CM)* se encarga de preparar las llamadas que demandan los usuarios. Sus funciones se dividen en tres: control de llamadas, donde se manejan los circuitos orientados a servicios, gestión de servicios suplementarios, donde se permite la modificación y el chequeo de la configuración de los servicios suplementarios y el servicio SMS que provee del servicio de mensajería corta punto a punto.

La capa de *Gestión de Movilidad (Mobility Management/MM)* maneja los datos de localización de una terminal y los procedimientos de autenticación y cifrado.

La capa de *Gestión de Recursos de Radio (Radio Resource Management/RR)* gestiona el enlace de radio. Establece y mantiene las comunicaciones sin interrupción entre el MSC y el MS donde la señalización y el uso de datos del abonado pueden ser conllevados. Los Handovers<sup>1</sup> es parte de su responsabilidad, así como la aplicación de los recursos de radio.

El protocolo de capa 2 es provisto por la capa LAPDm sobre la interfaz de aire. Este protocolo es una versión modificada del *Protocolo de Enlace de Acceso para el canal D de ISDN (Link Access Protocol for the ISDN D-channel/LAPD)*. Las principales modificaciones son la sincronización requerida en TDMA y los mecanismos de protección de errores requeridos sobre la interfaz de aire (que en GSM se maneja en la capa 1 haciendo la correspondiente funcionalidad en el protocolo redundante LAPD).

La capa de *Gestión de la Estación Base (Base Transceiver Station Management/BTSM)*, es responsable de la transferencia de la información de RR a la BSC.

La capa del *Protocolo de Enlace de Acceso para el canal D de ISDN (Link Access Protocol for the ISDN D-channel/LAPD)*, provee la transmisión libre de errores entre la BSC y la MSC.

La capa de *Aplicación del Sistema de la Estación Base (Base Station System Application Part/BSSAP)* se divide en dos partes el BSSMAP y el DTAP. El intercambio de mensajes es sostenido por SS7. Los mensajes que no son transparentes para la BSC son manejados por BSSMAP que soporta todos los procedimientos entre el MSC y la BSS que requieren la interpretación y procesamiento de esta información para el manejo de recursos.

---

<sup>1</sup> Handover es proceso de traspaso de la señal de una antena a otra.

Los mensajes entre el MSC y la MS son transparentes para el BSC (mensajes MM y CM) son provistos en la capa de *Aplicación de Transferencia Directa (Direct Transfer Application Part/DTAP)*.

La capa de *Control de Señalización de Conexión (Signalling Connection Control Part/SCCP)* es parte del protocolo SS7 y facilita el transporte de mensajes tanto orientados o no a conexión.

La capa de *Transporte de Mensaje (Message Transport Part/MTP)* es parte del protocolo SS7, representa un sistema de transferencia de mensajes y permite transmitir información de señalización a través de la red hacia el punto de destino.

## 1.2 Sistema de Telefonía GPRS

Las redes GSM ofrecen un servicio de transmisión de datos, sin embargo el flujo está limitado a una velocidad máxima de 9.6Kbps y se basan en la conmutación de circuitos, donde un canal de comunicación está ocupado por un usuario durante la comunicación. Este modo de transmisión se adapta al transporte de voz. Sin embargo el futuro del GSM era ofrecer servicios de datos y los operadores de GSM deseaban ofrecer servicios de datos de mejor calidad y mas competitivos a fin de responder las expectativas de los clientes.

Por esta razón el *European Telecommunication Standards Institute (ETSI)* recomienda la integración de las técnicas de transmisión por paquetes y publica las especificaciones GSM fase 2 con vistas a introducir una nueva tecnología en las redes GSM, denominada *GPRS General Packet Radio Service*.

GPRS permite acceder a los servicios de Internet con una velocidad de hasta 115 Kbps gracias a la utilización de múltiples canales de radio que se atribuyen a un usuario o se comparten con varios. Los recursos de radio se asignan dinámicamente y la velocidad de transmisión varía a causa de la mayor flexibilidad y mayor adaptabilidad del modo paquete con respecto al modo circuito.

Basado en los principios de conmutación de paquetes, GPRS provee un óptimo acceso a Internet reutilizando la extendida infraestructura inalámbrica.

La introducción de GPRS a la red radio móvil permite:

- Servicio de conmutación de circuitos y de conmutación de paquetes.
- Mejorar el uso de los recursos de radio.
- Acceso eficiente.
- Conexión con otras redes de datos.

- Servicios basados en calidad de servicio (QoS).
- Tarifación basada en volumen.
- Servicios punto a punto y punto-multipunto.

### 1.2.1 Arquitectura de la red GPRS

La arquitectura GPRS este fuertemente basada en la arquitectura GSM .Se podría ver como una extensión de la red GSM.

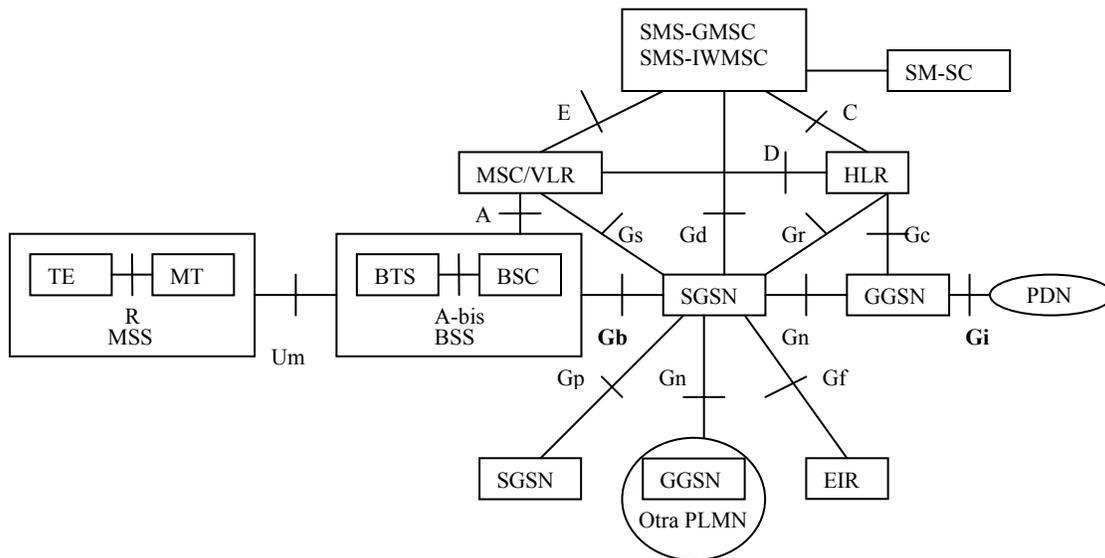


Figura 1.4 Arquitectura de una red GPRS

En adicción de los elementos ya mencionados, se tienen presentes los siguientes componentes:

**Nodo de Soporte GPRS (GPRS Support Node/GSN).** Es un nodo de red lógico que es introducido para proveer el ruteo y transferencia independiente de paquetes a la *Public Land Mobile Network (PLMN)*.

**Nodo Gateway de Soporte GPRS (Gateway GPRS Support Node/GGSN).** Este nodo actúa como una interfaz lógica entre la red GPRS y la *Packet Data Network (PDN)*. Para una red IP externa, un GGSN se ve como un router IP ordinario que contiene todas las direcciones IP de las MS.

Puede tener incluido algún firewall o mecanismos de filtrado de paquetes. Además provee la asignación de medios para el SGSN concerniente a la localización de la MS.

*Nodo de Soporte de Servicio GPRS (Service GPRS Support Node/SGSN).* Actúa como una interfaz lógica con la red de acceso por radiofrecuencia, siendo responsable de la entrega de paquetes a la BSS correcta. También realiza encriptación, autenticación, manejo de sesión, manejo de movilidad, y manejo en el enlace lógico de la MS.

La MS esta equipada con el stack de protocolos de GPRS que provee los medios de conexión del usuario con la red GPRS. Las MS deben de ser capaces de proveer facilidades de conmutación de circuitos y conmutación de paquetes.

La BSC soporta todos los protocolos relevantes de GPRS para la comunicación sobre la interfaz de aire. En adición, se le incluye el bloque lógico de la Unidad de Paquetes de Control (*Packet Control Unit/PCU*) que puede residir físicamente en la BSC, en la BTS o en el SGSN. La PCU es responsable de lo concerniente a las llamadas de conmutación de paquetes, supervisión, desconexión, entregas, configuración de los recursos de radio y asignación de canal.

### 1.2.2 Pila de Protocolos GPRS

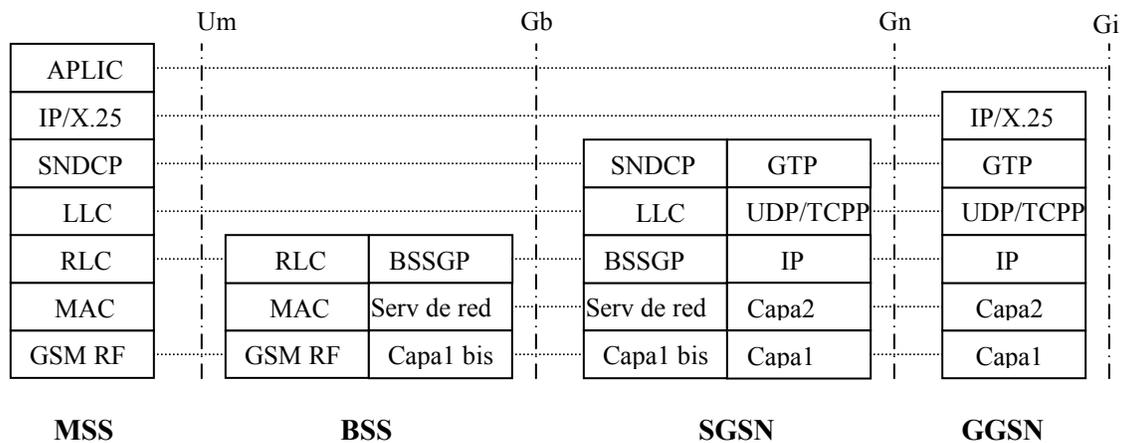


Figura 1.5 Protocolos de señalización de GPRS

El *Protocolo de Tunelización GPRS (GPRS Tunnel Protocol/GTP)* se utiliza entre los nodos GSN. Este protocolo encapsula a las *Unidades de Datos de Protocolo (Protocol Data Units/PDUs)* del GSN que lo origina y que son desencapsuladas en el GSN destino. Una GTP PDU es ruteada sobre una red GPRS basada en IP utilizando el *Protocolo de Control de Transmisión (Transmission Control Protocol /TCP)*, aplicaciones basadas en X.25 o el *Protocolo de Datos de Usuario (User Data Protocol/UDP)*. El proceso entero se conoce como *Tunelización GPRS*.

Entre el nodo SGSN y la MS, el *Subnetwork Dependent Convergent Protocol (SNDCP)* es utilizado para mapear las características de la capa de red hacia capas de inferiores. Provee funcionalidades como la de multiplexación de mensajes de la capa de red hacia una conexión lógica, encriptación, segmentación y compresión.

El *Control de Enlace Lógico (Logical Link Control/LLC)* provee la conexión lógica entre las MS y el SGSN. Realiza las tareas de cifrado, control de flujo, control de secuencia y control de errores. LLC utiliza SNDCP para transferir a la capa de red las PDUs. LLC es utilizado por el protocolo SMS para transferir mensajes SMS y da soporte al *Gestor de Movilidad GPRS (GPRS Mobility Management)* para transferir datos de control.

La capa de *Control de Enlace por Radio y Control de Acceso Múltiple (Radio Link Control \ Multiple Access Control / RLC MAC)* es localizada en el PCU. Realiza la transferencia de las PDUs del LLC utilizando un medio compartido entre múltiples MS y la red por medio de la interfaz de radio GPRS. La capa RLC es responsable de la segmentación y reensamble de las PDUs de LLC. Puede operar en dos modos llamados *acknowledged* o *unacknowledged* de acuerdo a la petición de QoS. El modo de operación de *acknowledged* realiza la detección y recuperación en errores de transmisión. En el modo *unacknowledged* realiza los procedimientos de retransmisión de los bloques de datos no corregidos.

La capa de *Control de Acceso al Medio (Media Access Control/MAC)* opera entre las MS y la BSS, específicamente con la BTS. Es responsable de la señalización concerniente al acceso de canales de radio ya que una MS utiliza varios canales físicos simultáneamente y de igual manera, varias MS pueden compartir un mismo canal físico.

La capa física provee la transferencia de información sobre el canal físico entre la red y la MS

El *BSS GPRS Protocol (BSSGP)* opera entre la BSS y el SGSN cubriendo el ruteo y la información referida a la QoS.

### 1.2.3 Canales de Acceso Físico y Canales Lógicos para GPRS

Siendo una extensión de la red GSM, GPRS utiliza las mismas bandas de frecuencias y ambas redes comparten los mismos canales físicos.

Los canales físicos en GPRS son time slots dentro de una frecuencia portadora. Los time slots pueden ser asignados a llamadas de conmutación de circuitos o de conmutación de paquetes.

El canal físico asignado a una llamada de conmutación de circuitos es llamado *Canal de Tráfico (Traffic Channel/TCH)* y el canal físico asignado a una conmutación de paquetes es llamado *Canal de Paquetes de Datos (Packet Data Channel/PDCH)*. Ambos canales comparten los mismos canales físicos que pueden ser asignados dinámicamente de acuerdo a los principios de capacidad sobre demanda. En un caso dado, los recursos son asignados dependiendo de los requerimientos de servicio para el respectivo QoS.

Tres grupos de canales lógicos componen el set de *Canal de Paquetes de Datos* como siguen:

*Canal de control de paquetes de Broadcast (Packet Broadcast Control Channel/PBCCCH)*. Este grupo contiene solo al canal de control de paquetes de Broadcast, que es un canal de bajada (*Downlink*) que cubre la información de cabecera a todas las terminales GPRS dentro de una célula.

*Canal de paquetes de control común (Control Packet Common Control Channel/PCCCH)*. Conlleva todo lo necesario a la señalización de control para la transferencia de un paquete, así como también datos de usuario y señalización dedicada. Está compuesto por cuatro canales:

- *Canal de paquetes de Acceso Aleatorio (Packet Random Access Channel /PRACH)*. Es un canal de subida (*uplink*) utilizado por las MS para inicializar la transferencia de paquetes o para responder a la paginación de mensajes.
- *Canal de Paquetes de Paginación (Packet Paging Channel/PPCH)*. Es un canal de bajada usado para paginar una MS antes de la transferencia de paquetes en un enlace de bajada.

- *Canal de Paquetes de Admisión de Acceso (Packet Access Grant Channel/PAGCH)*. Es un canal de bajada utilizado para llevar la asignación de recursos para una MS en la fase de establecimiento de transferencia de paquetes.
- *Canal de Paquetes de Notificación (Packet Notification Channel/PNCH)* Es un canal de bajada usado para enviar notificaciones *punto-multipunto-multicast (PTM-M)* a un grupo de MS en prioridad de PTM-M de transferencia de paquetes. Una de estas notificaciones puede ser la asignación de recursos.

*Canal de Paquetes de Tráfico (Packet Traffic Channel/PTCH)*: Es un grupo responsable de la transferencia de paquetes y el control de transferencias. Está compuesto por dos canales:

- *Canal de Paquetes de Transferencia de Datos (Packet Data Transfer Channel/PDTCH)*. Trabaja en dirección de bajada y de subida. Es utilizado para la transferencia de datos. Una MS puede utilizar uno o más PDTCH para las transferencias individuales de paquetes.
- *Canal de Paquetes de Control Asociado (Packet Associated Control Channel/PACCH)*. Trabaja en las direcciones de bajada y de subida. Conlleva la información de señalización como reconocimiento (acknowledgment), información de control de potencia y mensajes de asignación o reasignación de recursos dados a una MS. Está asociado con uno o más PDTCH asignados a una MS

### 1.3 Desarrollo de las redes 3G

En la tercera generación 3G se espera que se complete el proceso globalizado de comunicación móvil. Por esta razón, es de esperarse que los intereses nacionales y regionales se involucren y se prevean dificultades. De cualquier manera, la tendencia es que 3G debe de ser basada en las soluciones técnicas de GSM por dos razones:

- La tecnología GSM domina el mercado.
- La gran investigación realizada en GSM debe de ser utilizada tanto como sea posible.

Basados en esto, los cuerpos de investigación crearon una visión acerca de cómo se deben de desarrollar las nuevas telecomunicaciones móviles en la década del 2010.

Por medio de esta visión, algunos de los requerimientos de 3G son los siguientes:

- El sistema debe de ser completamente especificado (tal como GSM) y la mejora en las interfases debe de ser estandarizadas y abiertas.
- El sistema debe de adicionar el valor de GSM en todos los aspectos. Sin embargo al principio del sistema debe de ser compatible con al menos GSM y la ISDN.
- Los componentes multimedia deben de ser soportados a lo largo del sistema.
- El acceso por radio en 3G debe de proveer ancho de banda genérico. De esta manera, debe de reflejar la capacidad y requerimientos entre la capacidad del ancho de banda de las redes de 2G.
- Los servicios de usuarios finales deben de ser independientes de la tecnología de acceso por radio y la infraestructura de la red no debe de limitarse a los servicios generados.

Mientras que en las especificaciones de 3G se ha trabajado en la mejora de las telecomunicaciones, las tendencias de las telecomunicaciones han cambiado. El mundo de las comunicaciones móviles y las comunicaciones de datos en Internet han empezado a converger rápidamente. Esto ha empezado a desarrollar una cadena donde las comunicaciones tradicionales y las tecnologías IP son combinadas en el mismo paquete.

Esta tendencia común tiene muchos nombre dependiendo del punto de vista. Algunos lo llaman *Mobile Information Society* o *IP Móvil*, algunos lo llaman *3G All IP* y en contextos comerciales *E2E IP (End to End IP)*. Desde el punto de vista de 3G una implementación de IP a gran escala es definida como una de las fases del desarrollo de 3G.

El sistema 3G está en evolución a través de nuevas fases y recientemente ha comenzado la discusión acerca de que una 4G ha empezado.

Hasta ahora en muy temprano para predecir el final de la evolución de 3G y el comienzo en realidad de una 4G.

La uniformidad del estándar GSM en Europa hizo posible una globalización de las comunicaciones móviles. Esto se hizo evidente cuando el estándar abierto de GSM fue adoptado en la mayor parte de los mercados mundiales.

Pero, como es común, un sistema global de comunicaciones móviles crea muchos intereses políticos, por lo que en diferentes partes del mundo el énfasis en el término global de 3G tiene su sinónimo regional.

En Europa la variante de 3G se ha convertido en *Universal Mobile Telecommunication System (UMTS)* siguiendo la perspectiva del ETSI. En Japón y EU se desarrolla la *Internacional Mobile Telephony 2000 (IMT-2000)*, este nombre viene de la *International Telecommunication Union (ITU)*.

UMTS está especificado en el *3G Partnership Project (3GPP)*. En un principio tiene adheridos muchos elementos y funcionalidades de GSM y el desarrollo más considerable es en la parte del radioacceso a la red. UTMMS brinda al sistema un avance en la tecnología de acceso llamada *Wideband Code Division Multiple Access (WCDMA)*. WCDMA involucra a CDMA y consiste en la expansión en frecuencia de la señal mediante un código de ensanchado que sólo conocen el emisor y el receptor.

Desde el punto de vista de UMTS el 3GPP es una conjunción que se compromete a estandarizar tomando en cuenta todas las presiones políticas, industriales, comerciales que viene de organismos como:

- ETSI (European Telecommunication Standard Institute) / Europa
- ARIB (Association of Radio Industries and Business) / Japón
- CWTS (China Wireless Telecommunication Standard group) / China
- T1 (Standardisation Committe T1) / EU
- TTA (Telecommunication Technology Association) / Korea
- TTC (Telecommunication Technology Committee) / Japón

Para asegurar que el punto de vista de América fuera tomado en cuenta, se creó el *3G Partnership Project Number 2 (3GPP-2)*. La meta en común de 3GPP y 3GPP-2 es crear especificaciones de acuerdo a cual sistema global celular debe de ser implementado dado al acceso de ancho de banda de radio.

En la tabla 1.6 se resumen los tres diferentes acercamientos hacia un sistema global celular 3G.

Tabla 1.6 Variantes 3G

Variante	Acceso por radio	Conmutación	Bases de 2G
3G ( EU ) IMT-2000	WCDMA, EDGE, CDMA2000	IS-41	IS95,GSM1900,TDMA
3G ( Europa ) UMTS	WCDMA, GSM, EDGE	GSM	GSM900, GSM1800
3g ( Japón ) IMT-2000	WCDMA	GSM	PCD

Las especificaciones 3G hacen posible que tomando cualquiera de estos sistemas de conmutación y sus combinaciones den como resultado una red celular 3G.

3GPP originalmente se decidió a preparar especificaciones anualmente. La primera especificación fue la *Release 99(3GPP R99)*. Esta especificación tiene una presencia muy fuerte de GSM. Desde el punto de vista de UMTS la presencia de GSM es muy importante por que ambas pueden interoperar.

La siguiente especificación fue conocida como *3GPP R00* pero por la multiplicidad de cambios propuestos, se separó en dos especificaciones *3GPP R4* y *3GPP R5*, por lo que la *3GPP R99* también es conocida como *3GPP R3*.

*3GPP R4* define mayores cambios en UMTS del lado de la conmutación de circuitos en el núcleo de la red. Estos circuitos son separados en flujo de datos de usuario y en sus mecanismos de control. Otro tema dentro de esta especificación es la introducción de mecanismos y arreglos para multimedia.

*3GPP R5* introduce a una red UMTS el transporte de red por IP tanto como sea posible. Esto es llamado como una red *All IP*. IP y protocolos de capas superiores deben de ser utilizados en el control de la red y también para el flujo de datos que se espera que se manejen básicamente por IP. En otras palabras una red implementada de acuerdo con las especificaciones de *3GPP R5* debe de ser una red celular de paquetes conmutados *end to end* utilizando IP como protocolo de transporte en lugar de SS7 que debe de sostener una posición mayor en las redes existentes de conmutación de circuitos. Naturalmente las redes basadas en IP deben de soportar los servicios de conmutación de circuitos.

Las *3GPP R4/R5* empiezan a utilizar la posibilidad de una nueva técnica de acceso por radio. En *3GPP R99* la base para el *UMTS Terrestrial Access Network (UTRAN)* es el acceso por radio por WCDMA.

En *3GPP R4/R5* se utiliza otra tecnología de acceso por radio derivada de GSM que es la *Enhanced Data for GSM Evolution (EDGE)* abarca especificaciones para crear una *GSM/EDGE Radio Access Network (GERAN)* como una alternativa para construir una red móvil UMTS.

## CAPÍTULO 2

### TELEFONÍA MÓVIL SOBRE WIFI

#### 2.1 Voz sobre el Protocolo de Internet (VoIP)

La voz y datos se transmitían tradicionalmente en redes diferenciadas, pero debido al crecimiento del tráfico de datos y al proceso de convergencia, la tendencia es el soporte sobre una red multiservicio única para la transmisión de datos, voz y video debido al gran ahorro en mantenimiento, gestión y uso.

La conversión de voz en paquetes de datos utilizando el *Protocolo de Internet (IP)* es el concepto de *Voz sobre el Protocolo de Internet (Voice over IP/VoIP)*. En la conmutación de paquetes, la información transmitida, voz en este caso, se envía en paquetes de forma independiente con la misma dirección destino donde se reagrupan para recuperar la información y se elimina la asignación permanente de un circuito dedicado exclusivamente a una comunicación de voz.

En el ambiente de VoIP se debe de establecer el tipo de información que se desea transmitir, así como el ancho de banda necesario. Debido a estos requerimientos, el formato de los datos y la forma en la que pasan a través de dominios diferentes está estandarizado, lo que permite la interoperación con diferentes tecnologías.

En las implementaciones comerciales de VoIP se inició con la utilización del estándar de conferencia multimedia de la ITU-T, la especificación H.323 como punto de partida.

Por otra parte, el IETF desarrolló el protocolo de conferencia multimedia *SIP (Session Control Protocol)* que provee un mecanismo de control de sesión básico.

SIP ha ganado substancialmente seguimiento en la industria por su sencilla implementación para establecer y controlar las llamadas de voz básicas mediante un formato simple de petición y respuesta, además de ofrecer capacidad de escalamiento.

### 2.1.1 El estándar H.323

H.323 es un estándar que especifica los componentes, protocolos y procedimientos que proveen servicios de comunicación multimedia en tiempo real sobre redes de paquetes. Es parte de las recomendaciones H.32X de la ITU-T que proveen servicios multimedia sobre una gran variedad de redes.

El estándar de H.323 especifica cuatro componentes que se comunican entre ellos previendo servicios de comunicación multimedia punto a punto y punto multipunto.

- Terminales.
- Gateways.
- Gatekeepers.
- Multipoint Control Units (MCUs).

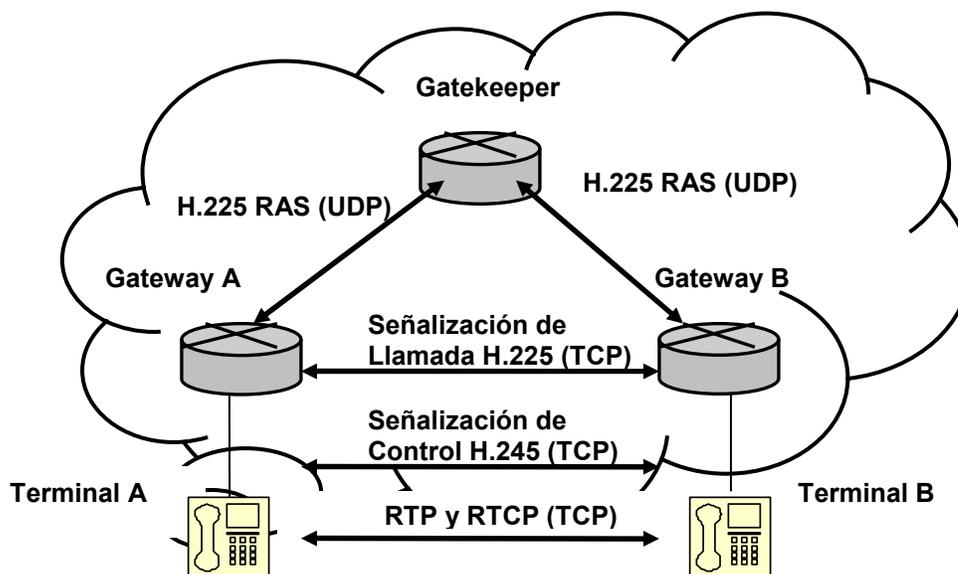


Figura 2.1 Componentes de una red H.323.

Los protocolos especificados en H.323 son:

- Codificadores de audio.
- Codificadores de video.
- Protocolo de Registro, Admisión y Estado H.225 (RAS).
- Protocolo de Señalización de Llamada H.225.
- Protocolo de Señalización de Control H.245.
- Protocolo de Transporte en Tiempo Real (*RTP/Real Time Transport Protocol*)
- Protocolo de Control de Transporte en Tiempo Real (*RTCP/Real Time Transport Control Protocol*)

Las funciones de los protocolos que forman parte del estándar H.323 son las siguientes:

Dado que el audio es el servicio mínimo del estándar H.323, todas las terminales deben de tener al menos un codificador de audio, como los especificados en la ITU-T.

*G.711*: Es utilizado en ISDN y muchos teléfonos digitales a 64kbps.

*G.723.1*: Tiene dos modos de operación a 6.4Kbps y a 5.3Kbps. El modo de operación puede variar dinámicamente en cada frame.

*G.729*: Es muy popular para voz sobre Frame Relay y módems de datos, junto con *G.723* son los mas populares codificadores de voz sobre IP Produce frames de 80bits codificando 10ms de voz a una velocidad de 8Kbps

Para la codificación de video se utilizan los codificadores:

*H.261*: Transmite imágenes de video a 64Kbps con calidad VHS.

*H.263*: Especifica el formato y el algoritmo utilizado para enviar y recibir imágenes de video, soporta los formatos CIF, QCIF, SQCIF a 28.8Kbps.

El protocolo de *Registro, Admisión y Estado H.255 (RAS)* interactúa entre los puntos terminales (terminales y gateways) y los gatekeepers, para llevar los mensajes de un gatekeeper en el proceso de registro de un punto terminal, al que se le asocia una dirección alias, donde se direcciona el canal de señalización de llamada para realizar el control de admisión y ajustes en el ancho de banda. El canal de señalización RAS es abierto antes que cualquier otro canal entre los puntos terminales y un gatekeeper y es

independiente del canal de realización de llamada. Utiliza los puertos 1719 y 1718 de UDP.

El protocolo de *Señalización de Control de Llamada H.225* es utilizado para establecer una conexión entre dos puntos terminales de H.323. Este canal es abierto entre un punto terminal y un gatekeeper. H.225.0 describe como el audio, video y datos y la información de control en redes de conmutación de paquetes pueden ser manejados para proveer de servicios en H.323, con la identificación la función de los mensajes enviados que pueden ser de establecimiento, información y de término de la llamada.

El protocolo de *Señalización de Control H.245*, es utilizado para intercambiar mensajes de control punto a punto manejando la operación en los puntos terminales de H.323. Estos mensajes de control contienen información relacionada con el Intercambio de capacidades, la apertura y cierre de canales lógicos, los mensajes de control de flujo y las indicaciones e instrucciones generales.

El *Protocolo de Transporte en Tiempo Real (RTP/Real Time Transport Protocol)* y el *Protocolo de Control de Transporte en Tiempo Real (RTCP/Real Time Transport Control Protocol)*, permiten la entrega de servicios de tiempo real de audio y video punto a punto. RTP provee información del tipo de datos transportado, sincronización, números de secuencia, time stamping y monitoreo. Es comúnmente utilizado para transportar datos por UDP. RTP junto con UDP proveen la funcionalidad de un protocolo de transporte, aunque puede ser utilizado con otros protocolos. La información adicional es cargada entre el receptor y el transmisor utilizando RTCP, para permitir el control de flujo. RTP y el RTCP están descritos en el RFC 1889.

La realización y mantenimiento de llamada utilizando el estándar H.323 se pueden resumir en cinco fases que consisten en:

- *Realización de llamada:* Se utilizan los mensajes de control de llamada definidos en H.225.
- *Comunicación inicial e intercambio de capacidades:* Mediante el establecimiento de los canales de control H.245. Ambas partes intercambian información acerca de sus capacidades.
- *Establecimiento de la comunicación audiovisual:* Involucra la apertura de canales lógicos H.245 para varios tipos de datos.

- *Servicios de llamada:* Cubren los cambios y negociación de ancho de banda, estado de la terminal (si un punto terminal se ha apagado o ha entrado en modo suspendido), expansión de conferencia, y capacidad de cascadeo de un multipunto para invitar a usuarios nuevos a una conferencia.
- *Termino de llamada:* Permite a cada parte poner fin a una llamada de forma ordenada, permitiendo concluir con el flujo de audio, video o datos.

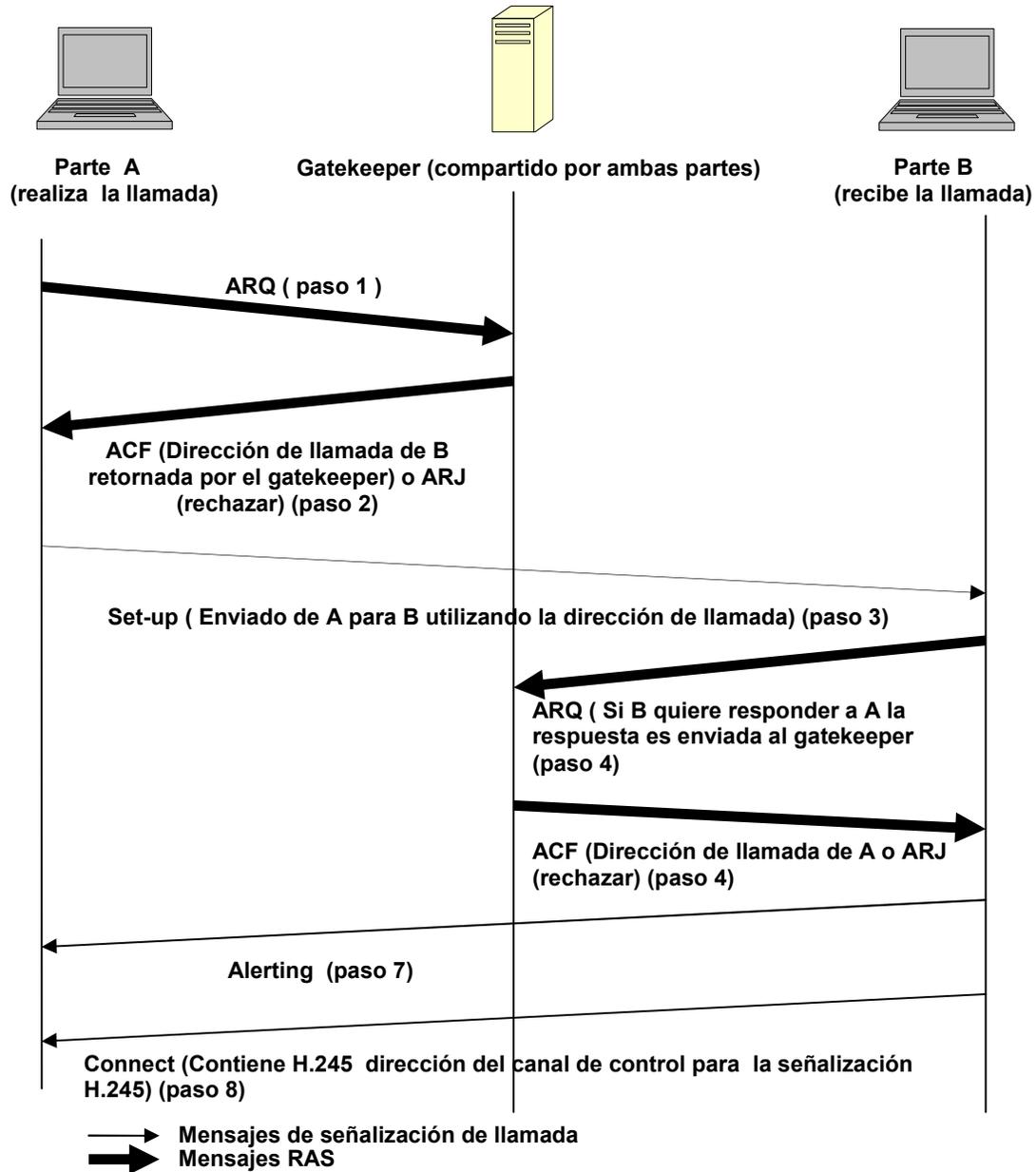


Figura 2.2 Realización de llamada utilizando el estándar H.323.

## 2.1.2 El protocolo SIP (Session Initiation Protocol)

*SIP (Session Initiation Protocol)* es un protocolo de señalización desarrollado por la IETF para mantener sesiones de voz y video a través de una red de conmutación de paquetes. El concepto de sesión involucra datos que conllevan múltiples tipos de información entre los receptores y emisores. Una sesión puede ser una llamada telefónica, una videoconferencia, la compartición de datos o el intercambio de mensajes instantáneos.

La primera publicación del protocolo SIP tuvo lugar en la RFC 2543 en 1999 con la versión 2.0, pero con la retroalimentación de las correcciones, los cambios convergieron en la RFC 3261 en el 2001, donde el protocolo es más robusto y documentado. SIP utiliza una semántica semejante a la del protocolo HTTP.

Una entidad SIP se comunica mediante transacciones que es básicamente una petición para realizar una acción junto con las respuestas que esta pueda generar.

Un *Cliente SIP* inicia las peticiones y un *Servidor SIP* es la entidad que responde a estas peticiones.

Una red SIP esta compuesta por cuatro tipos de entidades lógicas. Cada entidad tiene una función específica y participa en la comunicación como un cliente (que inicia las peticiones), como un servidor (responde las peticiones) o como ambas. Un dispositivo físico puede tener la funcionalidad de más de una entidad lógica. Los cuatro tipos de entidades lógicas de SIP son las siguientes:

- *Usuario (User Agent)*. Es una entidad terminal. Inicia y termina las sesiones por el intercambio de peticiones y respuestas.
- *Servidor Proxy*. Es una identidad intermediaria que actúa como servidor y como cliente con el propósito de realizar peticiones en nombre de otros clientes. Las respuestas son atendidas internamente o pasándolas entre otros servidores, posiblemente después de una traducción a otros servidores que ellos deciden remitir, alterando los campos de solicitud si es necesario. Un Proxy interpreta y si es necesario rescribe un mensaje de petición antes de reenviarlo.

- *Servidor de Redireccionamiento (Redirect Server)*. Es un servidor que genera respuestas de redirección a las peticiones que recibe y reencamina las peticiones hacia el próximo servidor.
- *Servidor de Registros (Registrar Server)*. Es un servidor que actualiza una localidad en la base de datos con la información del usuario para su localización y traducción de direcciones.

Las entidades SIP identifican a un usuario con las *SIP URI (Uniform Resource Identifiers)*. Una SIP URI tiene un formato similar al de un e-mail, el cual consta de un usuario y un dominio delimitado por una @.

SIP define la comunicación a través de dos tipos de mensajes. Las *peticiones (métodos)* y las *respuestas (códigos de estado)*.

Emplean el formato de mensaje genérico que consiste en una línea inicial seguida de uno más campos de cabecera, una línea vacía que indica el final de la cabecera, y por último, el cuerpo del mensaje que es opcional.

Los dos tipos de mensajes SIP son:

- *Peticiones*. Enviadas del cliente al servidor. Las peticiones SIP son caracterizadas por la línea inicial del mensaje, llamada Request-Line, que contiene el nombre de la petición, el identificador del destinatario de la *petición (Request-URI)* y la versión del protocolo SIP. Las peticiones involucran el inicio y término de una llamada, las capacidades y el registro del usuario.
- *Respuestas*. Enviadas del servidor al cliente. Después de la recepción e interpretación del mensaje de petición SIP, el receptor del mismo responde con un mensaje de respuesta que contiene códigos numéricos.

Hay dos tipos de respuestas y seis clases.

*Provisional. (clase 1xx)* Las respuestas provisionales son utilizadas por un servidor para indicar el progreso, pero no la terminación de las transacciones SIP.

*Final (clases 2xx, 3xx, 4xx, 5xx, 6xx)* Son respuestas finales que terminan con las transacciones SIP.

SIP utiliza el *Protocolo de Descripción de Sesión (Session Description Protocol/SDP)* para declara que tipo de información es codificada. SDP es un protocolo utilizado para describir los anuncios, invitaciones y otras formas de iniciación de sesiones multimedia. Un mensaje SDP se compone de una serie de líneas, denominadas campos, dónde los nombres son abreviados por una sola letra. El propósito de SDP es definir una sintaxis estándar para el tipo de información codificada.

El siguiente ejemplo muestra el intercambio de mensajes entre dos usuarios con el propósito de realizar una llamada de voz utilizando el protocolo SIP.

Tabla 2.1 Mensaje de petición SIP

Línea del mensaje de petición	Descripción
INVITE sip:monicavz@gmail.com SIP/2.0	Línea de petición: tipo de petición, dirección SIP del remitente del mensaje, versión SIP.
Via: SIP/2.0/UDP 192.190.132.24	Dirección del salto previo.
From: Mario <sip:mario@prodigy.com>	Remitente de la petición SIP.
To: Monica <sip:monicavz@gmail.com>	Usuario que ha sido invitado a la sesión.
Call-ID: a2b3c@192.190.132.24	ID global único de la llamada.
CSeq: 1 INVITE	Secuencia de comandos. Identifica la transacción.
Content-Type: application/SDP	Tipo de mensaje en el cuerpo, en este caso SDP.
Content-Length: 182	Numero de Bytes en el cuerpo.
	Las líneas en blanco marcan el final de la cabecera SIP y el comienzo del cuerpo.
v = 0	Versión de SDP.
o= Mario 3123 121231 IP IP4 192.190.132.24	Creador (Owner) e identificador de sesión, versión de la sesión, tipo de dirección IP y dirección IP.
c = IN IP4 192.190.132.24	Información de la conexión.
m = audio 5004 RTP/AVP 0 3 4 5	Descripción de la información: tipo, puerto, formato que el remitente puede recibir y enviar.

Tabla 2.2 Mensaje de respuesta SIP

Línea del mensaje de respuesta	Descripción
SIP/2.0 200 OK	Status-Line: versión SIP, código de respuesta.
Via: SIP/2.0/UDP 192.190.132.24	Dirección del salto previo.
From: Mario<sip:mario@prodigy.com>;tag=1928	Remitente del mensaje SIP, Incluye una etiqueta única para identificarlo.
To:Monica<sip:monicavz@gmail.com>;tag=7231	Destinatario del mensaje, Incluye una etiqueta única para identificarlo.
Call-ID: a2b3c@192.190.132.24	ID global único de la llamada.
CSeq: 1 INVITE	Identifica la transacción.
Content-Type: application/SDP	Tipo de mensaje en el cuerpo
Content-Length: 200	Numero de Bytes en el cuerpo.
	Las líneas en blanco marcan el final de la cabecera SIP y el comienzo del cuerpo.
v = 0	Versión de SDP.
o = Monica 5664 456456 IP IP4 192.190.132.31	Creador (Owner) e identificador de sesión, versión de la sesión, tipo de dirección IP y dirección IP.
c = IN IP4 192.190.132.31	Información de la conexión.
m = audio 5004 RTP/AVP 0 3	Descripción de la información que el receptor esta dispuesto a aceptar.

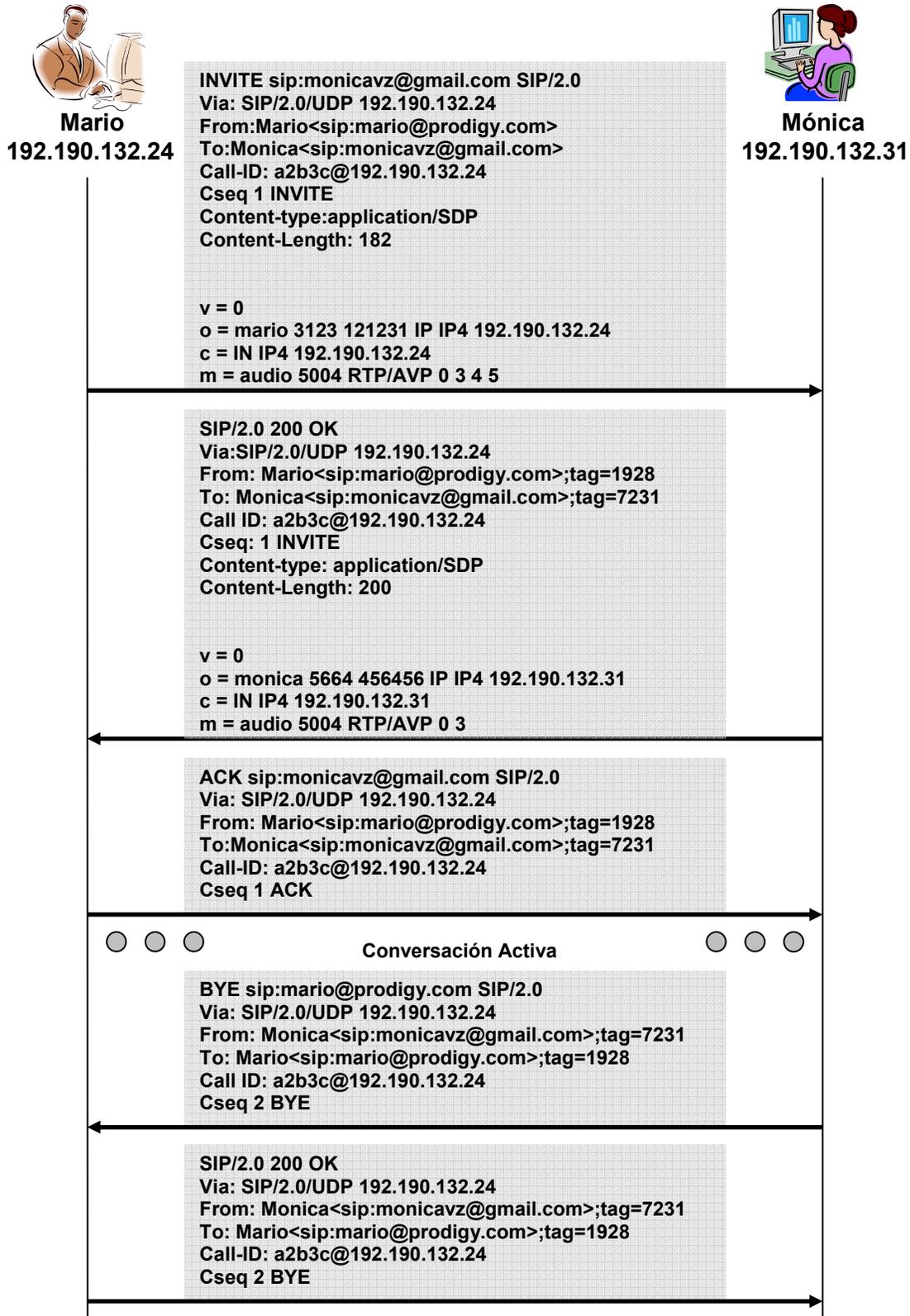


Figura 2.3 Realización de llamada utilizando el protocolo SIP.

## 2.2 Redes inalámbricas WiFi

*WiFi (Fidelidad Inalámbrica)* es una de las tecnologías inalámbricas más extendidas que proporciona conectividad a alta velocidad en el espectro no licenciado de radio. Además de ofrecer movilidad a los usuarios, tiene una gran facilidad de implantación, así como dispositivos a bajo costo con conectividad de manera inmediata. Las redes WiFi operan en el sector público bajo la denominación de *hot spots* que en general se refieren a un punto de acceso que cubre una determinada área, como un aeropuerto, café, hotel, universidad, centro de conferencias etc.

WiFi utiliza el estándar 802.11 para *redes inalámbricas (WLANs)* que está basado en la arquitectura LAN IEEE 802. Esto implica que una red 802.11 puede ser adherida transparentemente a cualquier otra red 802. El estándar 802.11 especifica las dos últimas capas del modelo OSI, la capa *MAC (Medium Access Control)* y la capa física.

Los subestándares de 802.11 que actualmente son más explotados en el ámbito comercial son:

- *El estándar 802.11a:* Liberado en 1999 con productos comerciales en 2001. Alcanza una velocidad de 54 Mbps a 5 GHz con la posibilidad de utilizar 8 canales no solapados. Es más estable por que tiene más canales disponibles y una mejor inmunidad a la interferencia que permite aplicaciones simultaneas de gran ancho de banda. Los sistemas 802.11a no podían operar en Europa occidental por que la banda de 5GHz había sido reservada para otros estándares de LANs inalámbricas como *HiperLAN2*, por lo que la popularidad de 802.11a se vio cortada por el mercado de 802.11b por su rango de cobertura, el consumo de potencia, y costo.
- *El estándar 802.11b:* Liberado en 1999. Es la tecnología de redes inalámbricas más difundida en cuanto a dispositivos y *hot spots* desplegados. Soporta velocidades máximas de 11 Mbps. Comparte la banda no licenciada de 2.4 GHz con una gran cantidad de tecnologías como Bluetooth, teléfonos inalámbricos, hornos microondas y 802.11g. Soporta un máximo de tres canales sin traslapes.
- *El estándar 802.11g:* Liberado en el 2003. Utiliza la banda de 2.4 GHz y ofrece velocidades máximas de 54 Mbps. Tiene capacidad de utilización de hasta 3 canales no solapados. Por ser compatible con 802.11b, bajo costo en infraestructura y mejor alcance, se ha consolidado como el estándar sucesor de 802.11b.

Tabla 2.3 Características de los subestándares 802.11

	<b>802.11a</b>	<b>802.11b</b>	<b>802.11g</b>
Popularidad	Adopción Limitada	Ampliamente adoptado.	Rápidamente adaptable.
Velocidad	54Mbps	11Mbps	54Mbps
Throughput Promedio	27Mbps	4-5Mbps	20-25Mbps
Costo	Alto	Bajo	Accesible. Desde su lanzamiento los precios han disminuido y son competitivos con 802.11b
Número de canales utilizables	12 / 8	11 / 3	11 / 3
Frecuencia	5GHz La banda poco utilizada de 5GHz puede coexistir con las redes de 2.4GHz sin interferencia	2.4GHz. Es una banda muy utilizada, por lo que tiene problemas con teléfonos inalámbricos, hornos de microondas y Bluetooth.	2.4GHz.
Rango (depende de la ganancia de antena, potencia de transmisión, sensibilidad de recepción y obstáculos)	Rango limitado, 7.62m a 22.86m en interiores.	Buen Rango. Típicamente entre 30.48m a 45.72m en interiores, dependiendo de los materiales de construcción.	Buen Rango. Típicamente entre 30.48m a 45.72m en interiores, dependiendo de los materiales de construcción.
Acceso Público	No hay disponible.	El numero de hot spots públicos crece rápidamente	Compatible con los hot spots 802.11b a 11Mbps
Compatibilidad	Incompatible con 802.11b y 802.11g	Ampliamente adoptado	Compatible con 802.11b a 11Mbps e incompatible con 802.11a

La capa física del estándar 802.11, es la interfaz entre la capa MAC y el medio inalámbrico. El estándar 802.11 provee tres opciones diferentes:

- *FHSS (Frequency Hopping Spread Spectrum)*. Esta técnica depende de la diversidad de frecuencias. Básicamente la señal salta de frecuencia en frecuencia siguiendo un patrón dado por un código que dispersa la potencia de la señal sobre un ancho de banda. El salto en frecuencia en el estándar 802.11 es realizado con *modulación de frecuencia gaussiana (GFSK)*.
- *DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum)*. Utiliza una secuencia con un código de alta velocidad y modulación BPSK para la portadora y la dispersión. Puede tolerar problemas de multitrayectoria mayores. DSSS tiene más eficiencia de potencia que el GFSK utilizado en FHSS, por lo que a la misma potencia de la portadora llevará a la señal más lejos.
- *OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing)*. Utiliza la modulación QAM y procesamiento avanzado digital de señales, con lo cual se distribuyen los datos sobre varias portadoras espaciadas a frecuencias precisas. El espaciamiento preciso permite la ortogonalidad que previene que los demoduladores capten frecuencias ajenas a la suya. Como cada portadora puede ser claramente identificada, las bandas de guarda se eliminan incrementando la eficiencia del uso del espectro de frecuencias. Los beneficios de OFDM son su alta eficiencia espectral, protección contra interferencia y baja distorsión por multitrayectoria.

La capa física se encuentra dividida en dos subcapas.

- *PDM (Physical M Dependent)*: Define las características de transmisión y recepción en el medio inalámbrico.
- *PLCP (Physical Layer Convergent Protocol)*: Utiliza el Convergent Protocol que se encarga de establecer una comunicación con entre las capas PDM y MAC.

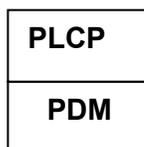


Figura 2.4 Capa física de 802.11

La capa *MAC (Media Access Control)* utiliza las funciones del *DLC (Data Link Control)* de IEEE 802.11 que gestiona y coordina el acceso al canal de transmisión, además de ser responsable de los procedimientos relacionados a la reservación del canal, formato del frame, control de errores, fragmentación, reensamble de los paquetes, y hasta cierto punto se encargan de la autenticación, así como de otras tareas de administración y de seguridad. El estándar 802.11 utiliza la supresión de colisiones debido a la dificultad de descubrir colisiones en una red de transmisión de radiofrecuencia, para ello, la capa física y la capa MAC monitorean la energía sobre el medio de transmisión de datos.

La capa física utiliza el algoritmo de *estimación de desocupación de canales (CCA)* para determinar si el canal está vacío, midiendo la energía de radiofrecuencia. Esta señal medida es conocida como RSSI. Si la fuerza de la señal recibida está por debajo del umbral, el canal se considera vacío, y a la capa MAC se le da el estado del canal vacío para la transmisión de los datos. Si la energía de la señal de radiofrecuencia está por arriba del umbral, las transmisiones de los datos son retrasadas de acuerdo con las reglas protocolares.

La capa MAC especifica el soporte de transferencias asíncronas de datos, que se refiere a tráfico que es relativamente insensible a retardos de tiempo, así como el soporte de tráfico de *Servicios sensibles al tiempo (Distributed Time Bounded Services/ DTBS)* para así lograr una QoS aceptable para video y voz.

Los componentes de una red inalámbrica incluyen terminales y *Puntos de Acceso (AP)*.

Los puntos de acceso crean una zona de cobertura inalámbrica donde centralizan y gestionan el tráfico de las terminales suscritas a él. Trabajan con determinadas frecuencias y ancho de banda para evitar que la señal que emite cada punto de acceso interfiera con otro. Este es un aspecto muy importante en puntos de acceso que comparten una zona de cobertura para la selección adecuada de los canales.

Existen dos tipos de topologías para una red WiFi:

- *El modo Ad-Hoc*. Esta topología se caracteriza por que no hay un Punto de Acceso y las estaciones se comunican directamente entre si (*peer-to-peer*), de esta manera el área de cobertura está limitada por el alcance de cada estación individual.

No tiene acceso a otras redes y para acceder a Internet una estación deberá actuar como proxy y poseer dos interfaces de red.



Figura 2.5 Red inalámbrica en modo *Ad-hoc*.

- *El Modo Infraestructura*. En esta topología se dispone como mínimo de un punto de acceso y las estaciones no se pueden comunicar directamente, por lo que toda la información pasa a través del punto de acceso. Todas las estaciones deben ser capaces de “ver” al punto de acceso, que actúa como un HUB y redistribuye los datos hacia todas las estaciones. Es una estructura apropiada cuando la mayor parte del tráfico se origina o finaliza en las redes exteriores. Para poder identificar a las celdas se les asigna un nombre de red que es una cadena de 32 caracteres llamada *SSID (Service Set Identification)*. Puede presentarse el Roaming que es la posibilidad de una estación de desplazarse fuera de la cobertura de su celda y conectarse a otra manteniendo la continuidad de las aplicaciones.



Figura 2.6 Red inalámbrica en modo infraestructura.

Cuando se implementa o diseña una WLAN, se deben de considerar los aspectos técnicos como la asignación de canales de radio, diseño de las células, y la seguridad de la red.

- *Canales de Radio.* La frecuencia que se muestra en la figura 2.7, en la parte superior es la correspondiente a la frecuencia central de cada canal utilizada en la comunicación entre el transmisor y receptor. Un canal de 802.11b utiliza aproximadamente 30 Mhz, con 5 Mhz de separación.

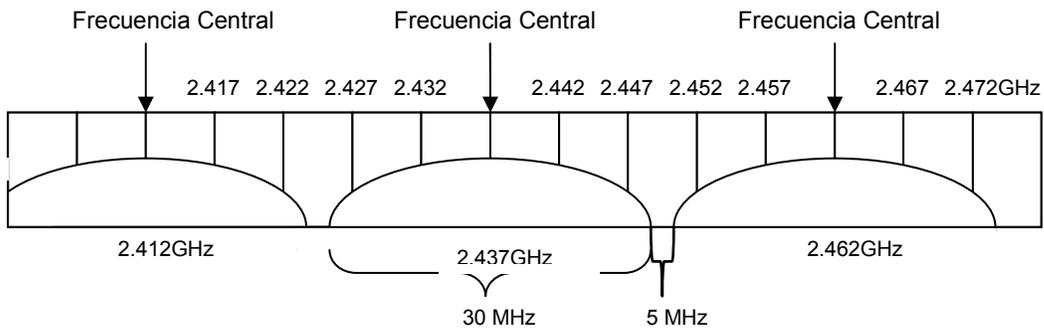


Figura 2.7 Ancho de banda de cada canal de 802.11

Para evitar que se solapen los canales, la norma del IEEE 802. 11 indica que debe de haber una separación entre las frecuencias centrales mayor de 22 MHz.

Bajo esta condición, en la banda de 2.4 GHz pueden haber hasta 3 Puntos de acceso en una misma celda, en la banda de 5 GHz se permite la utilización de hasta 8 puntos de acceso en la misma celda.

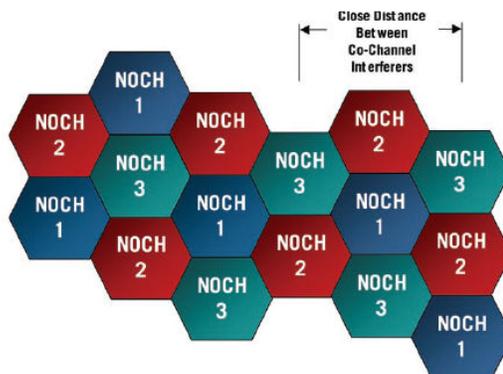


Figura 2.8 Canales no traslapados de 802.11b/g

- *Diseño de las células.* Algunos de los aspectos más importantes para diseñar una red inalámbrica son el throughput y la cobertura.

El alcance y la cobertura de la señal dependen de la potencia del punto de acceso, los obstáculos que la señal tiene que atravesar (muros, metal) y las Interferencias.

Para tener una cobertura confiable, se consideran modelos de perdidas que dependen del ambiente en espacios abiertos, semiabiertos y cerrados.

Si una célula se diseña tomando en cuenta solo la cobertura, la red puede tener un bajo throughput así como un menor número de puntos de acceso y menor costo, en cambio, si se toma en cuenta solo el throughput, las células serán mas pequeñas, con mas puntos de acceso y mayor costo.

- *Seguridad de la red.* La naturaleza de broadcast de las redes inalámbricas hace difícil protegerlas de accesos no autorizados dado que el medio de transmisión es compartido y cualquier dispositivo que se encuentre en el alcance de la señal puede escuchar o interferir en el mensaje de la comunicación. Las consecuencias más comunes de ataques a redes WiFi son el consumo de ancho de banda, los accesos no autorizados a equipos y la instalación de puntos de acceso no autorizados. Una forma de asegurar la comunicación, es la combinación de encriptación y autenticación. Los grupos más importantes en el desarrollo de estándares para la seguridad en redes inalámbricas son el IEEE, el IETF y la WiFi Alliance.

El estándar de seguridad *WEP (Wired Equivalent Privacy)* fue desarrollado en 1999 por la IEEE como parte del estándar 802.11. Aún a sabiendas de sus debilidades, fue considerada la mejor opción. Utiliza una clave estática simétrica que el cliente y la estación base deben conocer. La encriptación se basa en el algoritmo RC4, y utiliza un algoritmo de integridad CRC32 que genera un *ICV (Integrity Check Value)*.

El estándar *WPA (WiFi Protected Access)* surgió como anticipo del estándar IEEE 802.11i para los atenuar los graves problemas de seguridad surgidos del esquema de encriptación WEP. Su principal característica es la distribución dinámica de claves y una utilización más robusta del vector de inicialización (que mejora en la confidencialidad), así como nuevas técnicas de integridad y autenticación. WPA incrementa el tamaño de las claves e introduce un nuevo mensaje de control de integridad.

El estándar WPA2 de la WiFi Alliance consiste en una mejora de WPA, cambiando el esquema de encriptación a AES-CCMP. Este esquema de encriptación hace necesario el cambio de hardware para su uso, por lo que no mantiene la compatibilidad con esquemas de anteriores.

## 2.3 Telefonía Móvil sobre WiFi

El crecimiento en las tecnologías de redes inalámbricas y de VoIP, han proporcionado una nueva aplicación, la Telefonía sobre WiFi. VoIP ha demostrado ser una alternativa efectiva a bajo costo, por lo que las compañías que han adoptado a la telefonía IP y a las WLANs, están dando el próximo paso lógico en sus entornos, proporcionar telefonía de IP sobre redes inalámbricas.

El acceso público a banda ancha y el rápido crecimiento de WiFi crea una oportunidad comercial para los operadores móviles de telefonía de extender sus servicios, ya que WiFi puede volverse un servicio complementario para los operadores móviles de 3G y puede integrarse fácilmente con las redes de existentes (2.5/3G), llevando a la expansión un ecosistema inalámbrico organizado. Esta solución parece razonable ya que WiFi tiene limitación de cobertura y los sistemas móviles de 2.5G no soportan adecuadamente las comunicaciones de datos de gran ancho de banda, por lo que la conjunción de WiFi y las redes de 2.5G pueden resolver la continuidad de datos. La tecnología WiFi coexistirá en el corto y mediano plazo con la tecnología móvil 3G, por que por el momento se pueden complementar.

Las redes celulares esencialmente consisten en dos partes: La *red de acceso terrestre (RAN)* que controla la transmisión y recepción de las señales de radio y el núcleo de la red, que proporciona conmutación, transporte, refuerza los servicios para el mantenimiento de trafico y lo dirige a la red RAN. El costo del servicio se puede dividir entre el cruce por el núcleo de la red y la RAN licenciada.

Si se toma en consideración la entrega de los servicios móviles sobre el espectro de las redes WiFi que es mucho más barato por ser no licenciado, esta tecnología puede complementar a las redes celulares existentes. Muchos operadores están siguiendo esta convergencia y han liberado diferentes dispositivos capaces de interactuar en un ambiente celular y WiFi. Los teléfonos celulares con habilitación WiFi permiten la extensión de los servicios del núcleo de la red a localidades servidas por redes WiFi. El funcionamiento de una RAN no licenciada (las redes WiFi) en el transporte de voz cambia sustancialmente el costo de la infraestructura de los servicios móviles de telecomunicación.

### 2.3.1 Calidad de servicio para aplicaciones de voz en redes WiFi

El tráfico de voz y datos tienen requisitos de red diferentes. La mayoría de las aplicaciones de datos pueden resistir alguna pérdida de paquetes y TCP puede retransmitir los paquetes perdidos para asegurar una entrega confiable, pero las retransmisiones introducen retrasos que son perceptibles en comunicaciones de tiempo real como la voz, rompiendo el flujo de una conversación. Por consiguiente, las comunicaciones de voz sobre IP deben tener retraso, jitter<sup>1</sup> y pérdida de paquetes mínima. Los mecanismos de QoS son necesarios para lograr estos servicios.

La IEEE ratifica los estándares de QoS en 802.11e para promover la interoperabilidad permitiendo a las compañías hacer una selección de la mejor solución que ellos consideren. *WiFi Multimedia (WMM)* soporta dos modos de funcionamiento, la *Función de Coordinación Distribuida Reforzada (EDCF)*, normalmente llamado WMM, La *Función de Coordinación Híbrida (HCF)*, normalmente llamado WMM Scheduled Acceso.

*WiFi Multimedia (WMM)* está basado en un subconjunto del proyecto de IEEE 802.11e. Permite a los puntos de acceso y terminales distinguir entre las diferentes aplicaciones, mientras están conteniendo por el mismo ancho de banda ya que trata de manera diferente a la entrega de cada aplicación, basado en las características de tráfico. Define cuatro categorías de acceso: voz, video, best effort y background. Una de las ventajas de WMM es su compatibilidad con 802.1D, utilizada para la QoS en switches de capa 2. Las dos normas, WMM y los niveles de prioridad 802.1D, forman una política de transición de QoS entre Ethernet alámbrico y las redes 802.11.

Tabla 2.4 Categorías de acceso WiFi Multimedia

Designación	Categoría de acceso de WMM	Descripción	Etiqueta 802.1D	Designación 802.1D
Voz	AC_VO	La más alta prioridad para permitir múltiples llamadas Proporciona baja latencia a los paquetes de voz.	7 , 6	NC , VO

<sup>1</sup> Varianza estática de tiempo entre las llegadas de los paquetes. Es el valor absoluto de la principal derivación en el espaciamiento de los paquetes que cambia entre el receptor y el transmisor.

Designación	Categoría de acceso de WMM	Descripción	Etiqueta 802.1D	Designación 802.1D
Video	AC_VI	Permite que el video sea transportado con prioridad sobre las aplicaciones de datos, pero por debajo de la voz.	5 , 4, 3	VI , CL , EE
Best effort	AC_BE	Diseñado para transportar tráfico que es menos sensible a los retardos pero sin hacerlos inaceptables.	0	BE
Background	AC_BK	La más baja prioridad, diseñado para tráfico que no es sensible a los retardos o al throughput como descarga e impresión de archivos.	1 , 2	BK

### 2.3.2 WiFi integrado a las tecnologías celulares (2.5/3G)

Para los operadores GSM el mayor beneficio de agregar WiFi a su oferta de servicios es la flexibilidad, ya que consideran a WiFi un complemento para sus redes EDGE y GPRS. En áreas donde GSM y WiFi están disponibles, el operador tiene la flexibilidad de rutear el tráfico de alto consumo de ancho de banda sobre la red WiFi, liberando la red GSM para manejar aplicaciones de voz y datos que no requieren más de 1 Mbps. La integración celular (2.5/3G) y WiFi ha tenido presencia en lugares estratégicos como universidades, oficinas, aeropuertos, hoteles, cafés etc. Al integrar WiFi a las redes celulares, los operadores pueden ofrecer servicios “3G-like”. Debido al retraso del despliegue de servicios de 3G, la alta velocidad de las redes móviles es muy atractiva y la integración de WiFi a las redes celulares existentes (2.5G GPRS/EDGE), puede reunir algunos requisitos de servicios de 3G a alta velocidad [15,17].

Los grupos de estandarización han estado trabajando en las normas de la integración para las redes WiFi y celulares, con el propósito de definir la interoperación entre diferentes operadores de WiFi y redes celulares.

El grupo de estandarización para las WLANs es el *WIG (Wireless Interworking Group)*. Los grupos que lo representan son: ETSI BRAN, IEEE 802.11, IEEE 802.15, y MMAC. Sin embargo, las actividades de regularización más intensivas tienen lugar en el 3GPP, ya que esta involucrado en las especificaciones GSM y UMTS.

El 3GPP ha aprobado las especificaciones de técnicas de interoperación de redes WLAN y ha categorizado seis escenarios de interoperación [15, 17]:

- *Escenario 1. Facturación común y consideraciones para el cliente. (Common Billing and Customer Care)*. Este escenario no ofrece ninguna interoperación real entre las WLANs y GPRS excepto por una facturación común y consideraciones al usuario final. De esta manera no hay actividades de regularización intensas. Es la forma más simple de integración.
- *Escenario 2: Control de acceso y cobro basado en el sistema 3GPP (3GPP System Based Access Control and Charging)*. En este escenario se requiere de *autenticación, autorización y contabilidad (AAA)* para los suscriptores en la WLAN basados en los mismos procedimientos utilizados en los sistemas GPRS. Esto significa que el usuario puede utilizar su tarjeta SIM para la autenticación en la red WLAN como normalmente lo hace en la red celular.
- *Escenario 3: Servicio de Acceso basado en 3GPP GPRS (Access 3GPP GPRS Based Service)*. El operador celular debe de ser capaz de proveer acceso a servicios GPRS a los usuarios en la red WLAN, esto significa que el usuario puede acceder a los servicios GPRS sobre ambas redes, como servicios IP multimedia, servicios basados en localización y mensajería instantánea. Debe de notarse que no hay ninguna continuidad de servicio a través de las redes en este escenario.
- *Escenario 4: Continuidad de servicio (Service Continuity)*. El acceso a los servicios GPRS son los especificados en el escenario 3, pero el servicio de continuidad está incluido. Así el usuario es capaz de acceder a un servicio en específico sobre una infraestructura de red y moverse hacia otra infraestructura donde se continúe con el servicio. Sin embargo en este escenario los requerimientos de continuidad de servicio no son demasiado estrictos, ya que algunos de estos servicios no pueden continuar después del handover.

- *Escenario 5: Servicios de conexión (Seamless Services)*. Los servicios de seamless deben de proporcionarse entre GPRS y WLAN. Esto significa que el usuario no debe de notar ninguna diferencia significativa entre redes diferentes.
- *Escenario 6: Acceso a los servicios de conmutación de circuitos 3GPP (Access to 3GPP circuit-switched services)*. El operador puede ofrecer servicios de acceso a conmutación de circuitos a los sistemas WLAN. Puede incluir movilidad seamless.

Por su parte, el ETSI especifica dos arquitecturas de interoperación entre las redes WLANs y las redes celulares, el acoplamiento libre y el acoplamiento firme [15,17]:

### **Arquitectura de Acoplamiento Libre (Loose Coupled Architecture)**

En el acoplamiento libre, la WLAN se despliega como una red de acceso complementaria a las redes celulares. Las WLANs utilizan las bases de datos del suscriptor de la red celular pero no existe ninguna interfaz que una a la WLAN con el núcleo de la red celular, por lo que el tráfico de datos de la WLAN no atraviesa el núcleo de la red celular, sino que se desvía y proporciona el acceso directo a una red externa. En este tipo de acoplamiento, la WLAN es una pasarela para la red celular y proporciona acceso directo a una red externa. Aunque las WLANs y redes celulares permanecen separadas, hay una plataforma común para la autenticación, autorización y contabilidad (AAA), basada en los estándares de la IETF. Esta arquitectura soporta la facturación integrada con una tercera parte involucrada mediadora que puede ofrecer un sistema de facturación común. Se puede utilizar la autenticación basada en SIM.

El acoplamiento libre proporciona la interoperación entre GPRS y WLAN en la interfaz del punto de referencia de **Gi** (figura 2.9)

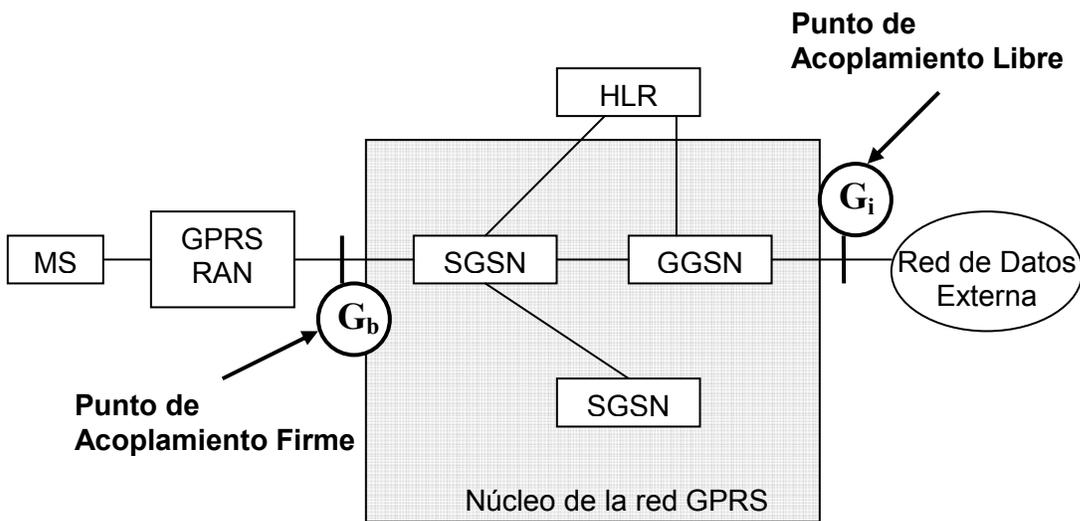


Figura 2.9 Diagrama de referencia GPRS donde se muestran los puntos de acoplamiento de una WLAN.

El acoplamiento libre proporciona movilidad de sesión a través de los dominios GPRS y WLAN mediante la utilización de *agentes externos* y *agentes locales*. Un *Agente Externo (FA/Foreign Agent)* reside en el GGSN de la red GPRS y en una WLAN puede residir en un router de acceso. El *Agente Local (HA Home Agent)* está localizado en la red IP de operador (figura 2.10). Cuando la estación móvil se traslada de una red GPRS a una WLAN, la estación móvil realiza un registro *MIP (IP móvil)* vía el agente externo que reside en la WLAN. El agente externo completa el registro con el agente local, proporcionando el direccionamiento (*care of address*) al agente local que va a ser utilizado como redireccionador de los paquetes destinados a la estación móvil. El agente externo asocia el direccionamiento con esa terminal móvil durante el tiempo del registro, de esta manera, la estación móvil no necesita cambiar su dirección IP cuando se dirige a una WLAN.

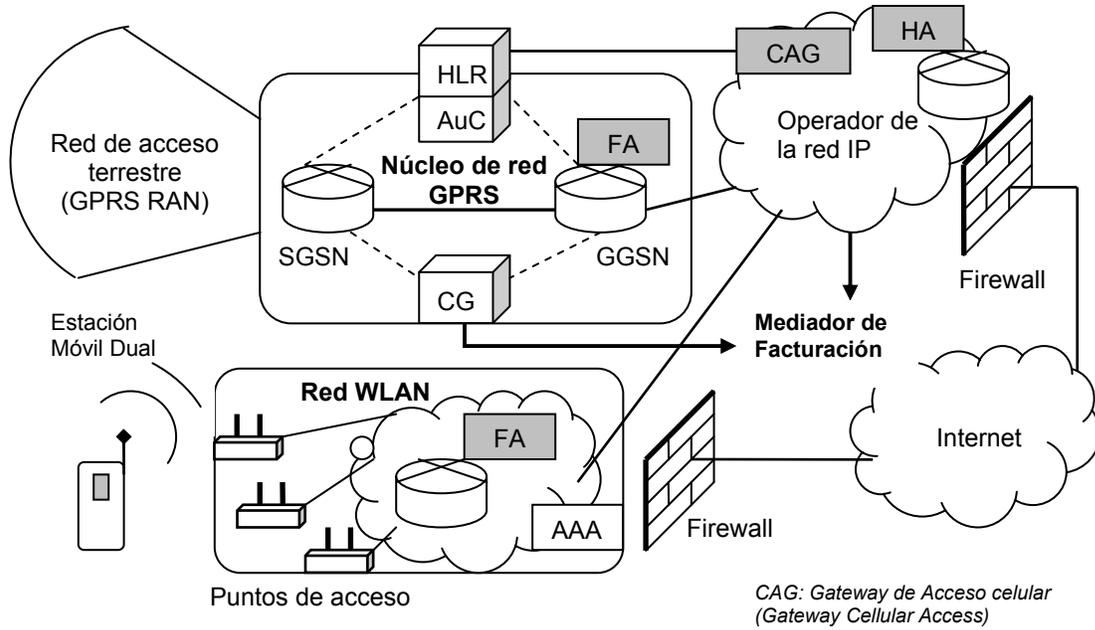


Figura 2.10 Arquitectura de acoplamiento libre entre WLAN y GPRS.

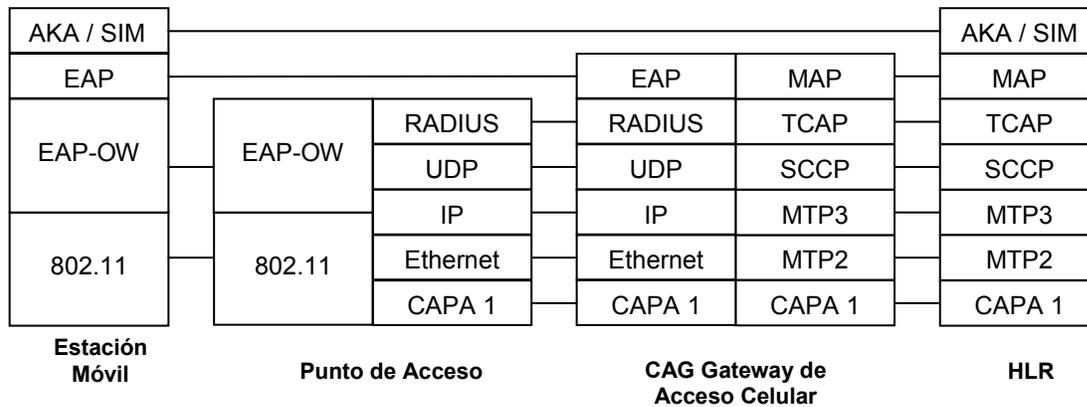


Figura 2.11 El plano de control para la autenticación en un acoplamiento libre WLAN.

## Arquitectura de Acoplamiento Firme (Tight Coupled Architecture)

En este tipo de arquitectura, la WLAN se conecta al núcleo de la red celular de la misma manera como cualquier otra red por acceso de radio (RAN). El tráfico de datos de la WLAN pasa a través del núcleo de la red celular antes que a otras redes externas.

Puede cubrir los requisitos de los escenarios 1-4 y dependiendo la QoS que la tecnología WLAN pueda soportar, se cumple con el requisito de escenario 5. En esta arquitectura, los usuarios móviles pueden seleccionar sus preferencias de la red o pueden escoger conectarse a la mejor velocidad de la red disponible, esto es realizado vía software y usuarios se conectan automáticamente a la red de su opción. Las WLANs pueden reutilizar la infraestructura celular como los recursos del núcleo de la red y las bases de datos de los suscriptores.

La arquitectura de acoplamiento firme proporciona soluciones de interoperación entre WLAN y GPRS, con las siguientes características:

- Reutilización de la infraestructura GPRS: Núcleo de la red, bases de datos del suscriptor y sistemas de facturación.
- Reutilización de AAA de GPRS.
- Soporte de la interceptación legal para los suscriptores de WLAN.
- Incremento de seguridad: autenticación y cifrado GPRS que pueden aplicarse sobre el cifrado de WLAN.
- Continuación de servicios entre WLAN y GPRS.
- Acceso a servicios GPRS (SMS, servicios basados en localización, MMS).

La WLAN se conecta en el punto de referencia **Gb** de la red GPRS (figura 2.9)

La movilidad de conexión en el acoplamiento firme es dual, ya que soporta los accesos a GPRS y WLAN por medio de *RAU (RA Update)* que administra los procedimientos de movilidad en GPRS. Cuando un móvil entra en un área de cobertura WLAN se realiza un procedimiento RAU y la señalización GPRS así como la transmisión de los datos del usuario son transportados sobre la interfaz WLAN. Cuando un móvil se encuentra fuera del área de cobertura WLAN, otro procedimiento RAU toma lugar, y la interfaz GPRS es habilitada y utilizada para llevar los datos y el tráfico de señalización. La *función de adaptación WLAN (WAF)* identifica cuando el subsistema de radio WLAN está disponible e informa a la capa LLC que redirecciona la señalización y el tráfico de datos a la WLAN.

Los protocolos de GPRS que operan en la parte superior de LLC no identifican cual subsistema de radio es utilizado.(figura 2.14)

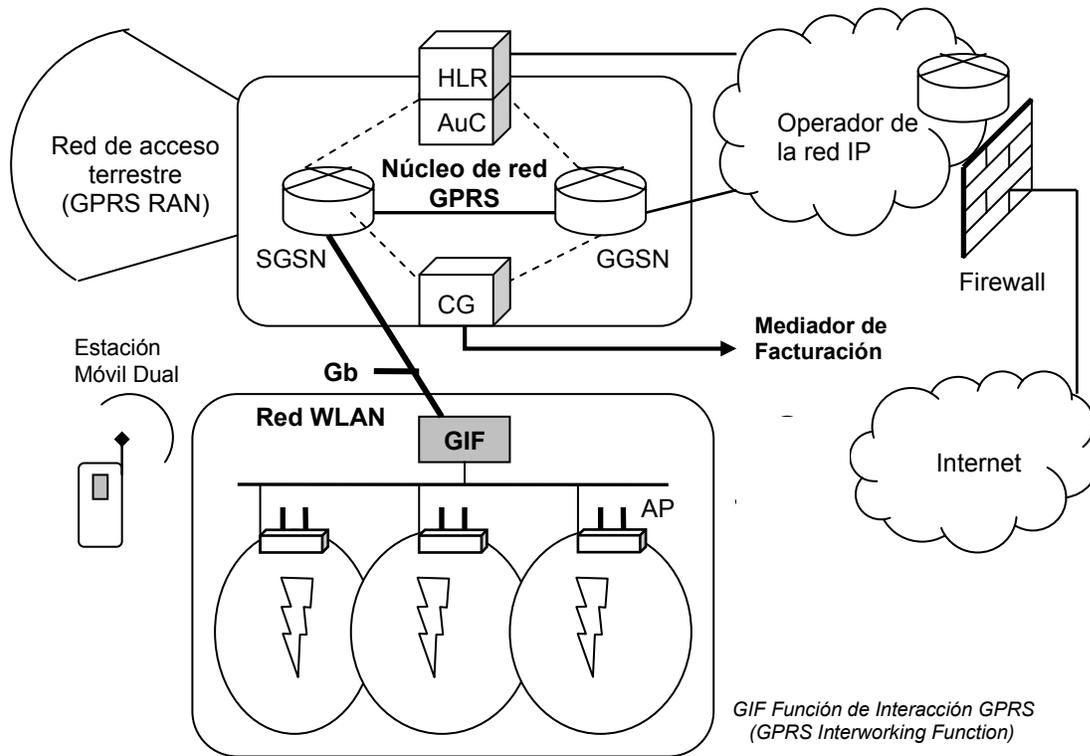


Figura 2.12 Arquitectura de acoplamiento firme entre WLAN y GPRS.

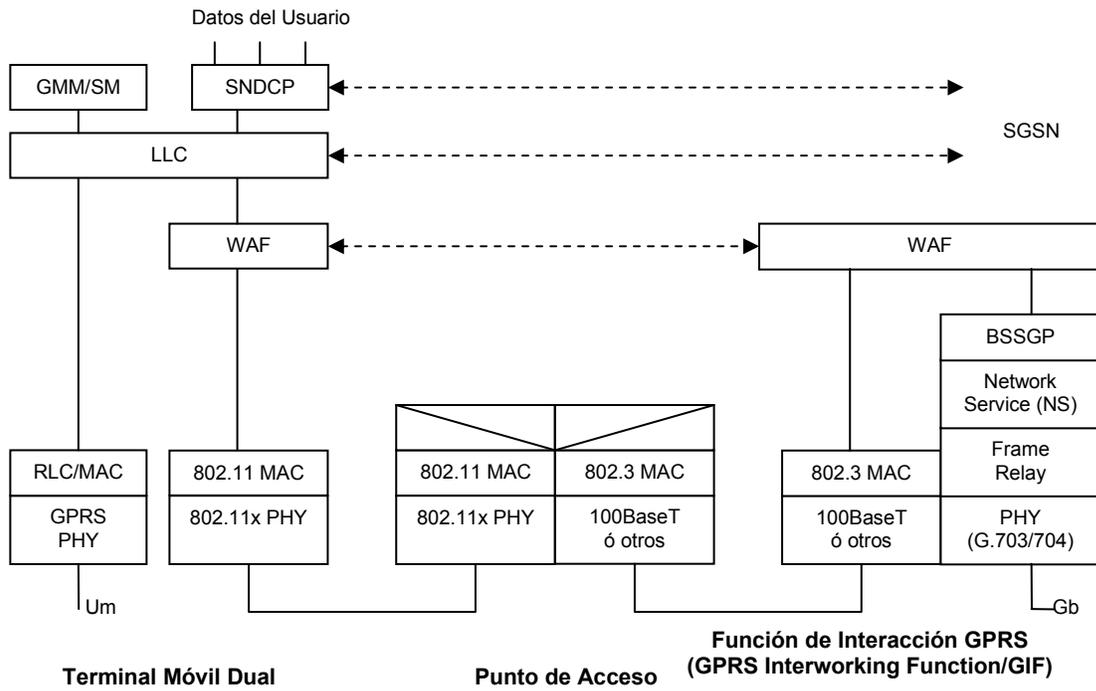


Figura 2.13 Stack de protocolos del acoplamiento firme sobre Gb.

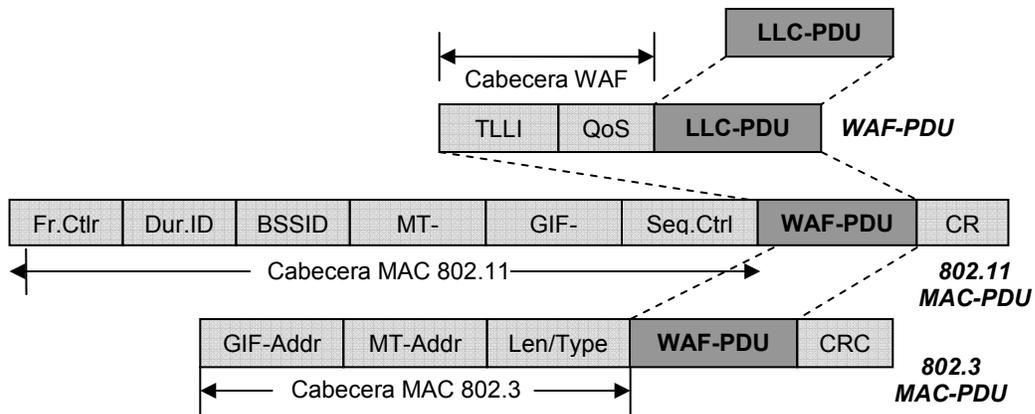


Figura 2.14 Esquema de encapsulación en el acoplamiento firme.

### 2.3.2.1 Productos integrados con GSM y WiFi

Los operadores móviles tienen dos opciones principales para ofrecer WiFi. Pueden construir o comprar una red de hot spots. Un ejemplo de esta estrategia es T-Mobile HotSpot. La otra opción es asociarse con un operador WiFi y revender su servicio. Algunos operadores GSM han utilizado ambas opciones para ofrecer a sus clientes el servicio WiFi en la mayor cantidad de lugares posible. Un número cada vez mayor de operadores GSM ofrecen el servicio WiFi en todo el mundo. En Estados Unidos los ejemplos son T-Mobile HotSpot, GSM Cingular Wireless y WiFi SBC FreedomLink, en otros países Telia Homerum en Escandinavia y Vodafone D2 en Alemania.

Debido a la utilización de los protocolos H.323 y SIP, los vendedores ofrecen teléfonos basados en ambos protocolos y pueden utilizarse en cualquier red WiFi. El modo dual de los teléfonos móviles también le permite al usuario utilizar el mismo dispositivo mientras este en una zona de cobertura WiFi y cambiar a las redes GSM en una cobertura fuera de WiFi.

Algunos productos para operadores GSM son:

El Sistema WLAN para Operadores Móviles de Ericsson, que realiza tareas como la autenticación, facturación y administración de redes.

La Solución LAN inalámbrica para operadores de Nokia para agregar WiFi a redes GPRS.

El Nodo Internet con Acceso Inalámbrico de Transat Technologies, que soporta interconexión entre redes GSM y hot spots WiFi.

Los programas y tarjetas para PC para roaming de datos entre redes WiFi y celulares son:

Módem para PDAs HP iPaq H6315 GPRS/ WiFi.

Módem para PC Nokia D311 GPRS/WiFi.

Modems Option GlobeTrotter para GPRS/WiFi, EDGE/GPRS/WiFi y 3G/UMTS/GPRS/WiFi.

Módem para PC Sony Ericsson GC79 GPRS/WiFi y EDGE/WiFi.

El software Segue Roaming Client de PCTEL para laptops y PDAs que detecta redes GPRS/WiFi disponibles y puede conmutar automáticamente entre ellas dependiendo de factores como cobertura.

## **CAPÍTULO 3**

# **IMPLEMENTACIONES DE TELEFONÍA MÓVIL SOBRE WIFI**

La telefonía WiFi, como un proyecto donde intervienen dos de las tecnologías inalámbricas más utilizadas en la convergencia de voz y datos, debe contar con el conocimiento de los antecedentes de despliegue de las redes de telefonía celular y de las redes inalámbricas, para analizar la factibilidad de su implementación en una zona determinada.

El despliegue de manera independiente de estas dos tecnologías, en distintos momentos y circunstancias, se ha visto afectado por diversos factores que interfieren en su desarrollo comercial. Actualmente ambas tienen un despliegue masivo, principalmente en países desarrollados con una gran gama de operadores y de servicios disponibles.

La telefonía celular es la primera de estas tecnologías y cuenta con un gran número de usuarios que han evolucionado junto con los servicios. Las redes celulares fueron desplegadas comercialmente en la época de los 80 alcanzando una gran demanda en los 90 con las redes GSM. Con este estándar se incrementó el número de usuarios pero, por otra parte, también se incrementó la demanda de nuevos servicios, como la transmisión de datos, que dio lugar a la creación de las redes GPRS, sin embargo, el servicio es de banda angosta y muy costoso. Las redes de 3G se enfocaron en las necesidades de comunicaciones de datos, dando la posibilidad de actualizar las redes ya desplegadas de la telefonía celular, pero debido a los altos precios en las inversiones del espectro, mantenimiento y despliegue de las redes de tercera generación, se presentó un gran retraso generalizado en el desarrollo de las redes y la oferta de los servicios en todo el mundo.

Por otra parte, la liberación de los estándares de redes inalámbricas de área local tuvo una gran aceptación en los consumidores, ya que permitían la transmisión de datos a altas velocidades, con dispositivos en el mercado a precios accesibles y una implementación de bajo costo que permitió que el número de usuarios creciera rápidamente. Esto se reflejó en el gran despliegue de *hot spots* en todo el mundo de los operadores de redes WiFi.

Debido al retraso de redes de 3G y a la disponibilidad de las redes inalámbricas en ciertas zonas, los operadores han recurrido a la utilización de WiFi para soportar comunicaciones de voz y de datos móviles. En este capítulo se presenta una visión actual del estado, implementación, funcionalidad y despliegue comercial de las redes celulares, redes inalámbricas e implementaciones de telefonía sobre WiFi.

### **3.1 Estado Actual de las Redes de Telefonía Móvil**

Es conveniente tener datos recientes del estado de las redes de telefonía móvil para conocer su desarrollo comercial. Aunque desde el 2001 en Japón se desplegó la primera red de 3G, las implementaciones comerciales y despliegue mundial de servicios de 3G, ha avanzado con velocidades diferentes. Desde el 2004 se ha tenido un mayor número de redes que han evolucionado, sin embargo la mayoría de los servicios telefónicos celulares siguen siendo mediante GSM.

#### **3.1.1 Datos Estadísticos de GSM a 3G <sup>1</sup>**

Para junio del 2006 se contabilizaron cerca de 2 mil millones de clientes GSM en todo el mundo y esta cifra continúa en aumento. GSM sumó más de 446.8 millones de clientes nuevos desde junio de 2005 a junio de 2006, la mayor cantidad de usuarios nuevos en comparación con otras tecnologías celulares.

---

<sup>1</sup> Datos Estadísticos de GSM a 3G, 3G Americas ,Septiembre de 2006

---

---

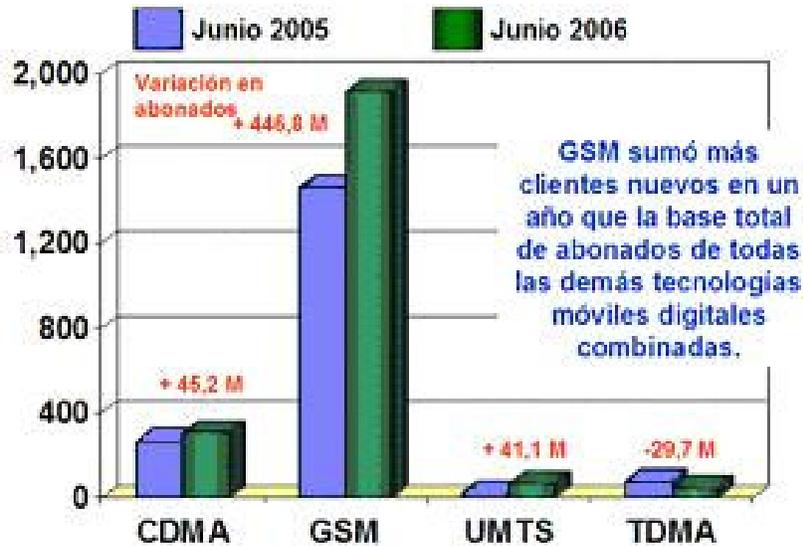


Figura 3.1 Tendencias mundiales en abonados inalámbricos digitales <sup>2</sup>

El crecimiento de la tecnología GSM ha sido considerable desde 1999 con un despliegue de 250 millones de usuarios en todo el mundo y con una tendencia de duplicación de usuarios cada dos años.

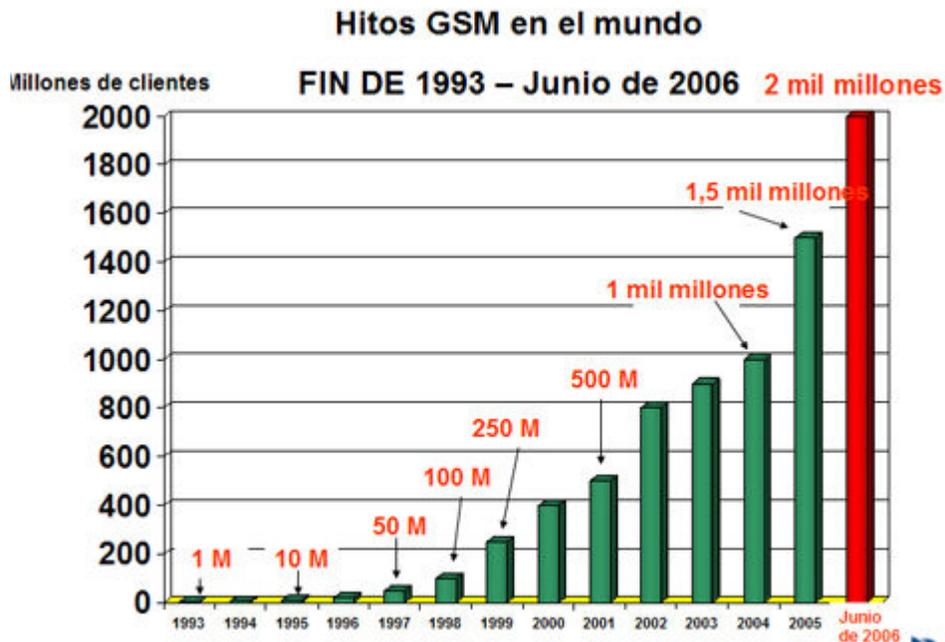


Figura 3.2 Usuarios de GSM desde 1993 a 2006 <sup>2</sup>

<sup>2</sup> Fuente: Informa Telecom. & Media, Junio de 2006

En la figura 3.3 se muestra la distribución mundial de usuarios de tecnología celular. En América hay un total de 21.15% del total de usuarios.

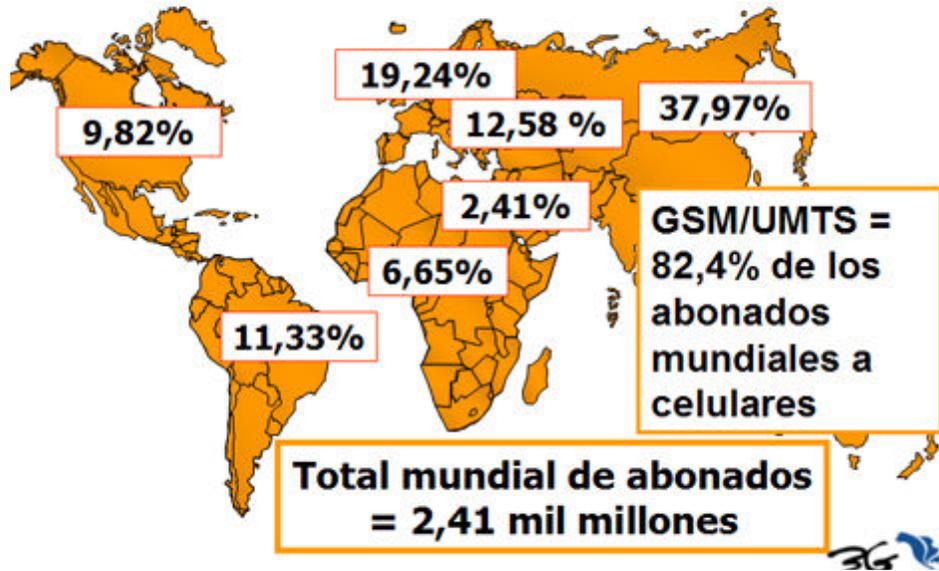


Figura 3.3 Distribución de abonados mundiales a celulares para junio de 2006 <sup>2</sup>

El número de usuarios de las tecnologías predominantes en la telefonía celular son GSM con 2 mil millones de usuarios que representan el 79.5% del total de usuarios de tecnología celular. En tercer lugar se tiene a la 3G con UMTS y un total de 70 millones de usuarios que representan el 2.9% del total de clientes.

### 2,41 mil millones de clientes celulares en el mundo

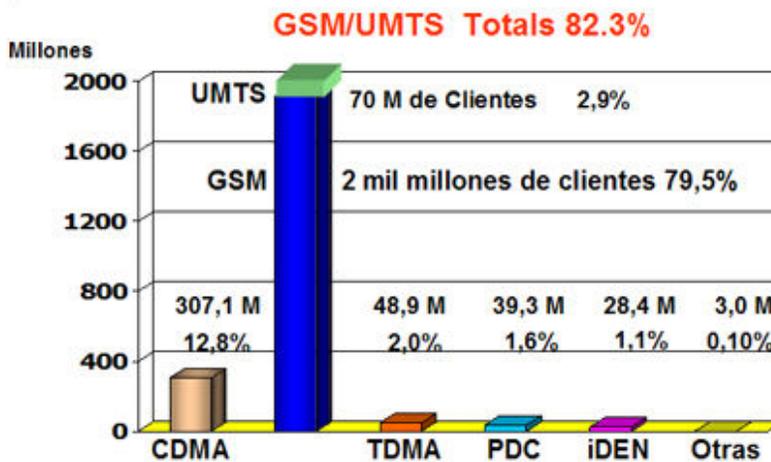


Figura 3.4 Abonados mundiales a celulares por tecnología para junio de 2006 <sup>2</sup>

El número de usuarios nuevos sumados de abril a junio del 2006 es de 120.4 millones del cual 112.1 millones se sumaron a GSM y 10 millones a UMTS.

GSM es la tecnología se sitúa como el mayor acceso inalámbrico, además de ser la única tecnología celular presente en todos los países de la región del continente americano.

Los principales mercados de GSM en América Latina en el periodo de junio de 2005 a junio de 2006 fueron Brasil (53.1 millones de clientes), México (36,2 millones), Colombia (22.4 millones), Argentina (19 millones) y Chile (8,1 millones).

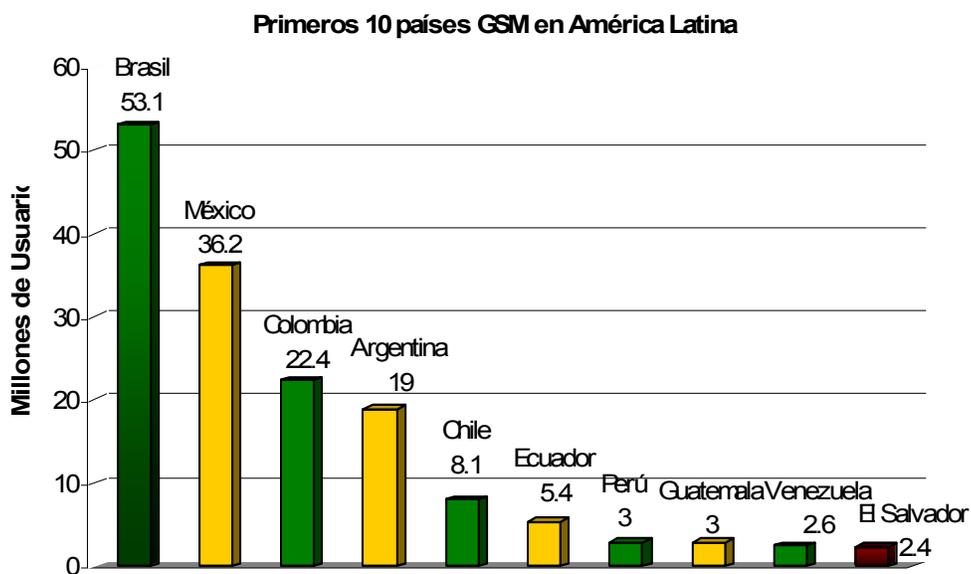


Figura 3.5 Países GSM en América Latina <sup>2</sup>

Mediante las proyecciones de mercado que se tiene en el crecimiento de GSM/UMTS hasta el 2011 en América se espera un total de 450 millones de usuarios.

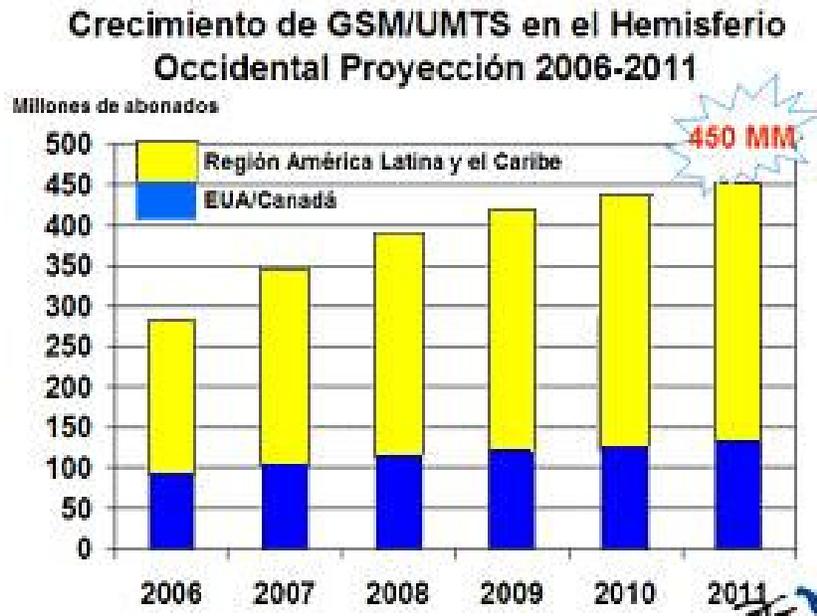


Figura 3.6 Proyección de crecimiento de GSM/UMTS en el hemisferio occidental <sup>2</sup>

Las expectativas mundiales para GSM/UMTS son el aumento de mil millones de clientes más en el periodo de junio del 2006 a diciembre de 2009.

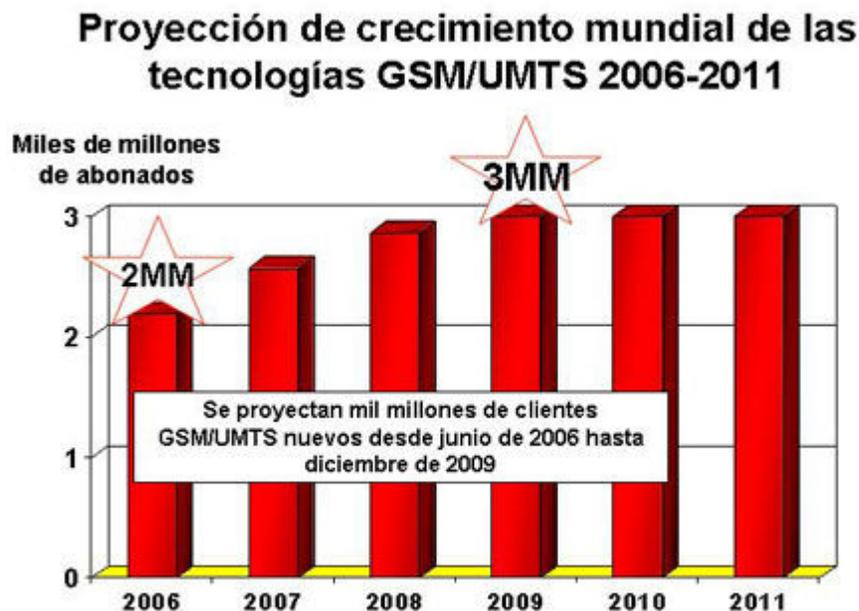


Figura 3.7 Proyección del crecimiento mundial de GSM/UMTS <sup>3</sup>

<sup>3</sup> Fuente: Telecom. & Media, Word Cellular Information Service, Septiembre de 2006.

*EDGE*<sup>4</sup> tiene velocidades que promedian entre 100 y 130 Kbps. 80 operadoras de 36 países de América se comprometieron a implementar EDGE y a la fecha se encuentran en diversas etapas de despliegue.

UMTS actualmente es utilizada por más de 70 millones de clientes. En cantidad de usuarios supera a las demás tecnologías 3G en un factor de dos.

*UMTS/HSDPA*<sup>5</sup> (*High Speed Downlink Packet Access, Acceso a Paquetes a Alta Velocidad en el Downlink*) tiende rápidamente a ser la norma de la industria para la entrega de servicios de voz y datos 3G a nivel mundial con 35 redes desplegadas en el 2006. Ofrece una solución atractiva que permite a las operadoras ofrecer a sus clientes servicios de voz y banda ancha de calidad a alta velocidad.

Las operadoras que utilizan HSDPA son capaces de soportar voz y datos en la misma asignación de espectro. Las velocidades en el *downlink* teóricamente pueden promediar entre 550 y 1100 Kbps. UMTS y UMTS/HSDPA proporcionan una latencia entre 200 y 100 ms, respectivamente.

En Estados Unidos, *Cingular Wireless* habilitó HSDPA en junio de 2006 en Dallas, Phoenix y Seattle donde actualmente la velocidad promedia entre 400 y 700 Kbps.

El estado de 3G con UMTS y HSDPA para agosto del 2006<sup>6</sup> en las operadoras celulares con implementaciones en funcionamiento es el siguiente:

Tabla 3.1 Implementaciones de 3G

País	Operador	Estado de UMTS *	Fecha de Inicio	Estado de HSDPA	Fecha de Inicio
Australia	Hutchison 3G	En servicio	Abr 03	En desarrollo	
	Optus	En servicio	Oct 05	Planificada	
	Telstra	En servicio (+EDGE)	Sep 05	En desarrollo	
	Vodafone	En servicio	Oct 05	Planificada	
Austria	Connect Austria (ONE)	En servicio	Dic 03	En desarrollo	
	Hutchison 3G	En servicio	May 03	En desarrollo	
	Mobilkom Austria	En servicio (+EDGE)	Abr 03	En servicio	Ene 06
	Tele ring	En servicio	Dic 03	En desarrollo	
Alemania	T-Mobile	En servicio	Dic 03	En servicio	Mar 06
	E-Plus	En servicio	Ago 04	Planificada	
	O2	En servicio	Jul 04	En desarrollo	

<sup>4</sup> EDGE (Enhanced Data Rates for Global Evolution) y GPRS son dos tecnologías que permiten a los proveedores ofrecer tasas de datos a velocidades mayores que las alcanzadas en redes de 2G y proporcionan un camino a la migración 3G.

<sup>5</sup> El despliegue HSDPA en redes de UMTS es similar a la actualización de EDGE en redes GSM.

<sup>6</sup> Fuente: Telecom. & Media, World Cellular Information Service y 3G Americas, Agosto de 2005

	T-Mobile	En servicio (+EDGE)	May 04	En servicio	Mar 06
	Vodafone D2	En servicio	May 04	En servicio	Mar 06
Bélgica	Proximus	En servicio (+EDGE)	Sep 05	En servicio	Jun 06
	Mobistar	En servicio (+EDGE)	Sep 05	En desarrollo	
Bulgaria	Cosmo Bulgaria Mobile/Globul	En servicio	Jun 06		
	Mobitel(M-TEL)	En servicio (+EDGE)	Mar 06	En servicio	Mar 06
Canadá	Rogers Wireless	En desarrollo (+EDGE)	T3 06	En desarrollo	
Croacia	VIPNet	En servicio (+EDGE)	Oct 05	En servicio	Abr 06
Dinamarca	H3G Denmark	En servicio	Oct 03	En desarrollo	
	TOC Mobil	En servicio	Nov 05		
España	Amena / Orange	En servicio	Oct 04	En servicio	Jun 06
	Telefónica Móviles	En servicio	May 04	En servicio	Jul 06
	Vodafone	En servicio	May 04	En servicio	Jun 06
Estados Unidos	Cingular	En Servicio (+EDGE)	Oct 05	En Servicio	Jun 06
	Edge Wireless	Pruebas (+EDGE)		Pruebas	
	T-Mobile	Licencia Potencial (+EDGE)	2007	Licencia Potencial	
Estonia	Elisa / Radiolindja	En servicio	Jul 06	En desarrollo	
	EMT	En servicio	Oct 05	En desarrollo	
Finlandia	Alands Mobiltelefon	En servicio (+EDGE)	Jun 06		
	Finnet / DNA Finland	En servicio (+EDGE)	Dic 05		
	Elisa	En servicio (+EDGE)	Nov 04	En servicio	Abr 06
	TeliaSonera	En servicio (+EDGE)	Oct 04		
Francia	Bouyues Telecom	En servicio (+EDGE)	Jun 06	Planificada	
	Orange	En servicio (+EDGE)	Dic 04	Pruebas	
	SFR	En servicio (+EDGE)	Nov 04	En servicio	May 06
Grecia	Cosmote	En servicio	May 04	En servicio	Jun 06
	Pantafon / Vodafone	En servicio	Ago 04		
	STET Helias (TIM)	En servicio (+EDGE)	Jun 04	Planificada	
Hong Kong	Hong Kong CSL	En servicio (+EDGE)	Dic 04	En desarrollo	
	Hutchison	En servicio	Jun 04	En desarrollo	
	SmarTone Vodafone	En servicio	Dic 04	En servicio	Jun 06
	Sunday	En servicio (+EDGE)	Jun 05	En desarrollo	
Indonesia	Telkomsel	En servicio (+EDGE)	Ago 05	En desarrollo	
Irlanda	Hutchison Whampoa	En servicio	Jul 05		
	O2	En servicio	Mar 04	En desarrollo	
	Vodafone	En servicio	Nov 04	En desarrollo	
Israel	Cellcom Israel	En servicio (+EDGE)	Jun 04	En desarrollo	
	Orange	En servicio	Nov 04	En servicio	Abr 06
Italia	H3G	En servicio	Mar 03	En servicio	Jun 06
	TIM	En servicio (+EDGE)	May 04	En servicio	May 06
	Vodafone Omnitel	En servicio	May 04	En servicio	Jun 06
	Wind	En servicio (+EDGE)	Oct 04		
Japón	Softbank	En servicio	Dic 02	Pruebas	
	NTT DoCoMo	En servicio	Oct 01	En servicio	Ago 03
Kuwait	MTC	En servicio (+EDGE)	Mar 06		
	Wataniya Telecom	En servicio (+EDGE)	Mar 06	En servicio	Mar 06

Lituania	Bité	En servicio (+EDGE)	Jun 06	En servicio	Jun 06
	Omnitel	En servicio (+EDGE)	Jun 06	En servicio	Jun 06
Luxemburgo	LUX Communications	En servicio (+EDGE)	May 06		
	P&T	En servicio (+EDGE)	Jun 03		
	Tele2	En servicio	Jul 04		
Malasia	Maxis	En servicio (+EDGE)	Jul 05	En desarrollo	
	Celcom 3G	En servicio	May 05	En servicio	Jun 06
	DiGi	En servicio (+EDGE)	Mar 06		
Malta	Go mobile	En servicio (+EDGE)	Mar 06		
	Vodafone	En servicio	Ago 06		
México	Telcel	Planificada (+EDGE)	T1 2008	En desarrollo	
	Telefónica Móviles	Licencia Potencial	T1 2008		
Mónaco	Monacell	En servicio	Jun 06		
Nueva Zelanda	Vodafone	En servicio	Ago 05	Planificada	
Polonia	Orange	En servicio (+EDGE)	Ene 06		
Portugal	Optimus	En servicio	Jun 04	En servicio	Mar 06
	TMN	En servicio	Abr 04	En servicio	Abr 06
	Vodafone	En servicio	May 04	En servicio	Mar 06
Reino Unido	Hutchison 3G	En servicio	Mar 03	En desarrollo	
	O2	En servicio	Mar 05		
	Orange	En Servicio (+EDGE)	Dic 04		
	T-Mobile	En servicio	Oct 05	En servicio	Ago 06
	Vodafone	En servicio	Nov 04	En servicio	Jun 06
República Checa	Telefónica (Eurotel) O2	En servicio (+EDGE)	Dic 05	En servicio	Abr 06
Rumania	Vodafone	En servicio	Abr 05	En servicio	May 06
	Orange	En servicio (+EDGE)	Jun 06		
Sudáfrica	Cell C	En servicio (+EDGE)	Jun 05		
	MTN	En servicio (+EDGE)	Jun 05	En servicio	Mar 06
	Vodacom	En servicio (+EDGE)	Dic 04	En servicio	Abr 06
	KTF	En servicio	Dic 03	En servicio	Jun 06
	SK 3G+	En servicio	Dic 03	En servicio	May 06
Suiza	Orange	En servicio (+EDGE)	Sep 05	En desarrollo	
	Swisscom Mobile	En servicio (+EDGE)	Dic 04	En servicio	Mar 06
	Sunrise	En servicio (+EDGE)	Dic 05	Pruebas	
Taiwán	Chunghwa Telecom	En servicio	Jul 05	En desarrollo	

\* Estado de UMTS

En servicio: El operador ha comercializado su red entre los consumidores y en el mercado empresarial con terminales y tarjetas disponibles en venta.

En desarrollo: El operador esta construyendo su red.

Planificada: La licencia esta en estado de planeación.

Pruebas: El operador no tiene especificada la licencia pero está dirigiendo alguna clase de ensayo de la red 3G.

Licencia potencial: El operador ha anunciado que si recibe la licencia del espectro, desarrollará la tecnología.

## 3.2 Estado Actual de las Redes Inalámbricas

Las WLANs surgieron para permitir la conexión de terminales para compartir recursos. Actualmente soportan una velocidad de 11 y 54 Mbps a una distancia de alrededor de 50m del punto de acceso. Generalmente las WLANs son desplegadas en una forma distribuida para ofrecer conectividad inalámbrica de último acceso en una corporación o campus y son implementadas como parte de una red privada. Los puntos de acceso, el equipo y la operación de la red esta a cargo la comunidad de usuarios como parte de ese campus u organización. En algunos casos el acceso a la red es gratis para los usuarios finales (y es subsidiado por la comunidad).

Cada punto de acceso puede soportar conexión sobre un rango de algunos metros y es posible que permita una cobertura continua sobre un área extensa utilizando múltiples puntos accesos. La tecnología WLAN no fue diseñada para soportar alta velocidad con *handoff* asociados a los usuarios que se mueven entre las áreas de cobertura de los puntos de acceso. En contraste con red de telefonía móvil, las WLANs estaban principalmente enfocadas a las comunicaciones de datos sin embargo con el creciente interés del soporte de servicios de tiempo real como voz y video sobre las redes IP, es posible soportar servicio de telefonía de voz sobre las WLANs.

WiFi tiene la ventaja de ser la primera en el mercado en términos de acceso de banda ancha pública e inalámbrica. Los *hot spots* se concentran en alto volumen en localidades de fácil acceso público. Los servicios de los proveedores del servicio WiFi se encuentran principalmente en áreas locales como hoteles, aeropuertos, restaurantes, cafés, centros comerciales, universidades etc.

Los *hot spots* en Estados Unidos continúan dominando el mercado en el 2006. La cadena de *host spots* se esta desarrollando a diferentes pasos y en diferentes direcciones en el mundo. Algunos de los factores más importantes de este desarrollo son la proporción de usuarios y la cantidad de proveedores de servicios inalámbricos.

Los modelos de negocios deben de tomar en cuenta el soporte de múltiples niveles dentro del consumo del mercado de los *hot spots*, como son los vendedores de equipo, los proveedores de servicio, los dueños del lugar donde se despliega el hot spot y los usuarios finales.

Los escenarios donde los clientes acceden desde puntos de acceso de la rama de los servicios contribuían con el 80% del total de las ganancias para el 2005.

Hay expectativas acerca de que los consumidores residenciales puedan incrementarse substancialmente con la proliferación de dispositivos como teléfonos y PDAs así como con la expansión de *hot spots*.

Las ganancias esperadas para los servicios de WLAN para el 2007 estarán alcanzando los 9.5 mil millones de dólares y el 80% del acceso público de WLAN estará desplegado en hoteles, aeropuertos, restaurantes, cafés, centros de exhibición que representan la mayor parte de ganancias por parte de los usuarios de estos servicios. Para el 2007 se tiene expectativas de 21 millones de usuarios que generarían 3 mil millones de dólares de ganancias en el mercado WLAN público en Estados Unidos.<sup>7</sup>

### 3.2.1 Datos Estadísticos de las Redes Inalámbricas

De acuerdo con el reporte de la compañía española *IWE-X*<sup>8</sup> que brinda acceso a Internet inalámbrico y al estudio de mercado que realiza cada año con respecto al número de usuarios con acceso a Internet y acceso a redes inalámbricas en los países del mundo que cuentan con mas servicios ofertados y un mayor despliegue de redes alámbricas e inalámbricas, se tiene que la mayor parte de los usuarios con acceso a Internet viene de Estados Unidos con más de 210 millones de usuarios y cerca de 100 millones de usuarios pueden acceder a él de forma inalámbrica.

En general el acceso a Internet por medios inalámbricos está creciendo considerablemente, como en Japón donde el total de usuarios de Internet puede acceder de forma inalámbrica potencialmente.

---

<sup>7</sup> Fuente: Analysys Research, Mayo 2006

<sup>8</sup> IWE-X ,Observatorio Wireless, Mayo 2006

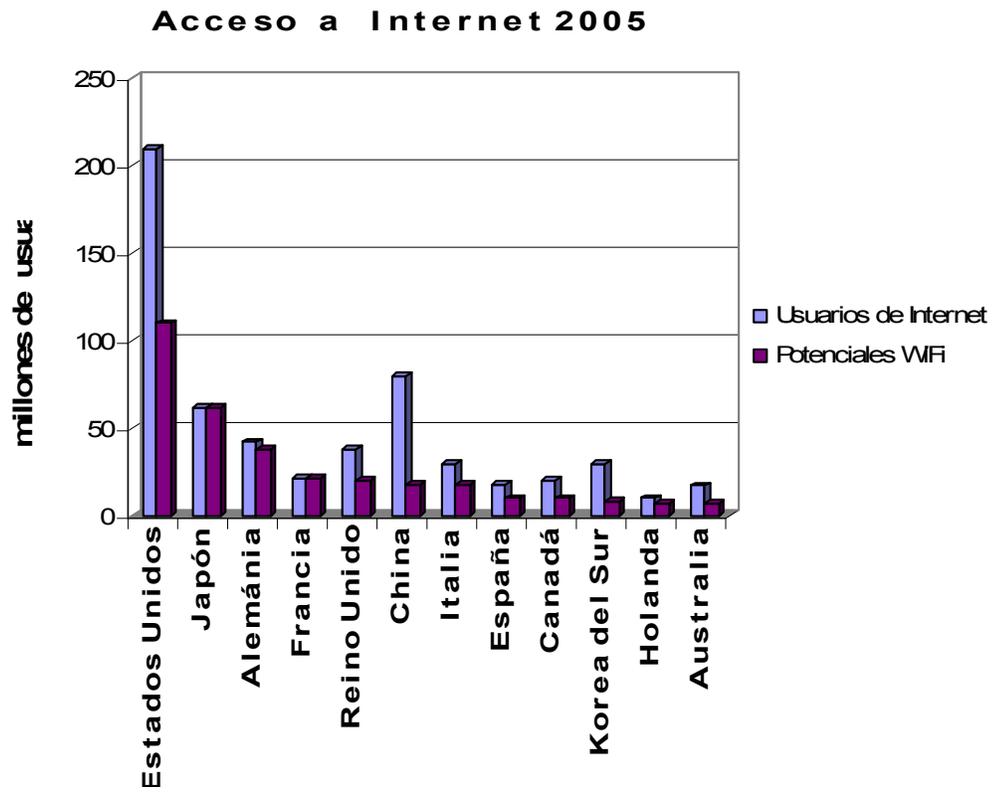


Figura 3.8 Usuarios de Internet <sup>11</sup>

Mundialmente, los lugares donde comúnmente son desplegados los *hot spots*, en su mayor parte provienen de los aeropuertos, cafeterías, restaurantes, seguidos de los que se encuentran en hoteles, bares, centros comerciales. En menor proporción se encuentran en espacios libres y en el ramo de enseñanza como lo son las universidades.

Porcentaje de Hot spots no residenciales 2005

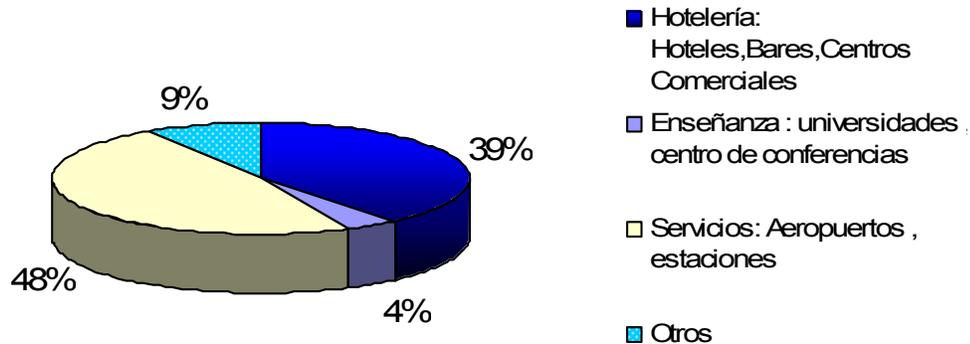


Figura 3.9 Hot spots no residenciales 2006 <sup>11</sup>

En Estados Unidos y Japón la mayoría de los *hot spots* pertenecen a la rama de los servicios, aunque China se perfila también para esta categoría. En Alemania, España, Francia, y el Reino Unido la mayoría pertenecen a los servicios de hotelería. Italia tiene un mayor despliegue en los centros de enseñanza.

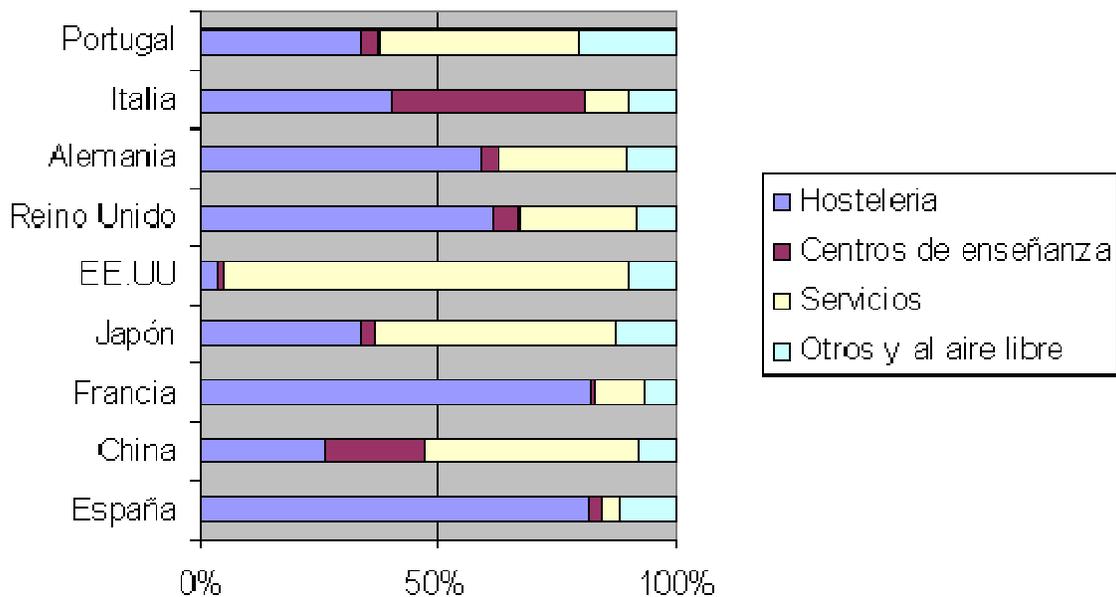


Figura 3.10 Hot spots no residenciales 2005 <sup>11</sup>

Los *hot spots* públicos para enero de 2006 eran más 100,000 de acuerdo con *JiWire Inc*, una compañía que cuenta con un vasto directorio de *hot spots* desde el 2003. El número de *hot spots* públicos aumentó de 57,000 en enero de 2005 a 100,355 en enero de 2006. Estados Unidos es el país que tiene el mayor número de *hot spots* públicos desplegados, donde suman 37,073, seguido del Reino Unido (12,668), Korea del Sur (9,415), Alemania (8,614), Japón (5,915), Francia (3,886), Italia (1,767), Holanda (1,703), Canadá (1,397) y Suiza (1,295).

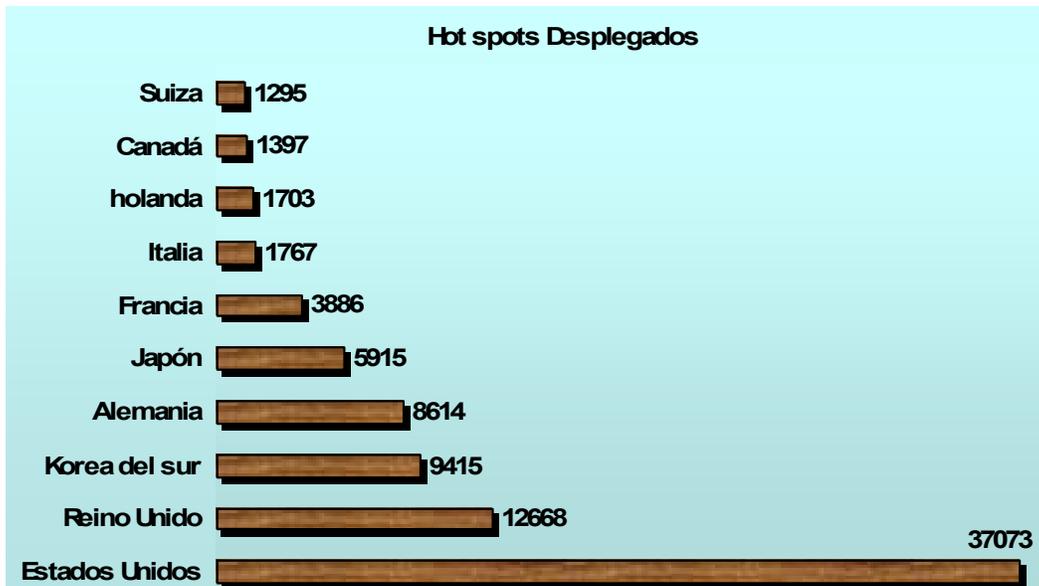


Figura 3.11 Hot spots públicos desplegados mundialmente <sup>9</sup>

Por ciudades, Seúl se sitúa en cabeza, con 2,056, por encima de Tokio (1,802), Londres (1,627), París (895), San Francisco (801), Daegu en Korea del Sur (787), Nueva York (643), Singapur (619), Busan (617) y Hong Kong (605).

---

<sup>9</sup> Fuente: JiWire Inc. 2006 <http://www.jiwire.com>

### Ciudades con mayor número de Hot spots públicos

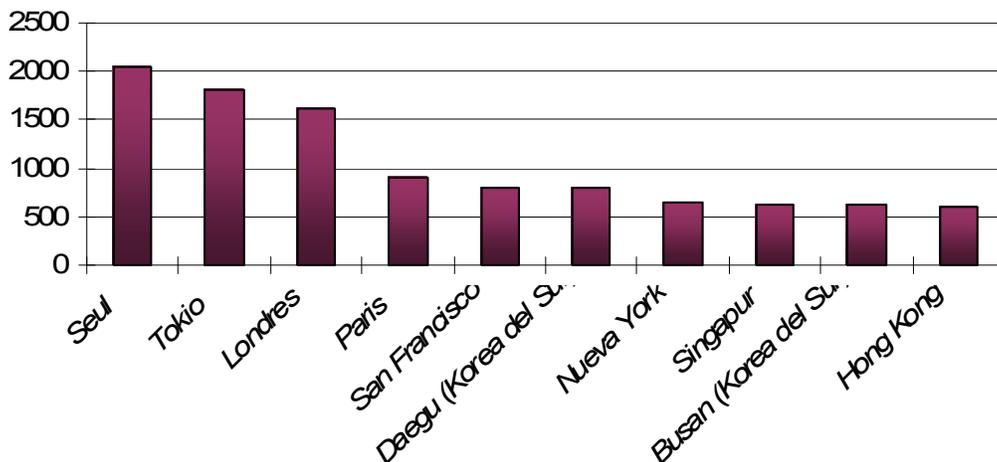


Figura 3.12 Ciudades con mayor número de hot spots públicos <sup>12</sup>

Del total mundial de *hot spots* sólo el 8.118% son gratuitos, aunque está creciendo el número de puntos de acceso libres. Sin embargo, no se espera que en un futuro próximo los hoteles y los aeropuertos dejen de cobrar por el acceso inalámbrico que proporcionan a sus clientes.

De acuerdo con los datos de *JiWire*, los hoteles y restaurantes son los espacios públicos donde hay un mayor número de *hot spots* instalados, con 26.330 y 19.653 respectivamente, seguidos de los centros comerciales (13.827), cafés (13.815) y bares (6.285).

## 3.3 Implementaciones de Telefonía Móvil sobre WiFi

### 3.3.1 España

La implementación de la telefonía móvil WiFi en España se dio en diciembre del 2005, con la compañía *Peoplecall*, especializada en telefonía IP que dispuso de este servicio en Denia, Mérida, Don Benito, Almendralejo y Llerena. Realizaron acuerdos con el proveedor local de acceso a Internet *Extremadura Wireless* y con el operador de cable *Denia TalTV*. Con esta empresa construyó una red inalámbrica WiFi sólo para telefonía.

Para acceder a este nuevo servicio, los clientes necesitan la adquisición del teléfono móvil WiFi *UTStartcom F1000* que vende la misma compañía con un costo de 140 euros. Las características de las terminales son la compatibilidad con IEEE 802.11b/g, autenticación 802.1X, seguridad WEP de 64 o 128 bits y WPA con PSK, VoIP sobre SIP, Codec G.711, G.729 a/b, *Confort Noise generation (CNG)*, *Voice Activity detection (VAD)*, *Adaptive Jitter Buffer*, Cancelación de eco y tiempo de conversación de hasta 4 horas. Almacenar hasta diez redes, cuando la terminal está encendida, busca los puntos de acceso disponibles y se conecta al que tiene más calidad. El teléfono puede recibir llamadas de cualquier teléfono fijo o móvil y puede realizar llamadas gratuitas e ilimitadas entre equipos fijos y móviles de la misma compañía independientemente de su localización y duración de llamada, envía SMS a cualquier teléfono móvil y ofrece una pruebas con el teléfono 700 750 001. Tienen asignado un número telefónico público 700, aunque se prevé que se les asignarán números 51, que son los que el *Ministerio de Industria de España* libero para la VoIP.

Hasta el momento *Peoplecall* solo ofrece este modelo de teléfono. El interés por esta terminal y el servicio depende de los hábitos de las personas y de que se amplíe la cobertura de las redes WiFi. La empresa asegura que para alguien que pasa un 90% de su tiempo en entornos cubiertos por estas redes es lógico acceder a este servicio y si una empresa lo tiene, puede reducir notablemente los gastos de telecomunicaciones.

La directiva de la empresa afirma que no es su finalidad competir con la telefonía GSM, sino ofrecer una alternativa más barata. Por otro lado las compañías de telefonía celular mayoritarias en España como *Vodafone* y *Telefónica Móvil* hasta el momento están haciendo un gran despliegue de redes WiFi, pero aun no comercializan un servicio conjunto de telefonía sobre las redes inalámbricas.

### **3.3.2 Estados Unidos**

En Julio del 2005 *Boingo Wireless*, una de las empresas líderes en servicio de Internet inalámbrico y *Skype* que brinda servicio de telefonía por Internet anunciaron el despliegue de las llamadas *Skype Zones*, provistas del servicio de las redes inalámbricas de *Boingo* para acceder a los servicios de *Skype*. Con más de 45 millones de usuarios, *Skype* es un producto líder en la categoría de VoIP.

Este servicio se anunció a un año de la inauguración de los servicios de *SkypeOut* el primer servicio ofrecido de *Skype* para realizar llamadas a bajo costo a teléfonos fijos y móviles en más de 30 países. En este servicio se descarga un software gratuito, se selecciona el monto de crédito que se desea, se realiza el pago con tarjeta de crédito y se puede utilizar el servicio inmediatamente.

El crédito permanece activo durante 180 días posteriores a la última llamada. La tarifa promedio es de 2 centavos de dólar por minuto a los 20 destinos más populares: Alemania, Argentina, Australia, Austria, Bélgica, Canadá, Chile, Dinamarca, España, Estados Unidos, Francia, Irlanda, Italia, México, Noruega, Nueva Zelanda, Países Bajos, Portugal, Reino Unido y Rusia. Las llamadas entre usuarios de *Skype* son ilimitadas y sin costo sin importar la ubicación geográfica ni la duración de la llamada.

Con el servicio *SkypeIn* se obtiene un número telefónico único internacional, de este modo cuando se recibe una llamada de alguien que no utiliza el servicio y marca este número y la llamada es recibida por *Skype*, independientemente de la ubicación y a la persona que realiza la llamada no se le cobra la larga distancia. Este servicio abarata los costos para las personas que llaman al usuario. Este servicio está en prueba. Los números de *SkypeIn* se venden por suscripción, una suscripción por 12 meses cuesta 42 dólares y una por 3 meses 14 dólares. Las *Skype Zones* se localizan en los más de 18 mil *hot spots* de *Boingo* desplegados en 36 países de todo el mundo.

Estados Unidos (7282)	India (5)	Polonia (8)
Aruba (8)	Indonesia (7)	Portugal (882)
Australia (376)	Irlanda (78)	Rusia (23)
Austria (5)	Israel (27)	Arabia Saudita (8)
Bahamas (1)	Italia (1445)	Singapur (76)
Bélgica (18)	Japón (2)	Somalia (1)
Brasil (507)	Jordania (3)	África Sur (52)
Canadá (395)	Líbano (2)	España (154)
Colombia (4)	Liechtenstein (1)	Sri Lanka (2)
Dinamarca (3)	Luxemburgo (2)	Suecia (20)
Francia (761)	México (282)	Suiza (319)
Georgia (2)	Mónaco (1)	Tanzania (1)
Alemania (707)	Países Bajos (812)	Tailandia (23)
Grecia (68)	Antillas (6)	Reino Unido (5701)
Hungría (1)	Noruega (7)	
Hong Kong (399)	Filipinas (210)	

El servicio consiste en desplegar un software realizado por *Boingo* para permitir el acceso ilimitado a llamadas por *Skype*, este software incluye capacidades de autenticación, roaming, y administración de conexión. Cuando los usuarios se conectan pueden realizar llamadas por *Skype* con todas las características que esta compañía les brinda a sus usuarios como son presencia y uso de un directorio global, lista de contactos, mensajería instantánea y multiconferencia. Con la instalación del software y el pago del servicio de 7.95 dólares al mes o 2.95 dólares por dos horas de conexión, se puede acceder inmediatamente desde cualquier punto de cobertura de *Boingo*.

En julio del 2006 *Skype* anunció el futuro lanzamiento de cuatro modelos de teléfonos WiFi inalámbricos, que la empresa venderá directamente. Los nuevos dispositivos incluirán el software de *Skype*, de esta manera los teléfonos inalámbricos podrán hacer llamadas dentro del área del *hot spot*. Los nuevos modelos se venderán directamente desde la tienda online de *Skype*, a un precio entre 90 y 300 dólares. Los dispositivos serán fabricados por *Belkin*, *Edge-Core*, *Netgear*, *SMC* y *Accton*.

Por el momento la empresa taiwanesa *Accton Technology Corporation* ha anunciado el próximo lanzamiento en Japón del primer teléfono celular con el programa *Skype*, el *WiFi SkyFone WM1185-T*.

*SpectraLink* es uno de los principales fabricantes de sistemas de telefonía inalámbricos corporativa de Estados Unidos que desarrolla aplicaciones de voz y mensajería móviles en todo el mundo. Distribuye sus productos a través de los principales proveedores de servicio, equipamiento y aplicación, con clientes de las industrias de educación, salud, fabricación, finanzas, sistemas de información y telecomunicaciones. En el 2004, bajo la comercialización de *Noanet* se da una solución Pyme de telefonía WiFi de Spectralink SVP Server 10 y 20. Esta aplicación asegura una excelente calidad de voz y está diseñada para ofrecer un servicio óptimo, a precio accesible, para un reducido número de usuarios (10 y 20 configuraciones de usuario) que proporciona escalabilidad en función del crecimiento de la actividad de la empresa y se integra sin problemas a plataformas PBX tradicionales e IP. Debido a su mecanismo de QoS denominado *Spectralink Voice Priority (SVP)*, se garantiza una excelente calidad de voz haciendo uso de una red WiFi existente. Este protocolo es fácil de implementar y elimina los retardos relativos al tráfico de VoIP. *Noanet* está dedicando sus esfuerzos a implementar Telefonía WiFi sobre plataformas como *Avaya*, *Alcatel*, *Ericsson*, *Nortel*, *Siemens*, *Panasonic* y *Tenovis*. Además de hacer hincapié en la Telefonía WiFi para los sectores financiero, industria, salud y seguridad.

## **CAPÍTULO 4**

# **ESTUDIO COMPARATIVO TÉCNICO-ECONÓMICO DE LA TELEFONÍA POR WIFI CON LAS TECNOLOGÍAS ACTUALES**

Comparar dos tecnologías que resultan decisivas en la convergencia de los servicios móviles, permite combinar los beneficios de los servicios multimedia, la flexibilidad de la movilidad inalámbrica con conexiones de banda ancha. Las dos alternativas tecnológicas que marcan la evolución hacia esta próxima generación de servicios son la tercera generación de telefonía celular móvil y las redes WiFi. En este capítulo se comparan y contrastan estas dos tecnologías que permiten el acceso a servicios inalámbricos de banda ancha.

A pesar de que estas dos tecnologías reflejan servicios, industria, arquitecturas, orígenes y filosofías fundamentalmente diferentes, han llamado la atención recientemente como candidatos para una plataforma dominante que proporcione acceso inalámbrico de banda ancha.

La telefonía celular ofrece una integración vertical <sup>1</sup> para el acceso inalámbrico, mientras que WiFi ofrece, un servicio centralizado en el usuario final. A pesar de que intrínsecamente las tecnologías no dictan a que tipo de industria están enfocadas, potencialmente estos son los dos ambientes de industrias alternativas de estas tecnologías.

El futuro inalámbrico debe de incluir una mezcla heterogénea de tecnologías de acceso. Se puede esperar que estos dos mundos converjan como un proveedor de servicios integrado verticalmente con WiFi en la infraestructura de telefonía celular, en donde esta tenga sentido de aplicación.

---

<sup>1</sup> Una integración vertical es una teoría que describe un estilo de propiedad y control. Las compañías integradas verticalmente están unidas por una jerarquía y comparten un mismo dueño. Generalmente, los miembros de esta jerarquía desarrollan tareas diferentes que se combinan para satisfacer una necesidad común.

La expectativa es que los proveedores de servicio de telefonía celular integren la tecnología WiFi a sus redes para complementarse y tener un mayor y exitoso despliegue de mercado. WiFi ofrece un nivel de competición a los proveedores de 3G debido a los bajos costos asociados al establecimiento de una red inalámbrica. Esto puede tomar forma en la creación de nuevos proveedores de servicio, en redes organizadas por los usuarios finales o en estrategias a bajo costo para agregar servicios inalámbricos.

Todas las tecnologías tienen sus ventajas y desventajas. Cada una de ellas puede contribuir al despliegue y disponibilidad de productos y servicios, por lo que se debe de examinar el desarrollo de las próximas generaciones de redes, productos y servicios, para asegurar las necesidades de los usuarios.

## **4.1 Comparación Técnica de la Telefonía Móvil sobre Redes Celulares y sobre Redes WiFi**

Mediante la comparación de las dos tecnologías inalámbricas de ancho de banda disponibles actualmente se pueden ver sus ventajas y desventajas de cada una de ellas en diferentes aspectos los cuales pueden determinar la instalación de cierto tipo de tecnología conjunta que abarque las mayores ventajas posibles. En algunos aspectos estas tecnologías tienen ventaja sobre las carencias de otra, pero flaquean en otros aspectos donde la otra tecnología tiene puntos fuertes. Más allá de la competición de estas dos tecnologías se puede ver una clara complementación que por el momento es lo que se ha adoptado comercialmente. Sin embargo las implementaciones de la telefonía móvil sobre WiFi y las de telefonía de 3G pueden ganarse el mercado la una a la otra de acuerdo a la disponibilidad de cada una de ellas en un cierto territorio.

### **4.1.1 Velocidad de Transmisión**

La velocidad de transmisión y recepción de datos es importante para soportar las aplicaciones multimedia emergentes. De acuerdo al tipo de red de telefonía celular se presentan diferentes velocidades. Las redes de segunda generación GSM que actualmente son las más desplegadas mundialmente y cuentan con el mayor número de usuarios alcanzan una velocidad promedio real de 9.6 a 14 Kbps. En las redes GPRS se presenta una ventaja en la velocidad de recepción aumentándola entre 28 y 64Kbps. En las tecnologías de 3G como UMTS se alcanza una velocidad de 100Kbps y en UMTS/HSDPA la velocidad se encuentra entre 400 y 700 Kbps.

Las velocidades de datos de las tecnologías celulares se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 4.1 Velocidades de diferentes tecnologías celulares.

Red Celular	Velocidad Teórica	Velocidad Máxima Real	Velocidad Promedio Real
GSM	9.6-14 kbps	9.6-14 kbps	9.6- 14 kbps
GPRS	171.2 kbps	64 kbps	28-64 kbps en recepción y 9.6-14 kbps en transmisión
UMTS	2 Mbps	384 kbps	100 kbps
UMTS/HSDPA	1.1 Mbps	700 kbps	400 – 700 kbps

Las WLANs, debido a que fueron desarrolladas para la transmisión de datos tienen mayor velocidad en comparación con las redes de telefonía móvil. Soportan las siguientes velocidades de transmisión.

Tabla 4.2 Velocidades de las WLANs.

Estándar	Velocidad Teórica	Velocidad Real
802.11a	54 Mbps	27 Mbps
802.11b	11 Mbps	4-5 Mbps
802.11g	54 Mbps	20-25 Mbps

Con estos valores se puede percibir que la tasa de datos disponible en las tecnologías celulares como GSM no es suficiente para permitir aplicaciones multimedia. WiFi tiene ventaja en el acceso de banda ancha y velocidad con respecto a las redes de telefonía celular, pero estas permiten significativamente más tráfico de voz y movilidad para servicios en movimiento donde WiFi no puede competir.

#### 4.1.2 Cobertura del Servicio

Uno de los aspectos más importantes es la cobertura que ofrecen las tecnologías de telefonía inalámbrica. Las tablas siguientes muestran las máximas distancias y separaciones para proporcionar una cobertura continua en los sistemas celulares

Tabla 4.3 Cobertura de GSM900.

Ambiente de Despliegue	Densidad Urbana	Urbano	Sub-Urbano	Rural
Exteriores	2.1 Km	5.8 Km	6.6 Km	16.7 Km
Interiores	0.7 Km	1.5 Km	2.1 Km	5.4 Km
Separación máxima entre células	1 Km	1.3 Km	3.2 Km	8.1 Km

Tabla 4.4 Cobertura de GSM1800.

<b>Ambiente de Despliegue</b>	<b>Densidad Urbana</b>	<b>Urbano</b>	<b>Suburbano</b>	<b>Rural</b>
Exteriores	1.3 Km	2.8 Km	4.8 Km	7.6 Km
Interiores	0.4 Km	0.9 Km	1.6 Km	2.5 Km
Separación máxima entre células	0.6 Km	1.4 Km	2.3 Km	3.7 Km

Tabla 4.5 Cobertura de UMTS.

<b>Aplicación</b>	<b>Cobertura Interiores</b>	<b>Separación entre células</b>	<b>Número de células por 10 000 km<sup>2</sup></b>
Voz	4.6 Km	6.9 Km	80
Datos a 144 Kbps con bajo retardo	2.5 Km	3.8 Km	270
Datos a 144 Kbps con alto retardo	3.1 Km	4.7 Km	180

En el caso de WiFi se tienen los rangos siguientes:

Tabla 4.6 Cobertura de WiFi.

	<b>802.11a</b>	<b>802.11b</b>	<b>802.11g</b>
Rango	7.62m a 22.86m.	30.48m a 45.72m	30.48m a 45.72m

Las redes de telefonía celular se deben de utilizar en soluciones donde la cobertura sea importante debido a que alcanzan kilómetros de cobertura. WiFi tiene limitaciones de cobertura ya que las WLANs típicamente se despliegan para ofrecer conectividad en los últimos metros de las redes. Aunque muchos *hot spots* desplegados masivamente uno cerca del otro y pueden dan a los usuarios un acceso amplio.

Una señal WiFi en general proporciona una cobertura de hasta 50 metros desde un AP, dependiendo de factores tales como paredes, lo que permite una utilización estática más que móvil. Una señal GSM proporciona una cobertura más amplia a varios kilómetros desde la celda, dependiendo de factores tales como si la celda se halla ubicada en una zona rural o urbana. La cobertura es de particular importancia para los clientes de datos que desean acceso desde múltiples puntos aún en una pequeña zona geográfica.

La cobertura WiFi sin interrupciones en una zona pública es poco frecuente, y los sitios con gran cobertura WiFi son generalmente atendidos por un operador en algunas áreas y por otro operador en otras.

En comparación, un operador GSM que atiende un mercado en particular cubre toda un área, lo que permite una verdadera movilidad ya que las conexiones se traspasan con total transparencia a medida que los clientes se trasladan de una celda a otra.

La cobertura puntualizada resalta la necesidad del *roaming*. Cuando los clientes WiFi intenten conectarse dentro de un área cubierta por un operador WiFi distinto al que están inscritos, probablemente deban someterse a un proceso de conexión prolongado, que podría incluir el pago del servicio. Los acuerdos de *roaming* entre los operadores WiFi eliminarían esos pasos y facilitarían su uso. Sin embargo, este tipo de acuerdos recién está comenzando a verse. En comparación, GSM soporta *roaming* a nivel regional, nacional e internacional para voz y datos desde el lanzamiento comercial de la tecnología en 1991. La capacidad de *roaming* entre *hot spots* y una red móvil permitiría que un servicio complementario beneficiara en mayor medida al cliente.

### 4.1.3 Espectro de Operación

Una de las principales diferencias entre estas dos tecnologías tiene que ver con el uso del espectro. Esta diferencia tiene importantes implicaciones sobre el costo del servicio, calidad, y las soluciones a los problemas de congestión.

En los sistemas celulares es necesaria una licencia para la explotación. Las frecuencias de operación de las redes celulares son:

Tabla 4.7 Frecuencia de operación de GSM.

Frecuencia de operación	Banda
800 MHz	Licenciada
900 MHz	Licenciada
1800 MHz	Licenciada
1900 MHz	Licenciada

En el caso de WiFi, el espectro es gratuito

Tabla 4.8 Frecuencia de operación de las WLANs.

Frecuencia de operación	Banda	Compartida
2.4 GHz	Libre	802.11b/g Teléfonos inalámbricos, hornos de microondas y <i>bluetooth</i> .
5 GHz	Libre	802.11a

Las licencias para desarrollar las redes de telefonía celular generan una importante barrera de entrada que impide que estos servicios surjan de forma descentralizada, ya que en general, una misma compañía compra la licencia, invierte en infraestructura y opera la red. Los gastos de inicio para adquirir la licencia del espectro representan una substancial inversión de capital en los costos del despliegue de los servicios de telefonía celular. Estos costos no se presentan del lado de WiFi por la utilización del espectro no licenciado.

Con el incremento a la flexibilidad de las reglas de la obtención de licencia del espectro y a la creación de mercados secundarios que faciliten estas reglas, sería posible hacer frente a los costos de la obtención de una licencia compartida para permitir el despliegue de la infraestructura descentralizada. Debido a que WiFi trabaja en un espectro de uso libre, se reduce el soporte de los operadores.

Las rígidas reglas de las licencias (motivadas en parte en lo concerniente a las interferencias, pero también en parte a los intereses políticos) limitan la habilidad de sostener las licencias de espectro con innovaciones flexibles con el rápido progreso tecnológico, los cambios y demanda dinámicos, esta fase de inflexibilidad incrementa los costos y reduce la eficiencia de la utilización de espectro.

Por otro lado, los costos de las licencias de espectro, tiene la ventaja de facilitar la calidad de servicio. Con un espectro licenciado, se prevé la protección de interferencias de otros proveedores de servicio. En contraste el espectro no licenciado de WiFi sólo impone límites estrictos en los niveles de potencia en los usuarios. Esto hace fácil para los proveedores de telefonía celular marcar servicios con un predecible nivel de QoS y soportar servicios sensibles al retardo como aplicaciones de tiempo real.

WiFi por su parte puede direccionar el problema de congestión asociado a los usuarios en la red, pero no puede controlar el problema potencial de la interferencia de otros proveedores de servicio WiFi u otras fuentes de radiofrecuencia que comparten el mismo espectro. Esto representa problemas para el soporte masivo de servicios sensibles al retardo y escalamiento de servicio para incrementar la competición de múltiples proveedores de servicio.

#### **4.1.4 Calidad de Servicio en Voz y Datos**

Las redes inalámbricas fueron desarrolladas para el transporte de datos, por lo que manejan una velocidad superior que permite una mayor facilidad de la transferencia de datos y permiten servicios de voz sobre protocolo IP. La norma 802.11 es suficientemente robusta como para soportar voz y datos de alta velocidad, e incluye los mecanismos de calidad de servicio para que cada aplicación obtenga la cantidad correcta de ancho de banda. La norma se está mejorando mediante 802.11e, que proporciona mecanismos mayores de Calidad de Servicio, pero aún no está finalizada y disponible para su uso comercial. Los dispositivos WiFi pueden utilizar la norma de seguridad WEP, la cual posee fallas inherentes y es muy susceptible. Otros dispositivos incluyen o pueden actualizarse para soportar WPA, una norma de seguridad más estricta. WPA es una solución transitoria hasta que se aplique la norma 802.11i, pero requiere que los clientes compren nuevos dispositivos

Los servicios de voz constituyen una característica intrínseca de las redes de telefonía celular. Las redes de 3G dan soporte a mecanismos de Calidad de Servicio para múltiples tipos de tráfico. Estos mecanismos de calidad de servicio también dan soporte a VoIP, que es el paso final en la migración de un operador GSM a 3G. Por otro lado en las redes de telefonía celular, como GPRS y redes 3G se permite el servicio de datos aunque con una velocidad menor. 3G da mejor soporte para la realización de comunicaciones seguras y privadas. Las redes de datos basadas en GSM son inherentemente más seguras que las redes WiFi debido a las técnicas de seguridad incorporadas en la norma GSM.

Actualmente hay una gran gama de teléfonos multimedia que permiten una cantidad de servicios multimedia. Muchas de las empresas desarrolladoras de equipo están interesadas en ambas tecnologías. Por lo que se dispone ya de teléfonos de 3G y de teléfonos exclusivamente para WiFi y últimamente de dispositivos que pueden soportar ambas interfases pero en todos los casos, el usuario final debe de adquirir dispositivos de interfaz apropiados.

#### **4.1.5 Estado del Desarrollo de la Tecnología y el Progreso de la Implementación**

El proceso del despliegue de las tecnologías de telefonía celular de 3G tuvo un retraso considerable en las implementaciones a nivel mundial. Esta tecnología fue concebida como una mejora para las redes de telefonía móvil existentes brindándoles una mejor capacidad del manejo de contenidos multimedia.

Debido a que las licencias de 3G han sido otorgadas a un elevado costo, ocasionaron limitación en el progreso de los servicios. Esto contribuyó a que muchos de los proveedores se retrasaran en el despliegue de estas redes como consecuencia de los altos costos de la obtención de la licencia, incremento de los costos de despliegue y disminución de las expectativas de ganancias a corto plazo.

En contraste otro sector en las telecomunicaciones de transferencia de datos inalámbricos se desarrolló rápidamente, las WLANs. Actualmente hay una larga base instalada de redes WiFi y los dispositivos están haciendo crecer rápidamente el mercado de vendedores. La larga base instalada permite el aprendizaje, corrección y gran escalamiento entre la comunidad de vendedores y usuarios finales. La expansión del equipo WiFi ha bajado sustancialmente los precios y simplificado la instalación y manejo de las redes, haciendo factible para usuarios locales instalar por si mismos estas redes.

Las tecnologías inalámbricas de telefonía celular de 3G se están convirtiendo en una realidad para permitir servicios de datos más avanzados y las tecnologías inalámbricas WLAN evolucionan rápidamente para ofrecer también mayores velocidades y nuevas oportunidades.

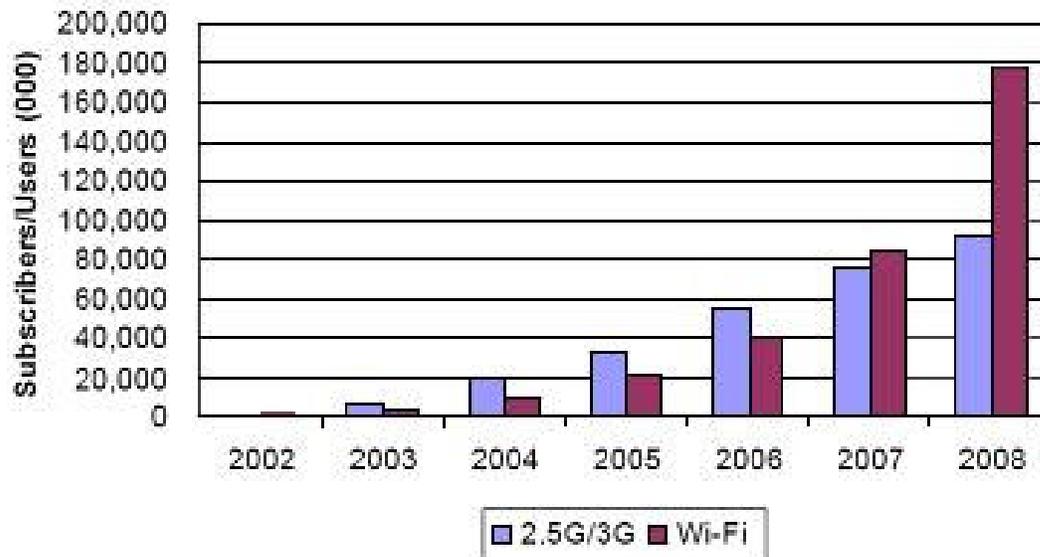
Pese a las enormes inversiones efectuadas por las operadoras de telefonía móvil en el despliegue de redes de telefonía móvil 3G algunos especialistas <sup>2</sup> indican que el número de usuarios de estas tecnologías quedará superado por el número de usuarios que utilicen las redes inalámbricas WiFi.

La consultora especializada en telecomunicaciones y movilidad *Pyramid Research*<sup>2</sup>, muestra que el número de usuarios de redes inalámbricas WiFi en EU superará en el año 2007 a los abonados de servicios de telefonía 3G, aunque también apunta a la posibilidad de servicios combinados WiFi y 3G por parte de algunos operadores.

---

<sup>2</sup> Pyramid Research, *The New Wireless Road Warrior: How Business Travelers Are Shaking Up the Telecoms Industry – from WiFi to 3G*, Abril 2004.

---

Figura 4.1 Usuarios de WiFi y usuarios de 2.5/3G <sup>3</sup>

## 4.2 Comparación Económica de la Telefonía Móvil sobre Redes Celulares y sobre Redes WiFi

La gran ventaja de las redes WiFi es el precio, la telefonía por WiFi resulta con menor gasto en infraestructura en comparación con la telefonía móvil celular ya que los proveedores pueden utilizar las redes existentes, en vez de construir una nueva infraestructura para direccionar las llamadas, es necesario un mínimo de infraestructura para desplegar los puntos de acceso y la utilización del espectro no tiene un costo implicado.

En contraste, las redes de telefonía celular hacen una gran inversión en la licencia del espectro y en desarrollar las redes de servicios. Aunque para la actualización de sus redes se puede reutilizar el núcleo de su red, la instalación, mantenimiento y manejo de la red es mucho más costosa que el manejo, instalación y despliegue de una red inalámbrica.

### 4.2.1 Costos de las Redes de Telefonía Celular

Para realizar una estimación de los costos de la construcción de la infraestructura de una red celular que proporcione servicios de 3G, se tiene que tomar en cuenta los gastos relacionados a las licencias, infraestructura de la red (núcleo de la red, red radioeléctrica) enlaces de transmisión, mantenimiento, administración, tarificación y mercadeo.

<sup>3</sup> Fuente: Pyramid Research, Abril 2004.

El primer paso es conseguir la licencia de espectro que es una de las inversiones más fuertes en estas redes. Los procedimientos para que un operador consiga la concesión de los derechos de uso del espectro son la subasta, el concurso de méritos y la compartición.

En el periodo de 2000 y 2001 en diversos países se otorgaron licencias de utilización de espectro para 3G. En la tabla siguiente se muestran los costos del espectro que en cada país.

Tabla 4.9 Costos de licencias autorizadas 3G en diferentes países.<sup>4</sup>

País	Licencia*	Fecha de Entrega	Costo total (millones de dólares)	Costo por Operador (millones de dólares)
Argentina	A	Dic 2001	600	
Australia	A	Mar 2001	351.7	Telstra(148), Hutchison(96.4) Optus(12.2), Vodafone(12.4) CKW Wireless(4.6) 3G Australia(78.1)
Austria	A	Nov 2000	610	ConnectAustria(104), Hutchison(99), Max.mobil(103) Mannesmann3G(98) Mobilkom(105) Telefonica(101)
Alemania	A	Jul 2000	45 870	EPlus(7.7mil) Group3G(7.62mi) Mannesmann(7.63mil), MobilCom(7.65mil) T-Mobile(7.6mil), VIAG Interkom(7.67mil)
Bélgica	A	Feb 2001	418.8	Mobistar(139.6), Orange(193.6) Proximus(139.6)
Canadá	A	Ene 2001	1 482	BellMobility(720), Telius(356), W2N(11.4) RogersWireless(393.5), Thunder BayTelephone(0.6)
España	B & F	Mar 2000	444	Airtel(111), Amena(111) Xfera(111), Telefónica(111)
Holanda	A	Jul 2000	2 508.1	Libertel(666.8), Telfort(401) KPNmobile(664.3) 3GBlue(369), Dutchtone(407)
Italia	A	Oct 2000	10 070	H3G(2.01mil), Ipse(2.02mil), Wind(2.01mil), Omnitel(2.03mil) Telecom Italia Mobile(2mil)

\*Proceso de licencias. A: Subastas, B: Concurso de méritos, F: Compartición.

<sup>4</sup> Fuente: ITU, Patrick Xavier. *Licensing of third generation (3G) mobile: Briefing Paper*. Septiembre 2001.

Korea	B & F	Oct 2000	3 080	KTICOM(1.1mil) SKTelecom(1.1mil) LGTelecom(0.88mil)
Nueva Zelanda	A	Ene 2001	51.4	TelecomNZ(16.7), Clear(11.2) Vodafone(13.2), Telstra(10.3)
Noruega	B	Nov 2000	44.8	Telenor(11.2), NetCom(11.2), Broadband Mobile(11.2) Tele2 Norge(11.2)
Polonia	A	Dic 2000	669	PlusGSM(223), CenterTel(223) ERA(223)
Portugal	B & F	Dic 2000	360	Telecel(90), TMN(90), Optimus(90), Ony Way(90)
Reino Unido	A	Abr 2000	35 390	Hutchison(6.9mil) One2One(6.3mil) BT3G(6.35mil) Orange(6.44mil) Vodafone(9.4mil)
Suecia	B	Dic 2000	44.08	Hi3GAccess(11.02) Europolitan(11.02) Tele2(11.02), Orange(11.02)
Suiza	A	Dic 2000	116	Swisscom(29), diAX(29), Orange(29), Team3G(29)

Con base en estos datos y ordenándolos de acuerdo a costos, en Alemania el total de costo de las licencias de 3G fue el mayor, seguido de Reino Unido.

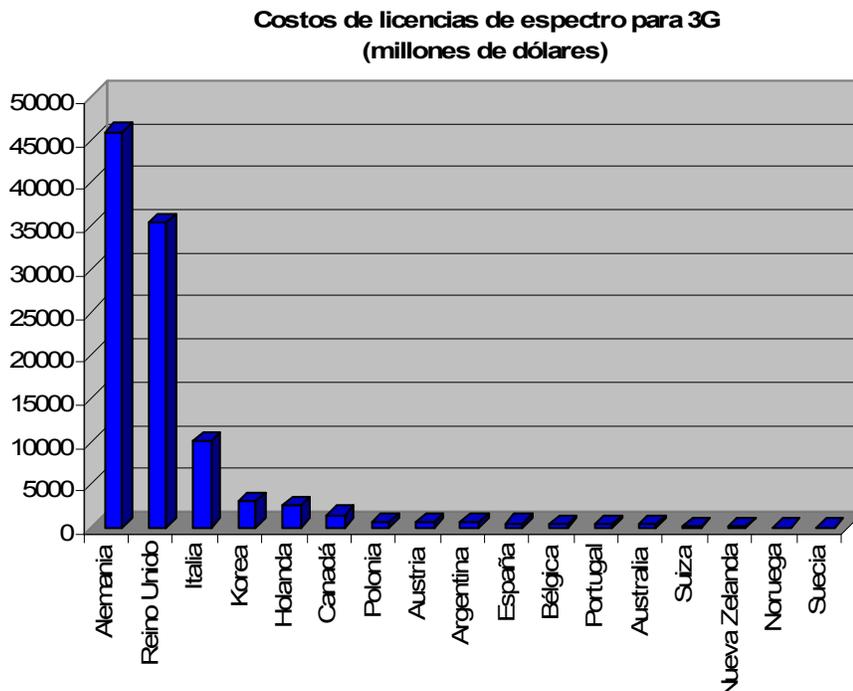


Figura 4.2 Costos de licencias de espectro para 3G en diferentes países. <sup>3</sup>

En adición al pago de la licencia, lo operadores de la red celular tiene que construir o expandir la infraestructura física para disponer de servicios de 3G, además de invertir en el mantenimiento de la red, servicios soportados, sistema de facturación y mercadeo.

En una estimación para la infraestructura de la red, la inversión por cada abonado en una red GSM es de 200 dólares y en una red UMTS 350 dólares.<sup>4</sup>

Tabla 4.10 Estimación de costos de despliegue por suscriptor de las redes GSM y UMTS.<sup>4</sup>

	Costos de despliegue y operación		Costo por suscriptor (dólares)	
	GSM	UMTS	GSM (porcentaje)	UMTS (porcentaje)
Núcleo de la red	\$20	\$24.5	10%	7%
Red radioeléctrica	\$70	\$101.5	35%	29%
Enlaces de transmisión	\$40	\$80.5	20%	23%
Mantenimiento de la red	\$22	\$38.5	11%	11%
Ventas y Mercado	\$16	\$35	8%	10%
Tarifación	\$20	\$42	10%	12%
Servicios de administración	\$12	\$28	6%	8%
<b>Total</b>	<b>\$200</b>	<b>\$350</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>

Tabla 4.11 Estimación de costos de operación por suscriptor de las redes GSM, GPRS y UMTS.<sup>5</sup>

Costos de Inversión			
	GSM	GPRS	UMTS
Red (radioeléctrica, núcleo )	\$150	\$170	\$248.5
Porcentaje Anual de costos de operación			
Operadores experimentados	\$350	\$364	\$379
Nuevos Operadores	\$600	\$624	\$649
Total (Primer año)			
Operadores experimentados	\$500	\$534	\$627.5
Nuevos Operadores	\$750	\$794	\$897.5

<sup>5</sup> Fuente: ITU, *Mobile Networks Evolution: Economic Aspects of Evolution towards IMT2000*, Noviembre 2005.

Con relación a los costos de los servicios, en las conexiones GSM las tarifas están basadas en segundos. Dado que GPRS y 3G están basados en conmutación de paquetes la facturación se realiza por Bytes.

Algunos de los ejemplos de tarifas de diferentes operadores son *T-Mobile* que ofrece a \$0.25 dólares 10 kilobytes ó \$13.65 por mes, *Vodafone* establece \$9.11 dólares por mes o \$0.087 por 10 kilobytes y *E-Plus* aplica una tarifa de \$0.32 por 10 kilobytes.

Tabla 4.12 Tarifas por megabyte en servicios de 3G<sup>6</sup>

Servicio	Kilobytes consumidos	Costo (dólares)	Costo por megabyte (dólares)
1 min de llamada de voz	144	\$0.10 (EU)	\$0.71
Mensaje SMS	0.1	\$0.15 (UK)	\$1 573
Ringtone	2	\$3 (UK)	\$13 981
Juego java	15	\$3 (Japón)	\$204
Mensaje MMS	10	\$0.5 (Alemania)	\$51
WAP 5 min	15	\$0.45 (Italia)	\$31
WEB 5 min	425	\$1.28 (Italia)	\$3.07
MP3 4 min	1850	\$5 (EU)	\$1.78
Video 90 min	691 200	\$10 (EU)	\$0.01

#### 4.2.2 Costos de las Redes de Telefonía WiFi

En el despliegue de una red de telefonía sobre WiFi no se tiene que hacer la fuerte inversión el espectro que tiene lugar en las redes de telefonía celular. Esto implica que al no tenerse este gasto de entrada, la inversión principal esta relacionada a los dispositivos de la red, los cuales tiene un precio accesible y están abiertos, esto quiere decir que existe una gran cantidad de modelos en el mercado que se adecuan a las necesidades del tipo de red que se quiera desplegar en una determinada zona.

El costo generado por la infraestructura esta relacionado a los puntos de acceso, por lo que la inversión en esta tecnología depende principalmente del número de puntos de acceso, mismo que se relaciona con el área de cobertura requerida, así como el número y tipo de usuarios que serán servidos.

<sup>6</sup> Fuente: Sound Partners , [http://www.soundpartners.ltd.uk/Service\\_Profitability.html](http://www.soundpartners.ltd.uk/Service_Profitability.html)

Los precios de los puntos de acceso varían dentro del rango de 900 y 2 mil dólares.

Tabla 4.13 Estimación de precios de un sistema WiFi. <sup>7</sup>

<b>Estimación de Precios de un sistema WiFi (dólares)</b>	
Punto de Acceso	\$62-130
Antena Direccional	\$500-800
Antena Omnidireccional	\$330-1100
Inversión	\$892- 2030

El costo de instalación y mantenimiento de una WLAN es generalmente bajo y las actividades asociadas al mantenimiento y reparación, simplifican movimientos de la infraestructura, crecimientos y cambios, por consiguiente, disminuye los costos generados durante estas actividades.

Las tarifas del servicio de voz sobre las redes inalámbricas, tienen variaciones de acuerdo al país donde se realice la llamada. Esto tiene implicaciones de la regulación en que cada país sitúa el estado de VoIP lo que influye directamente en el costo que se relaciona con el servicio de esta tecnología.

En los países donde existe ya una legislación de los servicios de voz sobre IP, la competencia esta abierta, por lo que al haber más operadores que ofrecen este servicio, la competencia aumenta, y los precios disminuyen.

Se muestra un ejemplo de estas tendencias en la tarifación por minuto de los servicios de *SkypeOut* para llamadas internacionales.

Tabla 4.14 Tarifas *SkypeOut* y estado de la regulación de VoIP en algunos países. <sup>8</sup>

<b>País</b>	<b>Tarifa <i>SkypeOut</i> (dólares/minuto)*</b>	<b>Estado de regulación de VoIP.</b>
Argentina	0.032	No hay restricciones para proveer el servicio desde el 2000.
Bolivia	0.149	Solo proveedores de larga distancia están permitidos de proporcionar VoIP.
Brasil	0.055	Los servicios VoIP están permitidos y no hay alguna regulación relacionada a VoIP.

<sup>7</sup> Fuente: ITU Jared Baraza, *Application of WiFi in bridging the digital divide in developing countries*.

<sup>8</sup> Fuente: ITU, Proenza, Francisco J. *The road to broadband development in developing countries is through competition driven by Wireless and VoIP*. Octubre 2005.

Canadá	0.021	Existe regulación sobre VoIP solo si es utilizado en telefonía local.
Chile	0.021	Para el VoIP comercial se necesita licencia como con cualquier otro servicio telefónico.
Colombia	0.095	Las licencias son muy elevadas y solo algunos operadores las tienen.
Ecuador	0.178	VoIP es permitido solo para llamadas internacionales y no para llamadas nacionales.
Estados Unidos	0.021	Se permite el uso comercial de VoIP.
Honduras	0.364	El estado posee y controla las líneas alámbricas telefónicas.
India	0.155	Las llamadas de PC a PC son permitidas para destinos internacionales y nacionales, pero las llamadas de entre teléfonos VoIP son solo para llamadas internacionales.
Indonesia	0.093	Los proveedores de servicio telefónico pueden proveer servicios de VoIP adquiriendo una licencia.
Korea	0.025	Permiten facilidades de competencia en VoIP comercial.
México	0.099	La clasificación del servicio de VoIP es ilegal si no se posee la licencia o no se hacen contribuciones a los servicios establecidos.
Reino Unido	0.021	Cualquier operador puede ofrecer VoIP sin restricciones.
Venezuela	0.052	Es requerida una licencia para proveer de servicios comerciales de VoIP.

\*Tarifas de SkypeOut efectivas a octubre 2006  
([www.skype.com/products/skypeout/rates/](http://www.skype.com/products/skypeout/rates/)).

### 4.2.3 Modelo de negocios

WiFi proviene del sector de las comunicaciones de datos como un subproducto de la industria informática. En general, el servicio se provee a una comunidad cerrada de usuarios (empleados de la empresa, estudiantes de la Universidad, etc.), y la empresa o universidad etc. es la que subsidia los costos de proveer el acceso inalámbrico. WiFi aprovecha la gran base de WLANs existentes.

En este sentido, y a diferencia de la 3G, la infraestructura WiFi puede emerger en una forma descentralizada. La gran base instalada de WiFi provee importantes economías de escala y alcance tanto para la comunidad de usuarios como para los vendedores.

Las redes WiFi son sencillas de desplegar y varias empresas comercializan el acceso a WiFi. Cada vez hay más dispositivos portátiles que lo incorporan de fábrica, lo que ayuda a crear masa crítica de clientes potenciales. Las empresas, instituciones o usuarios finales con ciertas características geográficas o especiales, son un mercado muy propicio para WiFi. Las aplicaciones de WiFi están, sobre todo, en casas particulares y en sedes de empresas como extensión de alguna LAN. Es razonable pensar que la movilidad de voz y datos de banda ancha a nivel corporativo y local se soporte con infraestructuras propias mediante WiFi, por lo que se debe de tomar en cuenta al usuario corporativo que en sus delegaciones y sedes tiene un consumo importante en telefonía móvil. Este tipo de usuario representa un mercado importante para WiFi.

3G representa una extensión al modelo de servicios proporcionados de una red móvil. Es una elección de tecnología para actualizar los servicios de telefonía móvil existente y extender la capacidad de adicionar servicios. El modelo básico de negocios de 3G el proveedor de servicio posee y maneja la infraestructura, el espectro y vende los servicios a los usuarios finales. El despliegue y provisión del servicio 3G es jerárquico, integrado verticalmente, con operación y planificaciones centralizadas. Para llevar las redes 2G existentes a 3G se requieren inversiones muy importantes en nuevas infraestructuras.

3G esta mas desarrollado que WiFi como modelo de servicio y negocio por que representa una extensión del servicio existente proporcionado por la industria para nuevos servicios y como tal, no representa una salida radical de la estructura de la industria anterior al tratarse del perfeccionamiento de un servicio ya existente. Las áreas que continúan poco desarrolladas son las relacionadas con los mercados de provisión de aplicaciones y con relación a la demanda final.

El modelo de negocio de UMTS se traslada de GSM y GPRS que cuentan con el apoyo de la industria, regulación y operadores, lo que representa una garantía. Parte del éxito del GSM se debió sin duda a este soporte total. Los inconvenientes de UMTS pueden venir del hecho de que al nacer muy cerca de GSM y compartir muchas de sus aplicaciones, el modelo de negocio en el despliegue debe analizarse con cuidado.

### 4.3 Resultados Preliminares de la Comparación

Al hacer una comparación técnica y económica de la telefonía móvil sobre las redes celulares y sobre WiFi, se tiene que una de las principales diferencias entre estas dos tecnologías tiene que ver con el uso del espectro. Esta diferencia tiene importantes implicaciones sobre el costo del servicio, calidad, y las soluciones a los problemas de congestión.

WiFi tiene la ventaja de acceso de banda ancha y velocidad con respecto a las redes de telefonía celular. Aunque las redes de telefonía celular se deben de utilizar en soluciones donde la cobertura sea importante, sin embargo, muchos *hot spots* desplegados masivamente uno cerca del otro y pueden dan a los usuarios un acceso más amplio.

Muchos factores afectan el despliegue masivo de estas tecnologías, por ejemplo, uno de los grandes problemas en el desarrollo de tecnologías de 3G en países en desarrollo son los costos de los servicios.

Por su parte, la telefonía WiFi comenzó en los consumidores de pequeñas compañías por su fácil instalación y bajo costo en equipos.

La efectividad con relación a los costos asociados a la provisión de acceso y servicios , sobre todo en áreas rurales, es muy clara , ya que con solo 50 mil dólares se puede proporcionar cientos de kilómetros de conectividad inalámbrica, por lo que WiFi hace que la infraestructura sea una mejor inversión económica.

Las ventajas económicas continuarán aumentando a medida que las tecnologías inalámbricas sean utilizadas cada vez más y proporcionen conectividad a áreas rurales de manera costo-efectiva y hasta autosustentable.

A su vez, toma un lugar importante la apertura a la competencia de VoIP que generalmente producen una fuerte resistencia por parte de los operadores preexistentes de telecomunicaciones.

Las tecnologías inalámbricas están transformando radicalmente el sector de las telecomunicaciones permitiendo un rápido desarrollo siendo importantes por su capacidad de reducir costos de suministro de acceso a las *Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC)* y los servicios que estas proporcionan en áreas desatendidas.

Ambas tecnologías pueden aprovechar los avances de la otra habiendo una clara inclinación de los proveedores de redes de telefonía celular a beneficiarse con el gran despliegue de las redes inalámbricas en una adopción de un servicio común.

Tabla 4.15 Comparación entre la telefonía móvil sobre redes celulares y redes WiFi

	<b>Telefonía Celular</b>	<b>Redes Inalámbricas</b>	<b>Comentarios</b>
Velocidad Teórica y Real	<i>GSM</i> 9.6-14 Kbps <i>GPRS</i> 171.2 kbps ( 28/64kbps en Rx ; 9.6/14 kbps en Tx) <i>UMTS/HSDPA</i> 1.1Mbps (400-700Kbps)	<i>802.11a</i> 54 (27) Mbps <i>802.11b</i> 11 (4-5) Mbps <i>802.11g</i> 54 (20-25)Mbps	La velocidad de transmisión es importante para soportar las aplicaciones multimedia. La tasa de datos disponible en las tecnologías celulares como <i>GSM</i> no es suficiente para estas aplicaciones.
Cobertura de servicio	1 a 4 Km	20 a 60m	Las <i>WLANs</i> tienen limitaciones de cobertura. <i>Hot spots</i> desplegados masivamente pueden dar a los usuarios un acceso mas amplio.
Espectro de Operación	Licenciado. Para <i>GSM</i> en las bandas de operación de <i>800 MHz, 900 MHz, 1800 MHz, 1900 MHz.</i>	Libre y compartido en las bandas de <i>2.4GHz</i> y <i>5 GHz.</i>	Una de las principales diferencias. Tiene importantes implicaciones sobre el costo del servicio, calidad, y las soluciones a los problemas de congestión.
Calidad de servicio	Mecanismos de <i>QoS</i> para múltiples tipos de tráfico.	Bajo la norma <i>802.11e</i> que brinda mecanismos de alta <i>QoS.</i>	El trafico de voz y datos tienen requisitos de red diferentes. Los mecanismos de <i>QoS</i> son necesarios lograr éstos servicios.

Estado del desarrollo	<p>Los servicios de 3G tuvieron un retraso considerable. Actualmente el mayor despliegue de redes de telefonía celular es sobre GSM.</p>	<p>Desarrollo es rápido y creciente.</p>	<p>Debido al retraso del despliegue comercial de las redes de 3G, la mayoría de los usuarios tuvieron un contacto con una red de datos de banda ancha mediante las WLANs.</p>
Costos	<p>Inversión en la licencia del espectro de US\$500, 000 a 9.4 mil millones de dólares.</p> <p>Inversión en el despliegue y operación de una red por usuario                      GSM US\$500                      UMTS US\$900</p>	<p>Despliegue de un punto de acceso entre US\$900 y US\$2000</p>	<p>La gran ventaja de WiFi es el precio. La telefonía por WiFi resulta con menor gasto en infraestructura en comparación con la telefonía móvil celular ya que los proveedores pueden utilizar las redes existentes, en vez de construir una nueva infraestructura. Es necesaria una mínima inversión para desplegar los puntos de acceso y la utilización del espectro no tiene un costo implicado.</p>

## 4.4 Integración de la Telefonía Móvil sobre Redes Celulares y Sobre Redes WiFi

Cada tecnología tiene ventajas sobre la otra y en este caso, ambas tecnologías pueden permitir ofrecer alta calidad de servicios que en sus condiciones separadas. El proveedor que conjunte estas dos opciones de acceso inalámbrico puede ofrecer una gama más grande y más valiosa de servicios.

Para el sector inalámbrico, la movilidad y la banda ancha son dos aspectos básicos a desarrollar a través de WiFi y la implementación de 3G.

Una de las implicaciones que emerge del análisis del éxito de WiFi para comunicaciones inalámbricas es que puede ser un buen competidor en el acceso de áreas locales. Los operadores de redes de telefonía móvil deben de evaluar el despliegue de redes complementarias con tecnología WiFi, ya que se puede ver una tendencia clara de complementariedad.

El candidato principal a adoptar esta estrategia son los proveedores de servicio telefonía celular dada la asimetría de costos de entrada y la experiencia de los operadores 3G de implementar paquetes de servicio. La integración de WiFi favorecería en principio a los operadores de 3G, ya que la conectividad de los *hot spots* puede ser atractiva para compensar las limitaciones de capacidad de 3G.

La integración permite la oportunidad de ofrecer cobertura con un buen soporte de telefonía de voz con conectividad de banda ancha en las coberturas de los *hot spots* donde la tecnología WiFi tome ventajas (en centros comerciales, oficinas, empresas, universidades). La adopción de esta estrategia puede ofrecer al proveedor la oportunidad de abrirse a nuevos mercados.

La integración de WiFi en las redes 3G incrementa la complejidad de los modelos de negocios y de servicios y serán requeridos mas ajustes dentro de las empresas móviles.

El progreso tecnológico favorece a las redes heterogéneas. Cada tecnología puede coexistir en una red al mismo tiempo. Acoplándose a esta heterogeneidad se pueden compartir los mismos beneficios en común en avances en elementos básicos, como técnicas de modulación, diseño de antenas, manejo de potencia, tecnología de baterías, procesamiento de señales etc.

Es razonable pensar que los servicios de cobertura global serán proporcionados por los operadores telefónicos. Las extensiones de la movilidad a nivel de WiFi es un elemento positivo para favorecer la demanda de 3G, ya que WiFi puede ser un catalizador para el desarrollo de 3G y viceversa.

Ambas tecnologías, en un principio, parecieran satisfacer requerimientos completamente diferentes de los usuarios, pero en ambos casos se trata de tecnologías inalámbricas de acceso a Internet y a otros servicios de comunicación. Hay que tomar en cuenta que al usuario final no le interesa realmente qué tecnología o red se utiliza para soportar su servicio, sino que el acceso inalámbrico sea rápido, transparente, en cualquier momento y en cualquier lugar, con un nivel de calidad adecuado a un precio accesible.

WiFi es para millones de las personas, su primera experiencia con banda ancha en la tecnología inalámbrica. Los proveedores de telefonía celular astutos aprenderán como volver a estos usuarios de WiFi en clientes celulares a través de paquetes de servicio y precios asequibles.

## **CAPÍTULO 5**

### **PROBABLES ESQUEMAS DE IMPLEMENTACIÓN EN MÉXICO**

Se ha realizado un estudio acerca de de las ventajas de la telefonía WiFi, donde se plantean puntos importantes que se deben de considerar para su implementación.

Esta tecnología debe de considerarse como una excelente opción para los países en desarrollo ya que es un servicio de banda ancha muy accesible. Cabe resaltar que debido a sus ventajas económicas, el despliegue de redes inalámbricas en zonas rurales es una de las mejores opciones para brindar conectividad a bajo costo donde existe carencia de servicios.

En México el despliegue de redes inalámbricas de forma comercial esta tomando fuerza, y se puede empezar a considerar a proveer de servicios de voz sobre estas redes. Hay algunos ejemplos de este tipo de servicio en otras localidades del mundo y se pueden tomar de ellos, los modelos de servicio y de negocio.

Actualmente los principales operadores de telefonía celular en México ya ofrecen servicios de conectividad inalámbrica mediante el despliegue de puntos de acceso en lugares estratégicos. Esto facilita el servicio de telefonía WiFi sobre su infraestructura, ya que además de contar con la experiencia del manejo de telefonía celular, podrían utilizar sus redes inalámbricas para servicios de voz.

Estos operadores, tienen planeado el despliegue de los servicios de 3G en México hasta el 2008 como fecha probable, por lo que el brindar servicios de banda ancha dentro de las redes inalámbricas puede servir como acercamiento a los usuarios a las aplicaciones multimedia de una manera accesible para prepararlos a los servicios de 3G cuando estos estén disponibles en México.

Pero lo que esta en primer plano es la legislación para las redes inalámbricas y de los servicios comerciales de VoIP. En febrero del 2006 se liberaron las bandas de las redes inalámbricas asignadas a WiFi y WiMAX, que no necesitan de una licitación para su uso, pero por otro lado la liberación de VoIP comercial ha tenido retrasos y no esta claro como es que se puede ofrecer este tipo de servicio sin caer en la ilegalidad. Los obstáculos de la legislación hacen difícil el camino a la competencia de servicios en este país además de retrasar el desarrollo de nuevas tecnologías.

Se debe de tener presente que los servicios de telefonía inalámbrica es la tecnología con mayor crecimiento en México y con la apertura a la competencia de varios operadores las tarifas de servicios cada vez son más bajas por la oferta y la demanda, por lo que con la implementación de telefonía sobre WiFi se pueden abaratar aún mas los costos y aumentar el número de usuarios de los servicios telefónicos inalámbricos.

## **5.1 Factibilidad de la implementación de la Telefonía WiFi en México**

Para proporcionar el panorama real de aplicación de la telefonía WiFi, se debe de revisar en primera instancia el estado de la legislación de los servicios inalámbricos y los servicios comerciales VoIP, ya que las legislaciones influyen en los servicios que se liberan y pueden disparar o disipar alguna tecnología. Se debe de tener presente que las fuerzas que rigen el avance de las telecomunicaciones son el mercado, la tecnología y la regulación.

### **5.1.1 Estado de la legislación de las bandas radioeléctricas de las Redes Inalámbricas y de la legislación de VoIP en México**

En febrero de 2006 se libero el uso de las redes inalámbricas para su uso comercial en la banda de frecuencias de 2.4GHz y de 5GHz para estos fines. La liberación fue por parte de la *COFERMER (Comisión Federal de Mejora Regulatoria)* a las bandas asignadas para la utilización de WiFi y WiMAX y remitió el dictamen final respecto de las políticas de uso de las bandas de frecuencia para el servicio de acceso inalámbrico de alta velocidad, de uso libre, que no requerirán de concesión.

La *Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT)* continua con los trámites necesarios para publicar en el *Diario Oficial de la Federación* el anteproyecto del acuerdo mediante el cual se liberan las frecuencias del espectro radioeléctrico en las bandas de 902 a 928 MHz; 2400 a 2483 MHz; 3600 a 3700 MHz; 5150 a 5250 MHz; 5250 a 5350 MHz; 5470 a 5725; y 5725 a 5850 MHz.

El estado de la legislación de las comunicaciones comerciales de VoIP, es de suma importancia. Sin embargo las aplicaciones de la voz sobre IP en las redes inalámbricas no tienen un futuro predecible en nuestro país.

Realizando una revisión a las legislaciones de la *COFETEL*, actualmente no hay ninguna legislación que hable profundamente acerca de VoIP en forma comercial, por que aun se deben de romper con los esquemas de los proveedores mayoritarios que aunque hay estado a pie de batalla del desarrollo de esta tecnología, aun hay pocos ejemplos de implementaciones comerciales.

La *COFETEL* a noviembre de 2004 en su informe acerca de VoIP <sup>1</sup> especifica que cualquier otra empresa que comercialice servicios de voz sin contar con concesión, independientemente de la tecnología que utilicen, incluido el protocolo IP como es el caso, está violando, entre otros ordenamientos, la *Ley Federal de Telecomunicaciones* que establece que los únicos que pueden ofrecer servicios de telefonía son los concesionarios de redes.

La *Ley Federal de Telecomunicaciones* también prevé sanciones económicas y de aseguramiento de los bienes y equipos, en beneficio de la Nación, propiedad de aquellas personas físicas o morales que presten servicios de Telecomunicaciones sin contar con la concesión correspondiente, otorgada por la *Secretaría de Comunicaciones y Transportes*.

A efecto de ejercer las facultades de inspección y verificación que le confiere la *Ley Federal de Telecomunicaciones*, la *COFETEL* ha atendido diversas denuncias en contra de prestadores del servicio de larga distancia a través del protocolo de Internet. Derivado de ello, personal de la Comisión ha realizado, hasta ahora, 13 visitas a empresas relacionadas con la prestación del servicio de telefonía sobre IP, en atención de 14 solicitudes presentadas por presuntas prácticas desleales, con el consecuente aseguramiento de los equipos y terminales que se utilizan para la comercialización de los servicios, práctica contraria a lo que establece la legislación actual, en perjuicio de los operadores de telefonía básica que se apegan a la ley.

Actualmente en México, se realizan diversos estudios, consultas o análisis de posicionamiento inicial respecto al tratamiento regulatorio que darán a Voz sobre IP. Algunos de estos estudios, concluyen que la llegada de servicios no regulados como el servicio VoIP tendrá como resultado un nuevo entorno que generará competidores adicionales y menores retornos para firmas de telecomunicaciones tradicionales.

---

<sup>1</sup> Fuente: COFETEL, Salma Jalife, Voz sobre IP y temas afines, Noviembre 2004.

---

---

VoIP en México se concibe como cambio radical de paradigmas regulatorios, económicos, de mercado, de calidad de servicio, tarifarios, etc. por lo que el análisis se torna complejo para su implementación.

### 5.1.2 Conectividad a Internet en México

Cada año se realiza un estudio por parte de la *Asociación Mexicana de Internet* que es de suma importancia para ver el tipo de usuarios y aplicaciones que consumen sobre esta tecnología. La liberación del informe del 2006 tiene importantes datos acerca de la utilización de Internet para realizar llamadas telefónicas. Algunos de los datos mas importantes en el reporte indican que el 32% del total los internautas realizan llamadas telefónicas por Internet, el 71% descargan o ven video por Internet, y el 23% de los que se conectan por cibercafes lo hacen todos los días <sup>2</sup>

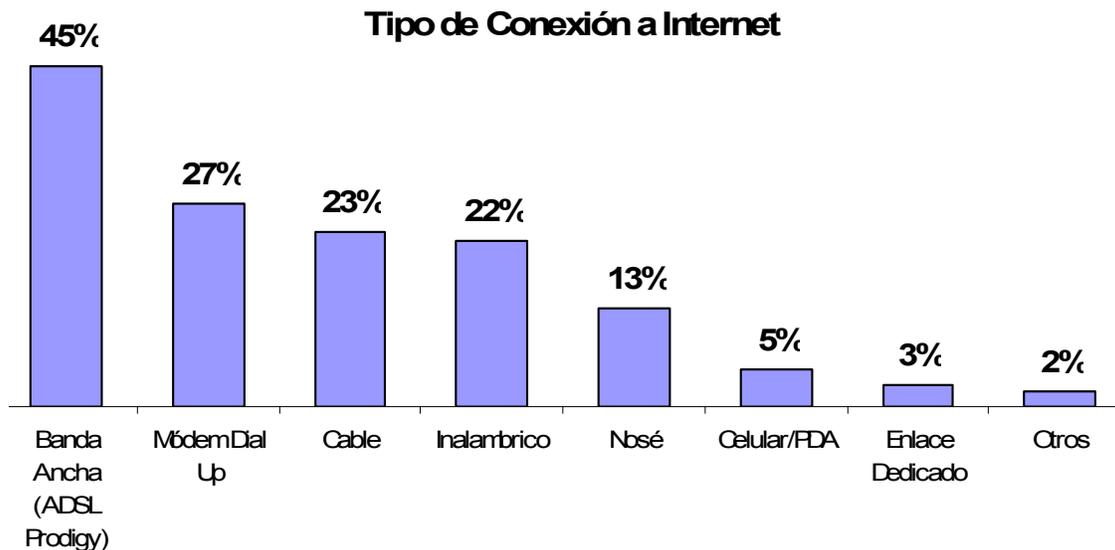


Figura 5.1 Tipo de conexión a Internet en México 2006 <sup>2</sup>

---

<sup>2</sup> Fuente: Sondeo AMIPCI, Hábitos de los usuarios de Internet en México, 2006

---

### Composición de Usuarios por Edad

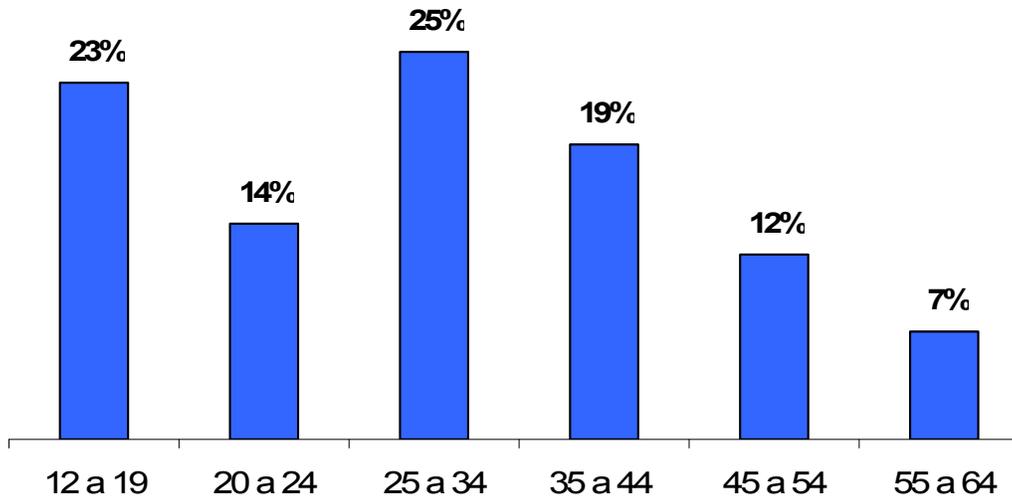


Figura 5.2 Composición usuarios de Internet por edad en México 2006 <sup>2</sup>

### Lugar de Acceso

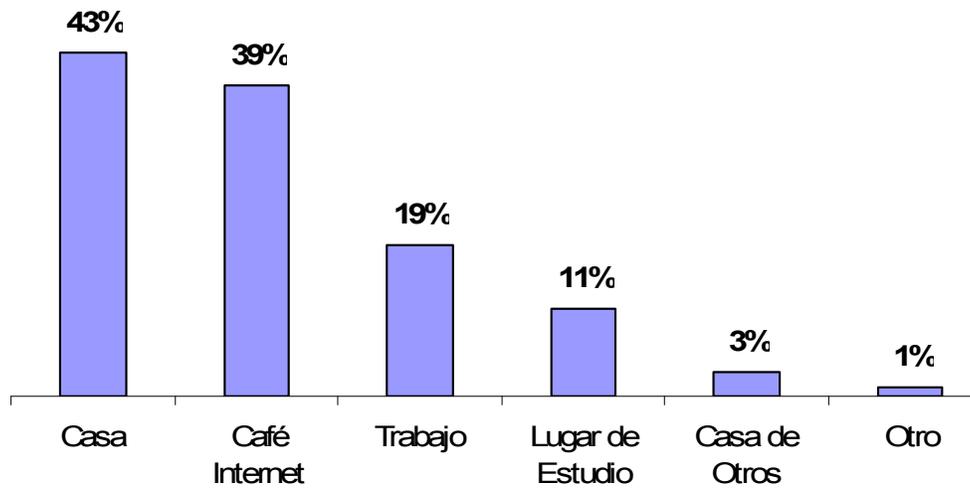


Figura 5.3 Lugar de acceso a Internet en México 2006 <sup>2</sup>

## 5.2 Apertura de mercado

### 5.2.1 Despliegue del servicio inalámbrico

Las redes inalámbricas desplegadas en lugares públicos con alta concentración de flujo urbano, han tenido un crecimiento mayor en los últimos años. Los principales proveedores de este servicio son los proveedores de servicio de Internet y de telefonía, como es el caso del servicio proporcionado por la empresa *Prodigy* que ofrece conectividad inalámbrica desde puntos estratégicos como lo son restaurantes, cafeterías, centros comerciales, librerías.

*Prodigy Inalámbrico* se ofrece como servicio de valor agregado para los usuarios de Internet, cuando se encuentren en ciertas zonas, *hot spots*, en donde se tiene la ventaja de este servicio. Algunos de estos establecimientos, pertenecen al mismo dueño del servicio de Internet, pero a su vez varios de estos *hot spots* están desplegados en otras zonas como lo son cafeterías, librerías etc.

Esta empresa ofrece un directorio de lugares donde se encuentra el servicio, además de que en el último año inició una alianza con la empresa mayoritaria de despliegues en *hot spots* en Estados Unidos, *Boingo Wireless*, aunque realmente el beneficio es para los usuarios de esta empresa, ya que se le ofrece el coste del servicio mediante la compra de tiempo de conexión por tarjeta de prepago sin necesidad de hacer ningún trámite adicional cuando se encuentran bajo al cobertura de un hot spot de *Prodigy Inalámbrico*.

### 5.2.2 Crecimiento de la telefonía móvil en México

Los servicios de comunicaciones móviles han sido el segmento de más rápido crecimiento de la industria de las telecomunicaciones de América latina.

Tiene una importancia primordial el comprender la dinámica de las condiciones del mercado móvil de manera de poder identificar las oportunidades disponibles, así como las tendencias del mercado.

Los operadores deben comenzar a reinventar su posición en el mercado para asegurar la retención de clientes y mayores ganancias. Los proveedores tendrán que abandonar su actual rol de proveedores de servicios meramente, para convertirse en “socios” al facilitar el lanzamiento de soluciones.

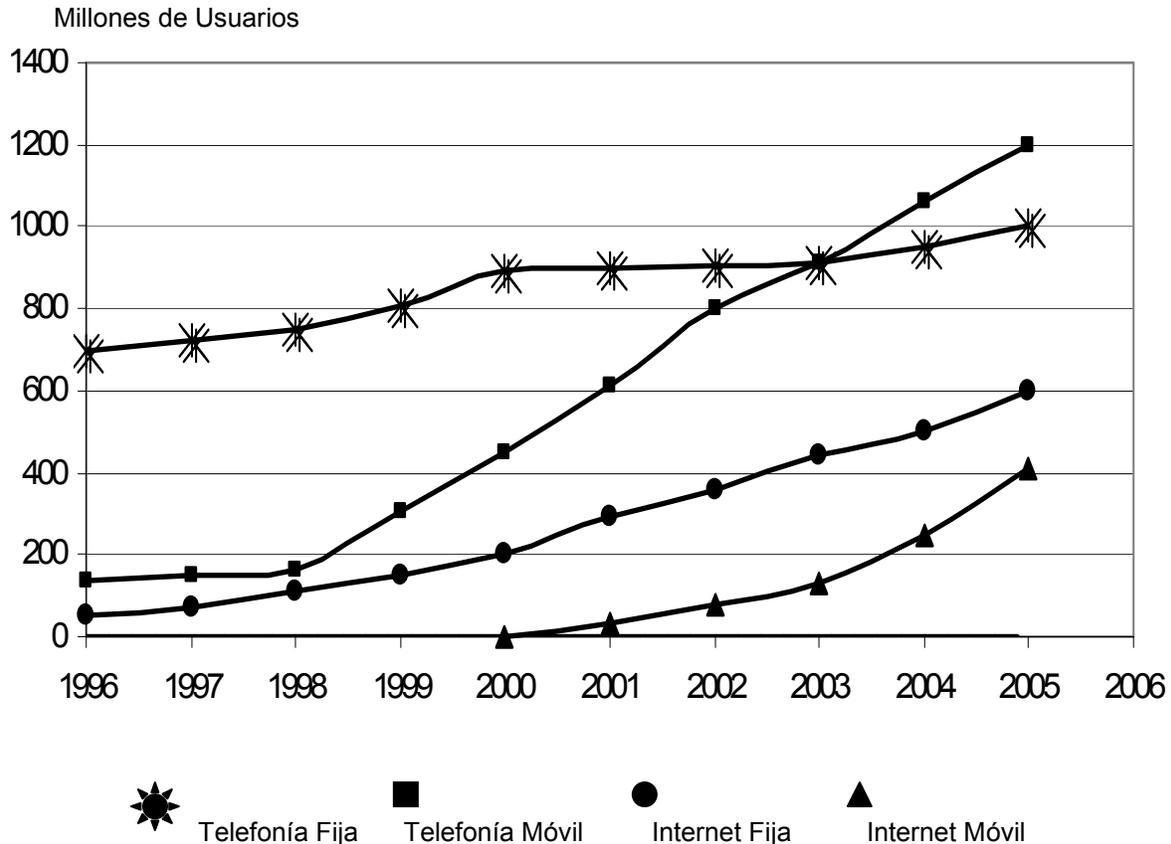


Figura 5.4 Crecimiento de suscriptores de servicios de telefonía e Internet móvil <sup>3</sup>

El crecimiento de la base de suscriptores en México y la mayor utilización de la comunicación de voz y datos por parte de los usuarios obligan a trabajar en el desarrollo de servicios de 3G en México.

Se deben de proporcionar servicios a la vanguardia de la tecnología mundial dada la importancia que las nuevas aplicaciones tendrán sobre el desempeño y eficiencia de la economía de nuestro país.

En México, la experiencia muestra que, además de la demanda latente por las tecnologías inalámbricas, existe también la voluntad de abastecer a estos mercados.

La historia de una directa relación de los operadores de telecomunicaciones existentes con los gobiernos de los países ha impuesto barreras significativas a la libre competencia y a la entrada en el mercado.

<sup>3</sup> Fuente: Ericsson

La adopción de el que llama paga no sólo facilitó el aumento en la penetración de la telefonía móvil, sino que además benefició a los proveedores de servicios móviles al garantizarles una nueva fuente de ingresos

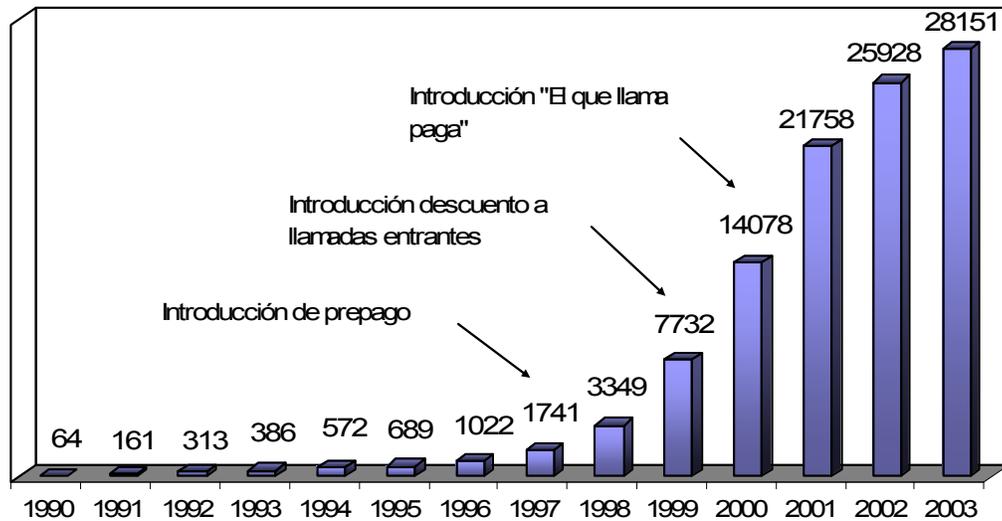


Figura 5.5 Crecimiento en telefonía móvil en México<sup>4</sup>

Esto presentó una baja en las tarifas de telefonía móvil que se pueden percibir en el siguiente gráfico.

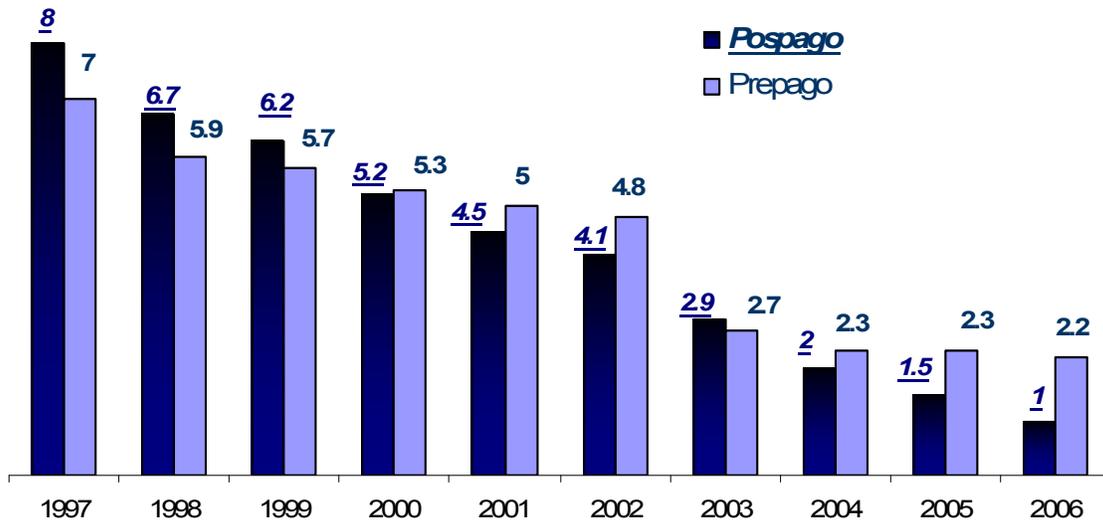


Figura 5.6 Tarifas de servicio de Telefonía Móvil de Pospago y Prepago en México<sup>3</sup>

<sup>4</sup> Fuente: Dirección General de Tarifas e Integración Estadística, COFETEL

La *COFETEL* ha publicado datos del número de usuarios por cada 100 habitantes desde 1989 hasta el 2005, donde con la liberación de la modalidad de “*El que llama paga*” se ha tenido un crecimiento significativo en este nivel de usuarios.

Realizando un modelo de los datos recabados y proyectando el número de usuarios hasta el 2008 <sup>5</sup> se presentan los datos mostrados en la figura 5.7

Se aprecia que la penetración de la telefonía celular en México es la tecnología mas desarrollada y se debe de aprovechar ese nivel de usuarios para desarrollar tecnologías que permiten mayores aplicaciones, velocidad y accesibilidad en tarifas de servicios, donde la Telefonía WiFi significa una alternativa importante.

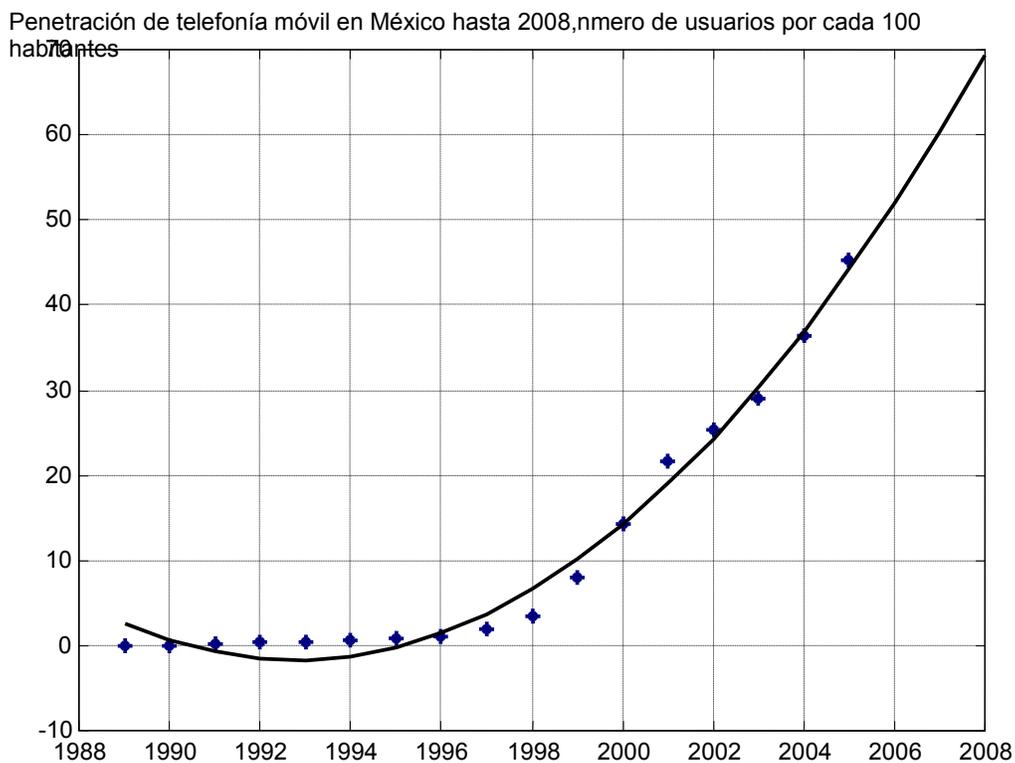


Figura 5.7 Penetración de la telefonía móvil en México hasta 2008

---

<sup>5</sup> Ver Apéndice A

### 5.3 Pruebas de voz sobre redes inalámbricas

Las pruebas que actualmente se están realizando para brindar los servicios de voz sobre las grandes redes inalámbricas desplegadas dan un panorama del interés que esta teniendo varios sectores por esta tecnología.

Obviamente por la legislación sobre VoIP, las empresas no divulgan abiertamente con todo detalle acerca de las pruebas que se realizan sobre sus redes y el análisis de los resultados se mueve internamente en las corporaciones, pero mediante comunicados de prensa y en sus mismas páginas y fundaciones de investigación, como la *Fundación Telefónica de Movistar*, se habla acerca del interés y pruebas preliminares del servicio. Dos de estas empresas en México son *Telcel*, la cual se encuentra analizando la factibilidad de implementación y por otro lado está *Telefónica Móviles (Movistar)* que cuenta con más información debido a su presencia en España, país donde el servicio de telefonía WiFi ya ha sido liberado.

Por otro lado y no menos importante las pruebas en el ámbito académico se muestran mas dispuestos a divulgar la información de sus resultados.

En el 2005, la *Universidad Nacional Autónoma de México*, inicio con un gran proyecto, el dotar a una gran parte de la comunidad universitaria de acceso inalámbrico., mediante la *Red Inalámbrica Universitaria (RIU)* es la red que permite la navegación por Internet con el uso de dispositivos móviles a través de la Ciudad Universitaria.

La *RIU* tiene por objetivo proveer acceso a la Internet y sus aplicaciones a través del campus universitario como complemento a la *RedUNAM* permitiendo movilidad y mayor flexibilidad a sus usuarios.

Tiene cobertura en facultades, bibliotecas, auditorios, jardines, aulas. Y está basada en los estándares 802.11a/b/g,802.1Q, 802.3.

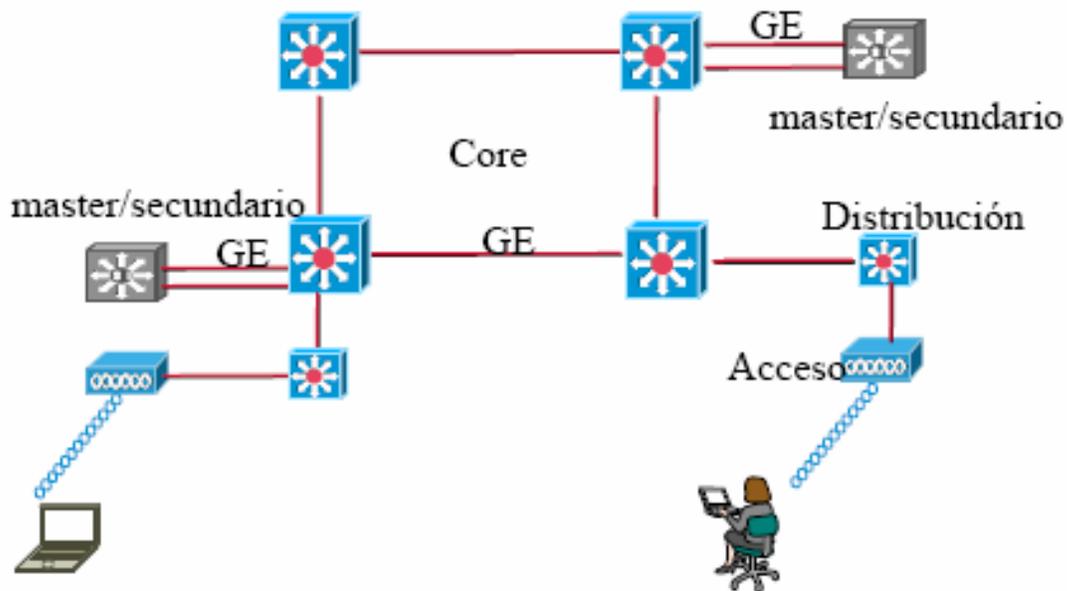


Figura 5.8 Topología de la red RIU.

Esta red permite controlar todos los puntos de acceso por medio de un dispositivo central, y utiliza asignación de perfiles.

Permite aplicaciones Web de correo electrónico, voz, video y QoS.

Dadas las dimensiones de ciudad universitaria se disponen de varios puntos de acceso para dar servicio a usuarios que son alumnos o investigadores de la dependencia. Este servicio no tiene ningún costo.

Por su parte el departamento encargado de la red en la *Dirección General de Servicios de Cómputo Académico (DGSCA)*, ha realizado pruebas de voz dentro de la red inalámbrica, aunque con dispositivos puramente basados en el protocolo IP, ya que por el momento no cuentan con dispositivos inalámbricos que se comuniquen entre las redes GSM y WiFi. Las pruebas que actualmente se encuentran en realización, son mediante H.323 y SIP.<sup>6</sup>

---

<sup>6</sup> Agradecimiento de la información al personal de DGSCA del departamento de Redes, especialmente al Ing. Alejandro Rentería Espinosa.

# CONCLUSIONES

La telefonía sobre WiFi es una opción que resuelve el uso eficiente de la infraestructura de comunicación y da la oportunidad de ofrecer nuevas aplicaciones en beneficio de los usuarios, ya que presenta:

- ✓ Utilización eficaz el espectro radioeléctrico.
- ✓ Gestión del ancho de banda.
- ✓ Conmutación de paquetes que libera los canales físicos de los enlaces de voz.
- ✓ Servicios basados en calidad de servicio.
- ✓ Componentes multimedia soportados a lo largo del sistema.
- ✓ Abatimiento de costos de transporte de información.
- ✓ Bajo costo en terminales y en servicios.
- ✓ Conexión con otras redes de datos.
- ✓ Rango de nuevos servicios y facilidades.
- ✓ Convergencia de comunicaciones móviles de voz y datos.

WiFi es una de las tecnologías de comunicación mas extendidas. Debido a que las redes inalámbricas proporcionan conectividad y acceso en el espectro no licenciado, que implica ahorro en los costos de licencia del espectro, facilidad de implementación, conectividad de manera inmediata y puesta en funcionamiento a bajo costo.

El crecimiento de las redes inalámbricas en conjunto con la aplicación de VoIP hace posible la existencia de la telefonía sobre WiFi.

La telefonía móvil sobre WiFi es un proyecto donde intervienen dos tecnologías inalámbricas de convergencia de voz y datos. Estas dos tecnologías son las redes inalámbricas y las redes de telefonía celular.

El despliegue de manera independiente de estas dos tecnologías se ha visto afectado por diversos factores que interfieren en su desarrollo comercial.

El caso de las redes de telefonía celular, el proceso de despliegue de las tecnologías 3G tuvo un retraso considerable en las implementaciones a nivel mundial que repercutió considerablemente en las expectativas de realización de los servicios de 3G. Algunas de las limitaciones en el progreso de los servicios fueron los altos precios de la inversión del espectro, mantenimiento y despliegue de las redes.

Por otro lado la larga base instalada de WiFi debido al bajo costo de los dispositivos y la simplicidad de implementación, permitió el aprendizaje y corrección entre la comunidad de vendedores y usuarios finales.

La gran ventaja de las redes WiFi es el precio, ya que los proveedores pueden utilizar las redes existentes y necesitan un mínimo de infraestructura.

Las empresas, las instituciones y los usuarios finales con características geográficas especiales, donde existe un gran flujo urbano, es un mercado muy propicio para WiFi, ya que el éxito de WiFi para las comunicaciones inalámbricas es que es un buen competidor en el acceso de las áreas locales.

Las redes inalámbricas se han tomado como una opción de servicios complementarios para los operadores de redes de telefonía móvil, con la integración de WiFi y las redes celulares en lugares estratégicos.

En áreas donde existe cobertura de redes GSM y WiFi el operador puede tener la flexibilidad de rutear el tráfico de alto consumo de ancho de banda sobre la red WiFi liberando la red GSM.

En la elección de la telefonía móvil sobre WiFi y sobre las redes celulares queda claro que están lejos de reemplazarse la una a la otra. El beneficio está en la integración de servicios.

WiFi y 3G coexistirán ya que son complementarias dentro de un ecosistema inalámbrico organizado. WiFi puede integrarse fácilmente a las redes celulares y en conjunción pueden resolver la continuidad de datos, ya que los servicios de los usuarios finales deben de ser independientes de la tecnología de acceso por radio.

El candidato ideal para adoptar esta estrategia es el proveedor de servicio de telefonía móvil, debido a la asimetría de costos de entrada y por la experiencia que tiene en el mercado.

Además de que los servicios multimedia que se pueden brindar sobre la tecnología WiFi pueden servir como catalizador de los servicios 3G y viceversa.

Cada tecnología tiene ventajas sobre la otra y en este caso ambas tecnologías pueden permitir ofrecer alta calidad de servicios que en sus condiciones separadas.

El proveedor que conjunte estas dos opciones de acceso inalámbrico se abrirá a nuevos mercados y puede ofrecer una gama más grande y más valiosa de servicios.

Debido a sus ventajas económicas y facilidad de implementación, la telefonía sobre WiFi y en general la conectividad de banda ancha sobre redes inalámbricas es una excelente opción para países en desarrollo como México.

Aunque es en estos países donde se presentan problemas secundarios como lo es la legislación que llega a hacer difícil en algunos casos el camino de la competencia y retrasa el desarrollo de nuevas tecnologías, ya que se debe de tener presente que las fuerzas que rigen el avance de las telecomunicaciones son el mercado, la tecnología y la regulación.

## APÉNDICE A

Este programa permite obtener una predicción del número de usuarios de telefonía celular en México a partir de los recabados en el periodo de 1989 a 2005, mediante el cálculo del polinomio de segundo grado con mínimos cuadrados y la evaluación de este hasta el año 2008.

```
function tendencias

X=[1989:2005];
Y=[0.01,0.08,0.19,0.37,0.45,0.62,0.75,1.1,1.84,3.48,7.96,14.19,21.
61,25.39,29.06,36.31,45.35]; % Datos recabados por la COFETEL del
                               % número de usuarios de telefonía
                               % celular por cada 100 habitantes de
                               % 1989 a 2005

figure(1)
plot(X,Y,'*'),title('Penetración de telefonía móvil en México
hasta 2008,número de usuarios por cada 100 habitantes')
[P,S]=polyfit(X,Y,2); % Cálculo del polinomio de segundo grado
                     % mediante el método de mínimos cuadrados
                     % para la relación de los datos de año y
                     % número de usuarios

X=[1989:2008];
E=polyval(P,X); % Evaluación del polinomio de la predicción
               % de crecimiento de usuarios hasta el 2008

hold on
plot(X,E,'m')
grid on
```

# ACRÓNIMOS

3GPP	3G Partnership Project
3GPP-2	3G Partnership Project Number 2
AAA	Authentication, Authorizing, Accounting/ Autenticación, Autorización y Contabilidad
AuC	Centro de Autenticación de Abonados /Authentication Centre
AP	Puntos de Acceso / Access Point
BSC	Controlador de la Estación Base/Base Station Controller
BSS	Subsistema de Estación Base/Base Station Subsystem
BSSAP	Aplicación del Sistema de la Estación Base/ Base Station System Application Part
BSSGP	Protocolo GPRS de la Estación Base/BSS GPRS Protocol
BTS	Estación Base /Base Transceiver Station
BTSM	Gestión de la Estación Base/ Base Transceiver Station Management
CCA	Estimación de Desocupación de Canales/ Clear Channel Assessment
CEPT	Conferencia Europea de Administraciones de Correos y Telecomunicaciones /Conférence Européenne des administrations des Portes el Télécommunications
CM	Gestión de Comunicación/Communication Management
CNG	Generación de ruido /Confort Noise Generation
COFERMER	Comisión Federal de Mejora Regulatoria
COFETEL	Comisión Federal de Telecomunicaciones
CSPDN	Red Pública de Conmutación de Circuitos/ Circuit Switched Public Data Network
DGSCA	Dirección General de Servicios de Cómputo Académico
DSSS	Secuencia Directa de Espectro Disperso/ Direct Sequence Spread Spectrum
DTAP	Aplicación de Transferencia Directa/Direct Transfer Application Part
DTBS	Servicios Sensibles al Tiempo/Distributed Time Bounded Services
E2E IP	IP Punto a Punto/End to End IP
EDCF	Función de Coordinación Distribuida Reforzada/ Enhanced Distributed Coordination Function
EDGE	Enhanced Data for GSM Evolution
EIR	Registro de Identidad de Equipo/Equipment Identity Register
ETSI	European Telecommunication Standards Institute
FA	Agente Externo /Foreign Agent

FHSS	Espectro Disperso de Salto en Frecuencia/ Frequency Hopping Spread Spectrum
GERAN	Red de Acceso Terrestre GSM/EDGE GSM/EDGE Radio Access Network
GFSK	Modulación de Frecuencia Gaussiana/ Gaussian Frequency Shift Keying
GGSN	Nodo Gateway de Soporte GPRS/Gateway GPRS Support Node
GMM	Gestor de Movilidad GPRS/GPRS Mobility Management
GPRS	General Packet Radio Service
GSM	Global System for Mobile Communications.
GSN	Nodo de Soporte GPRS/GPRS Support Node
GTP	Protocolo de Tunelización GPRS/GPRS Tunnel Protocol
HA	Agente Local/Home Agent
HCF	Función de Coordinación Híbrida/ Hybrid Coordination Function
HLR	Registro de Abonados Locales/Home Location Register
HSDPA	High Speed Downlink Packet Access/ Acceso a Paquetes a Alta Velocidad en el Downlink
ICV	Integrity Check Value
IEEE	Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos/ Institute of Electrical and Electronics Engineers
IETF	Grupo de Trabajo en Ingeniería de Internet/ Internet Engineering Task Force
IMEI	Identidad Internacional del Equipo Móvil/ International Mobile Equipment Identity
IMSI	Identidad Internacional de Suscriptor Móvil/ International Mobile Subscriber Identity
IMT-2000	Internacional Mobile Telephony 2000
IP	Protocolo de Internet/Internet Protocol
ISDN	Red Digital de Servicios Integrados/ Integrated Services Digital Network
ITU-T	Unión Internacional de Telecomunicaciones/ International Telecommunication Union
LAPD	Protocolo de Enlace de Acceso para el canal D de ISDN/ Link Access Protocol for the ISDN D-channel
LLC	Control de Enlace Lógico/Logical Link Control
MAC	Control de Acceso al Medio/Media Access Control
MCU	Unidades de Control Multipunto/Multipoint Control Unit
MIP	IP móvil/Mobile IP
MM	Gestión de Movilidad/Mobility Management

---

---



---

MS	Estación Móvil/Mobile Station
MSC	Centro de Conmutación Móvil/Mobile Switching Centre
MTP	Transporte de Mensaje/Message Transport Part
NSS	Subsistema de Red/Network Subsystem
OFDM	Multiplexación Ortogonal por División de Frecuencia/ Orthogonal Frequency Division Multiplexing
PACCH	Canal de Paquetes de Control Asociado/ Packet Associated Control Channel
PAGCH	Canal de Paquetes de Admisión de Acceso/ Packet Access Grant Channel
PBCCH	Canal de control de paquetes de Broadcast/ Packet Broadcast Control Channel
PCCCH	Canal de paquetes de control común/ Control Packet Common Control Channel
PCU	Paquetes de Control/Packet Control Unit
PDCH	Canal de Paquetes de Datos/Packet Data Channel
PDM	Capa Dependiente del medio físico/Physical Media Dependent
PDN	Red de Conmutación de Paquetes/Packet Data Network
PDTCH	Canal de Paquetes de Transferencia de Datos
PDU	Unidad de Datos de Protocolo/Protocol Data Unit
PLCP	Protocolo de Convergencia de la Capa Física/ Physical Layer Convergent Protocol
PLMN	Red Pública Móvil/Public Land Mobile Network
PNCH	Canal de Paquetes de Notificación/Packet Notification Channel
PPCH	Canal de Paquetes de Paginación/ Packet Paging Channel
PRACH	Canal de paquetes de Acceso Aleatorio/ Packet Random Access Channel
PSPDN	Red Pública de Conmutación de Paquetes/ Packet Switched Public Data Network
PSTN	Red Telefónica Pública Conmutada/ Public Switched Telephone Network
PTCH	Canal de Paquetes de Tráfico/Packet Traffic Channel Packet Data Transfer Channel
PTM-M	Punto-Multipunto-Multicast
QoS	Calidad de servicio/Quality of Service
RAU	Actualización de Acceso por Radio/Radio Access Update
RAN	Red de Acceso Terrestre/ Radio Access Network
RAS	Registro, Admisión y Estado/ Register, Administration, State

---



---

RIU	Red Inalámbrica Universitaria
RLC	Control de Enlace por Radio/Radio Link Control
RR	Gestión de Recursos de Radio/Radio Resource Management
RTCP	Protocolo de Control de Transporte en Tiempo Real/ Real Time Transport Control Protocol
RTP	Protocolo de Transporte en Tiempo Real/ Real Time Transport Protocol
SCCP	Control de Señalización de Conexión/ Signalling Connection Control Part
SCT	Secretaría de Comunicaciones y Transportes
SDP	Protocolo de Descripción de Sesión/Session Description Protocol
SGSN	Nodo de Soporte de Servicio GPRS/Service GPRS Support Node
SIM	Módulo de Identidad de Suscriptor/Subscriber Identity Module
SIP	Protocolo de Control de Sesión/Session Control Protocol
SMS	Servicio de Mensajería Corta/Short Message Service
SNDCP	Subnetwork Dependent Convergent Protocol
SS7	Sistema de Señalización 7/Signaling System 7
SSID	Servicio de Identificación/Service Set Identification
TCH	Canal de Tráfico/Traffic Channel
TCP	Protocolo de Control de Transmisión/Transmission Control Protocol
TIC	Tecnologías de la Información y la Comunicación
UDP	Protocolo de Datos de Usuario/User Data Protocol
UMTS	Universal Mobile Telecommunication System
URI	Recurso Uniforme de Identificación/Uniform Resource Identifiers
UTRAN	UMTS Terrestrial Access Network
VAD	Detección de Actividad de Voz/Voice Activity detection
VLR	Registro de Localización de Visitantes/Visitor Location Register
VoIP	Voz sobre el Protocolo de Internet/Voice over IP
WAF	Función de Adaptación WLAN/WLAN Adaptative Function
WCDMA	Wideband Code Division Multiple Access
WEP	Equivalente de Privacía Alámbrica/Wired Equivalent Privacy
WiFi	Fidelidad Inalámbrica/Wireless Fidelity
WIG	Grupo de Interacción Inalámbrica/Wireless Interworking Group
WLAN	Red de Area Lócal Inalámbrica/Wireless Local Area Network
WMM	WiFi Multimedia
WPA	Acceso Protegido WiFi/WiFi Protected Access

## REFERENCIAS

- [1] Daoun Yacoub Michel. *Wireless Technology .Protocols Standard and Techniques* .CRC Press.2002.
- [2] Déchaux, Scheller. *What are GSM and DCS*. Electrical Communication.1993
- [3] Heikki, Ahtiainen, Laitinen, Naghian, Niemi. *UMTS Networks, Architecture, Mobility and Service* .Wiley & Sons.2001
- [4] Muratore Flavio. *UMTS Mobile Communications for the Future*. Wiley&Sons.2001
- [5] Tisal Joachim. *La red GSM. Evolución GPRS: Una etapa hacia el UTMS*. Paraninfo.1999.
- [6] Hersent, Petit ,Gurle. *IP Telephony: Deploying Voice over IP Protocols* . Wiley&Sons. 2005
- [7] Tan Teik Kheong, Bing Benny. *World Wide WiFi: Technologic Trends and Bussines Strategies*.Wiley Interscience.2003.
- [8] Rodrigo Castro. *Avanzando en la seguridad de las redes WIFI*. Boletín de RedIRIS, nº 73, septiembre 2005.  
<http://www.rediris.es/rediris/boletin/73/enfoque1.pdf>
- [9] Álvarez Marañón Gonzalo, Pérez García Pedro Pablo. *Seguridad en redes inalámbricas WiFi*. CSIC.  
<http://www.iec.csic.es/gonzalo/descargas/SeguridadWiFi.pdf>
- [10] Henry Paul.*WiFi:What's next?*.IEEE Communications Maganize. Diciembre 2002. p 66-72.  
<http://ieeexplore.ieee.org/iel5/24323/01106162.pdf>
- [11] Jon Olov Vatn. *A roaming architecture for IP based mobile telephony in WLAN environments*. Department of Microelectronics and Information Technology Royal Institute of Technology.2003.  
<http://www.it.kth.se/~vatn/research/roam-arch.pdf>
- [12] Dongyun Zhou. *Roaming: A Bridge To Connect WLAN and 3G*. Bechtel Telecommunications Technical Journal.Diciembre 2002, p76-79.  
[http://www.bechteltelecoms.com/docs/bttj\\_v1/Article12.pdf](http://www.bechteltelecoms.com/docs/bttj_v1/Article12.pdf)
- [13] Brown Geri Mitchell. *WiFi Telephony, Wireless Voice over IP Presents New Opportunities, Challenges*. SpectraLink Corporation. 2003.  
<http://www.spectralink.com/files/literature/WP-Wi-Fi-TelephonyWECA.pdf>
- [14] AVAYA. *Preparing the WLAN for Voice*. Avaya Inc. 2005  
<http://www.avaya.com/master-usa/en-us/resource/assets/whitepapers/ef-lb2731.pdf>
- [15] Gunasekaran ,Harmantzis. *Towards a WiFi Ecosystem.Technology Integration and Emerging Service Models*. Stevens Institute of Technology.2005
- [16] Calvagna, Morabito,Pappalardo.*WiFi mobility framework supporting GPRS roaming: Design and Implementation*. IEEE.2003.  
<http://ieeexplore.ieee.org/iel5/8564/27113/01204153.pdf>
- [17] Salkintzis, A.K., C. Fors, R. Pazhyannur, *WLAN – GPRS Integration For Next-Generation Mobile Data Networks*, IEEE Wireless Communications 2002, p.112-124  
<http://ieeexplore.ieee.org/iel5/7742/22372/01043861.pdf>

- [18] In-Stat.Public *WLAN/Hotspots Adoption in the business Enviromnet*.2004  
<http://www.instat.com/E-Deliv/WI/2004/IN0401145WI.htm>
- [19] Forward Concepts. *Wi-Fi Hotspot Land Grab* 2003.  
<http://www.fwdconcepts.com/press45.htm>
- [20] Informa Telecom. & Media. *Word Cellular Information Service & 3G Americas Global UMTS and HSDPA Operador Status*. 28 de agosto 2006.
- [21] Ortiz Sixto. *Internet Telephony Jumps off the wires*. p 16-19. IEEE Computer Society. Diciembre 2004.
- [22] Pyramid Research. *The new Wireless Road Warrior: How Business Travelers Are Shaking Up the Telecoms Industry – from WiFi to 3G*. Abril 2004
- [23] Lehr, McKnight .*Wireless Internet Access: 3G vs. WiFi*. MIT&Tufts. Agosto 2002.
- [24] Fundación Auna. Análisis y Prospectiva. *El futuro del acceso a Internet: ¿3G o WiFi?*. Enero 2003.
- [25] Telcos IT. *WiMAX vs.3G, la pelea por la banda ancha móvil*. Agosto 2006

<http://www.peoplecall.com>  
<http://skypezones.boingo.com>  
<http://www.spectralink.com>  
<http://www.jiwire.com>  
<http://hotspot.t-mobile.com/>  
<http://3gamericas.org>  
<http://3gpp.org>  
<http://3gpp2.org>  
<http://umtsforum.org>  
<http://www.etsi.org>  
<http://www.iec.org>  
<http://www.itu.int>  
<http://www.protocols.com>  
<http://www.radvision.com>  
<http://www.voipforo.com>  
<http://www.wi-fi.org>