

**ESCUELA POLITENICA DEL EJERCITO**

**FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRONICA**

**PROYECTO DE GRADO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO EN  
INGENIERÍA ELECTRÓNICA – ESPECIALIDAD  
TELECOMUNICACIONES**

**“ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL  
SERVICIO PUSH OVER CELLULAR (PoC) EN LA RED CELULAR  
CDMA 1x RTT DE ALEGRO PCS”**

**ESTEBAN MAURICIO GARCIA ELJURI**

**SANGOLQUÍ – OCTUBRE 2005**

## **CERTIFICACIÓN**

Certificamos que el presente Proyecto de Grado fue realizado en su totalidad por el señor Esteban Mauricio García Eljuri, bajo nuestra dirección.

---

**Ing. MSc. Fabián Sáenz**  
**DIRECTOR**

---

**Ing. Darío Duque**  
**CODIRECTOR**

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios, por la oportunidad de vida que me ha brindado y el amparo espiritual que me ha acompañado siempre.

A mis Padres Washington y Myriam, por el amor incondicional, la confianza, el apoyo y la formación responsable que supieron impartirme siempre con valores de superación y gratitud.

A mis Hermanos Paulina y Washington, quienes me han apoyado en cada momento de mi vida con su experiencia y amor.

A Alexandra Jaramillo, como gratitud al complemento que me ha brindado personalmente a través de su amor y compañía.

A todos los profesores y personal administrativo de la facultad de Ingeniería Electrónica, quienes me supieron guiar a lo largo de la carrera.

Al todos los integrantes del Área Técnica de ALEGRO PCS quienes me acogieron en su trabajo y me ayudaron no sólo con su amistad sino con sus conocimientos sin ningún tipo de interés.

A mis amigos y compañeros que siempre me apoyaron y de los cuales he aprendido varias cosas.

En general a todas las personas que depositaron su confianza en mi, **MUCHAS GRACIAS.**

*Esteban Mauricio.*

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo a mi Familia; a mis Padres que siempre me han brindado todo lo que necesité y estuvieron presentes en todos los momentos de mi vida. Su amor y apoyo incondicional han sido la clave de todos mis logros y su formación me ha preparado para enfrentar la vida de mejor manera; a mis Hermanos porque siempre me han ayudado y han sido un ejemplo para mí. Su generosidad ha sembrado en mi una gratitud y cariño inmenso, y a María Tuglema quien supo cuidar de mi desde mis primeros días de vida.

Dedico también este trabajo a Alexandra Jaramillo quien me ayudó con su amor, respeto y comprensión y ha sido inspiración de varios logros. Su carisma y forma de ser me ha alegrado aún más la vida.

Dedico este trabajo en general a todas las personas que me colaboraron directa e indirectamente en el desarrollo y culminación de este proyecto. Con su valiosa ayuda he mejorado mi visión de la vida no solo en es aspecto técnico sino en el personal.

## PROLOGO

La tecnología de las telecomunicaciones ha ido desarrollándose día a día debido a la gran necesidad de este servicio. Se han diseñado e implementado tecnologías de comunicaciones como son los equipos de radio y los celulares. El trunking es el principal ejemplo de los equipos de radio actuales, en el cual se establece una comunicación con una persona o grupo de personas. La integración de los empleados de muchas industrias en el país se realiza a través de trunking. De esta manera los usuarios tienen que portar equipos grandes para el trabajo, y para su comunicación privada un equipo celular adicional. Actualmente se invierte en una gran cantidad de equipos para la comunicación y la limitación de los mismos los hace explícitos para una sola tarea. El sistema de Trunking no permite tener varios servicios en un terminal, limitando las capacidades de comunicación. No existe una convergencia de servicios, así que la portabilidad de la comunicación es limitada y en muchos casos restringida a un servicio únicamente.

En el sistema celular existen dos tendencias principalmente: el CDMA y el GSM. Estas dos tendencias están en condiciones de brindar un servicio parecido al de trunking sobre su red, con la implementación de PoC (Push Over Cellular), emulando así el servicio de Push to Talk (PTT) en el terminal celular.

La red celular CDMA de AlegroPCS, con la implementación de PoC, será una gran opción de comunicaciones debido a la integración de servicios en un solo terminal. Los sistemas de trunking actuales no tienen la capacidad de ofrecer el sistema de mensajes escritos y multimedia, limitándose solo a comunicaciones por voz. El servicio PoC ofrece básicamente terminales con un mayor número de aplicaciones en el cual convergen varios servicios como por ejemplo mensajes escritos, mensajes multimedia, navegación en el Internet, servicios de datos y el servicio de voz.

Este es un servicio de valor agregado novedoso y actual que mejora el sistema de trunking actual debido a la mayor cantidad de servicios ofrecidos. La importancia de mejorar las comunicaciones se basa en la reducción del tamaño de los equipos y el aumento de las capacidades de los mismos, así se consigue tener una convergencia de servicios y la portabilidad de la comunicación en varios servicios se vuelve más eficiente y satisfactoria.

El futuro trae consigo la simplificación de las arquitecturas de redes móviles y el ejemplo claro de esta realidad son las redes All-IP en las cuales los servicios trabajan bajo IP. De esta manera pueden converger una gran cantidad de servicios utilizando un estandar de gran conocimiento y las comunicaciones tienden a ser menos cotosas y con mayores facilidades para los usuarios. Se pueden tener teléfonos celulares en lo cuales se pueda navegar en Internet, ingresar a una sala de chat, realizar videoconferencias, consultar el estado del clima, revisar el correo electrónico, recibir información de GPS para localización, enviar archivos de texto o imágenes y los mas importante una calidad de servicio adecuada para todos estos servicios. Además con la convergencia de servicios IP la información tomaría un rumbo mundial y se podría tener acceso a una portabilidad del funcionamiento del terminal en cualquier parte del mundo, es decir, poder acceder a información y a la gama de servicios donde se encuentre la persona.

## INDICE

<b>Contenido</b>	<b>Pág.</b>
<b>CAPITULO 1</b> .....	<b>1</b>
<b>INTRODUCCION</b> .....	<b>1</b>
1.1 DESARROLLO DE LAS TELECOMUNICACIONES .....	1
1.2 RADIOFRECUENCIA Y LONGITUDES DE ONDA .....	3
1.3 SISTEMAS DE COMUNICACIÓN POR RADIOFRECUENCIA .....	5
1.3.1 Breve Reseña Histórica .....	5
1.3.2 Servicio Troncalizado.....	7
1.3.2.1 Generalidades. ....	7
1.3.2.2 Tipos de radio. ....	9
1.3.2.3 Elementos del sistema Troncalizado. ....	10
1.3.2.4 Funcionamiento del Servicio Troncalizado.....	12
1.3.2.5 Arquitectura del sistema Troncalizado.....	13
1.3.2.6 Ejemplos de Troncalizado. ....	14
1.3.2.7 Servicios del Sistema Troncalizado. ....	17
1.4 DESCRIPCIÓN Y SERVICIOS DEL POC.....	18
1.5 COMPARACIÓN ENTRE POC Y TRONCALIZADO.....	18
<b>CAPITULO 2</b> .....	<b>22</b>
<b>CDMA 2000</b> .....	<b>22</b>
2.1 INTRODUCCION.....	22
2.2 EVOLUCION DE LA TELEFONÍA CELULAR.....	22
2.3 TECNOLOGIAS DE ACCESO MULTIPLE .....	30
2.3.1 Espectro Ensanchado (Spread Spectrum).....	32
2.3.1.1 SS Secuencia Directa (Direct Sequence DS). ....	33
2.3.1.2 SS Salto de Frecuencia (Frequency Hopping FH). ....	33
2.3.1.3 SS Salto de Tiempo (Time-Hopped TH).....	34
2.3.2 Modos de Operación en Comunicaciones Inalámbricas .....	35
2.4 CDMA2000 1X .....	36

2.4.1 Evolución de CDMA.....	36
2.4.2 Características generales de CDMA2000.....	39
2.4.2.1 Control del nivel de potencia.....	41
2.4.2.2 Resistencia a multitrayectorias.....	42
2.4.2.3 Ancho de banda en demanda.....	42
2.4.2.4 Handoff.....	42
2.4.2.5 Compatibilidad de terminales anteriores.....	45
2.4.3 Características de RF de CDMA.....	45
2.4.3.1 Códigos Walsh.....	45
2.4.3.2 Códigos PN.....	49
2.5 ARQUITECTURA DE CDMA2000.....	49
2.5.1 Capa Superior.....	50
2.5.2 Capa de Enlace.....	51
2.5.2.1 PLICF.....	51
2.5.2.2 PLDCF.....	52
2.5.3 Capa Física.....	53
2.6 CANALES DE CDMA2000.....	53
2.6.1 Canales Lógicos.....	54
2.6.1.1 Dedicated Traffic Channel (f/r-dtch).....	54
2.6.1.2 Common Traffic Channel (f/r-ctch).....	55
2.6.1.3 Dedicated MAC Channel (f/r-dmch).....	55
2.6.1.4 Reverse Common MAC Channel (r-cmch).....	55
2.6.1.5 Forward Common MAC Channel (f-cmch).....	55
2.6.1.6 Dedicated Signaling Channel (dsch).....	55
2.6.1.7 Common Signaling Channel (csch).....	55
2.6.2 Canales Físicos.....	55
2.6.2.1 Canales de Forward.....	56
2.6.2.1.1 Forward Pilot Channel (F-PICH).....	57
2.6.2.1.2 Forward Sync Channel (F-SYNC).....	57
2.6.2.1.3 Forward Paging Channel (F-PCH).....	57
2.6.2.1.4 Forward Common Control Channel (F-CCCH).....	57
2.6.2.1.5 Forward Common Auxiliary Pilot Channel (F-CAPICH).....	57
2.6.2.1.6 Forward Broadcast Common Channel (F-BCCH).....	57
2.6.2.1.7 Forward Quick Paging Channel (F-QPCH).....	58



2.6.2.1.8 Forward Dedicated Auxiliary Pilot Channel (F-DAPICH).....	58
2.6.2.1.9 Forward Fundamental Channel (F-FCH).....	58
2.6.2.1.10 Forward Supplemental Channel (F-SCH).....	58
2.6.2.1.11 Forward Dedicated Control Channel (F-DCCH).....	58
2.6.2.2 Canales de Reverse.....	58
2.6.2.2.1 Reverse Access Channel (R-ACH) y el Reverse Common Control Channel (R-CCCH).....	59
2.6.2.2.2 Reverse Pilot Channel (R-PICH).....	59
2.6.2.2.3 Reverse Dedicated Control Channel (R-DCCH).....	59
2.6.2.2.4 Reverse Fundamental Channel (R-FCH).....	60
2.6.2.2.5 Reverse Supplementary Channel (R-SCH).....	60
2.7 ESTRUCTURA DE UNA RED CDMA.....	60
2.7.1 Interfaces.....	64
2.8 PROCESO DE UNA LLAMADA EN CDMA2000.....	65
2.8.1 Llamadas de Voz.....	65
2.8.1.1 Estado de Inicialización.....	66
2.8.1.2 Estado Inactivo.....	67
2.8.1.3 Estado de Acceso.....	68
2.8.1.4 Estado de Canal de Tráfico.....	69
2.8.2 Llamadas de paquetes de datos.....	70
<b>CAPITULO 3.....</b>	<b>74</b>
<b>PoC PUSH OVER CELLULAR.....</b>	<b>74</b>
3.1 INTRODUCCIÓN.....	74
3.2 SERVICIO POC.....	75
3.2.1 Historia del Servicio.....	75
3.2.2 Generalidades de Voz sobre IP en redes móviles.....	76
3.3 GENERALIDADES PoC.....	77
3.4 ARQUITECTURA DE POC.....	80
3.4.1 El cliente PoC.....	80
3.4.2 El servidor PoC.....	81
3.4.3 El servidor de gestión de listas y grupos (GLMS).....	81
3.4.4.- Núcleo IMS.....	81
3.4.4.2 Generalidades del Protocolo SIP.....	83
3.4.5 CSCF (Call State Control Function).....	84

3.4.6 HSS (Home Subscriber Server).....	85
3.5 INTERFACES .....	85
3.5.1 Usuario - Núcleo IMS .....	85
3.5.2 Núcleo IMS – Servidor PoC.....	85
3.5.3 UE – Servidor PoC .....	85
3.5.4 UE – GLMS.....	86
3.5.5 Servidor PoC – GLMS .....	86
3.5.6 Núcleo IMS – Servidor de Presencia .....	86
3.5.7 Servidor de Presencia – GLMS .....	86
3.6.- PROTOCOLO DE SEÑALIZACIÓN SIP .....	87
3.6.1 Mensajes Request .....	87
3.6.2.1 Códigos de Mensajes Provisionales (1xx).....	89
3.6.2.2 Códigos de mensajes de éxito (2xx).....	90
3.6.2.3 Códigos de mensajes de redirección (3xx).....	90
3.6.2.4 Códigos de mensajes de Client Error (4xx).....	90
3.6.2.5 Códigos de mensajes de Server Error (5xx).....	91
3.6.2.6 Códigos de mensajes de Falla Global (6xx).....	92
3.6.3 Modo de operación en SIP .....	92
3.7 PROTOCOLO DE TRANSPORTE RTP.....	95
3.7.1 Requerimiento de Piso de Inicialización .....	99
3.7.2 Requerimiento de Piso.....	100
3.7.3 Procedimiento de Release .....	100
3.7.4 Procedimiento de Revoke.....	101
3.7.5 Timers.....	103
3.7.5.1 Parar de Hablar (T2).....	103
3.7.5.2 Tiempo de gracia de Floor Revoked (T3). .....	103
3.7.5.3 Tiempo de Inactividad (T4).....	104
3.7.5.4 Floor Idle Timer (T7). .....	104
3.7.5.5 Floor Revoke Timer (T8). .....	104
3.7.5.6 Intentar Después (T9).....	105
3.7.5.6 Floor Release Timer (T10).....	105
3.7.5.7 Floor Request Timer (T11).....	105
3.8 ESTABLECIMIENTO DE SESIÓN.....	105
3.8.1 Identificación.....	105

3.8.1 Registro .....	106
3.8.2 Sesión .....	107
3.8.3 Escenario de una llamada personal .....	109
3.8.3.1 Establecimiento del medio. ....	110
3.9 INTEGRACIÓN EN LA RED CDMA2000 .....	115
<b>CAPITULO 4.....</b>	<b>117</b>
<b>DISEÑO DE IMPLEMENTACIÓN DEL SERVICIO POC PARA UNA CELDA</b>	
<b>GENÉRICA.....</b>	<b>117</b>
4.1 INTRODUCCIÓN.....	117
4.2 ANÁLISIS DE DEMANDA .....	117
4.3 DISEÑO DE UNA CELDA GENERICA.....	125
4.3.1 Intensidad de tráfico .....	126
<b>CAPITULO 5.....</b>	<b>135</b>
<b>ANÁLISIS ECONÓMICO .....</b>	<b>135</b>
5.1 INTRODUCCIÓN.....	135
5.2 INVERSION.....	135
5.3 ESTABLECIMIENTO DEL COSTO DEL SERVICIO.....	136
5.4 ANALISIS DE INVERSIÓN, TIR Y VAN .....	137
<b>CAPITULO 6.....</b>	<b>141</b>
<b>APLICACIONES PoC .....</b>	<b>141</b>
6.1 INTRODUCCIÓN.....	141
6.2 APLICACIONES DE PoC.....	141
6.2.1 Push-to-View .....	143
6.2.2 Push-to-Find .....	144
6.2.3 Push-to-Ask .....	144
6.2.4 Push-to-Video.....	145
<b>CAPITULO 7.....</b>	<b>146</b>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>146</b>
7.1 CONCLUSIONES.....	146
7.2 RECOMENDACIONES .....	150
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....</b>	<b>151</b>
<b>ANEXO 1: CLASES DE BANDAS PARA TELEFONÍA CELULAR.....</b>	<b>153</b>
<b>ANEXO 2: ESTRUCTURA DE CAPAS DE CDMA 2000.....</b>	<b>155</b>

<b>ANEXO 3: ENCUESTAS REALIZADAS A LA MUESTRA DE 300 PERSONAS DE POBLACIÓN EN LA CIUDAD DE QUITO.....</b>	<b>157</b>
---	------------

**INDICE DE FIGURAS**

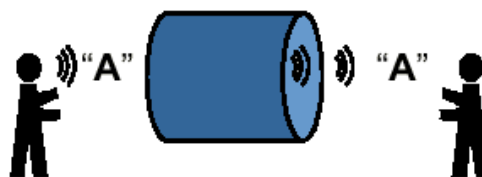
**INDICE DE TABLAS**

## CAPITULO 1

### INTRODUCCION

#### 1.1 DESARROLLO DE LAS TELECOMUNICACIONES

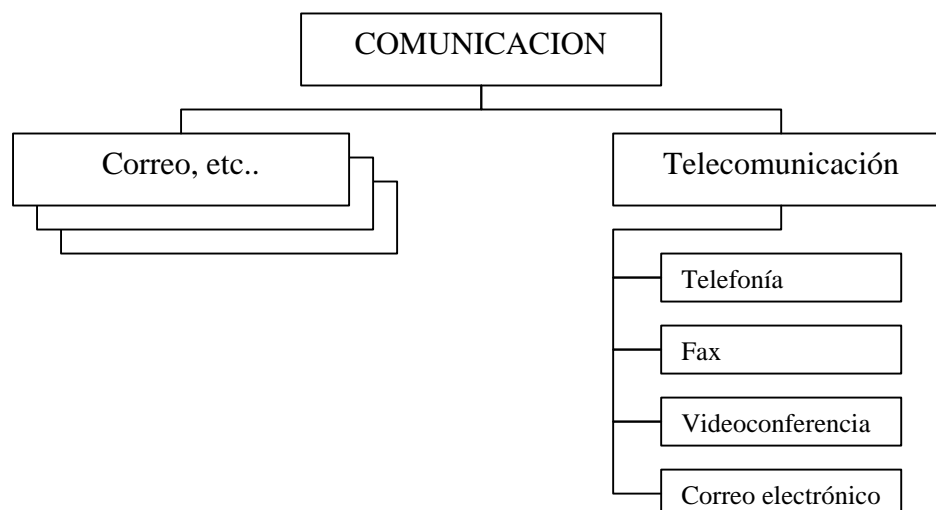
La comunicación ha sido una herramienta necesaria que el hombre ha utilizado con el fin de transmitir ideas y pensamientos, los mismos que se pueden considerar como órdenes, peticiones, sentimientos o comentarios. Esta herramienta indispensable ha ido desarrollándose desde los métodos más primitivos como los gestos, movimientos o señales a corta distancia, hasta la utilización de técnicas avanzadas que facilitan la comunicación a grandes distancias. Dicha comunicación, en términos generales, se compone de tres elementos básicos: un transmisor (fuente de información), un medio o camino por donde fluye la información y un receptor (recibe la información). De estos tres elementos el medio ha sido el principal problema debido a la limitación física del mismo. Esta limitación se refleja en la calidad del transporte de la información y la distancia que tiene viajar.



**Figura. 1.1.** La comunicación entre un transmisor, el medio físico y el receptor.

La Telecomunicación es una forma de comunicación. “Tele”<sup>1</sup> significa remoto, entonces Telecomunicación significa comunicación remota o distante.

<sup>1</sup> Tomado del Diccionario de la Real Academia de la Lengua.



**Figura. 1.2. Diferentes maneras de comunicación**

La Telecomunicación utiliza dos tipos de medio físico: cable y el aire. Para utilizar el cable se envía la información transformada en señales eléctricas mediante circuitos eléctricos. La comunicación se establece pero se necesitan grandes cantidades de cable para cubrir grandes distancias. Esto era una desventaja porque se tienen grandes inversiones no sólo en la implementación sino en el mantenimiento de los sistemas. Una consecuencia de la utilización de cable es que los sistemas de comunicación no pueden ser móviles, limitando así su operabilidad a una zona específica.

El descubrimiento de las ondas de electromagnéticas eliminó la necesidad de tener un medio físico como el cable entre el transmisor y el receptor. La información viaja por el aire o por el vacío comunicando a los interlocutores. Así se puede llegar a lugares distantes. También se tienen grandes inversiones en implementación y mantenimiento pero se optimiza el espacio. La posibilidad de poder comunicarse en cualquier momento y desde cualquier lugar que se necesite o se desee, independientemente de que el usuario se encuentre en un lugar fijo o en movimiento, ha desarrollado el mundo de las comunicaciones móviles. A pesar que la comunicación por ondas electromagnéticas no necesita cable, hace uso de este recurso para la utilización en los equipos de transmisión y recepción.

La movilidad en las telecomunicaciones ha estado asociada, fundamentalmente, a la utilización de la transmisión por radio en el acceso frente a la utilización de cables o fibra

óptica. Pero también existen comunicaciones fijas que utilizan la transmisión por acceso de radio. Un ejemplo son los bucles de abonado inalámbricos (WLL<sup>1</sup>), que no son sistemas móviles. La provisión de la movilidad implica el soporte de una red con cierta inteligencia, superior a la necesaria para soportar las comunicaciones fijas.

Cabe destacar que las ondas electromagnéticas están expuestas a interferencias y problemas de seguridad, los mismos que para una comunicación con cable son menores. Por ejemplo se puede interferir una señal de radio desde cualquier sitio con más facilidad que interferir una señal que viaja por un cable. En este caso el aire es un medio al que todos tenemos acceso y no se lo puede aislar. Una comunicación por cable es mas segura que una por aire.

Hoy en día la Telecomunicación es una fuente fundamental del desarrollo de la humanidad. La economía y el progreso de los países dependen de la comunicación que estos tengan dentro y fuera de sus límites. Cada día se pueden comunicar mas personas en el mundo, lo que reduce distancias y aumenta las posibilidades de expansión del conocimiento.

La telecomunicación es un mercado bien grande que se encarga de la transmisión de información como la voz, datos, multimedia (Figura 1.2) a través de señales eléctricas (cable) o electromagnéticas (aire). Gracias al avance tecnológico la telecomunicación crece para crear empresas que brinden servicios de TV y de radio, servicios telefónicos fijos y móviles.

## 1.2 RADIOFRECUENCIA Y LONGITUDES DE ONDA

El espectro electromagnético es un conjunto de ondas electromagnéticas. Cada rango de frecuencias tiene un nombre específico. La figura 1.3 es una representación del espectro electromagnético con gama de frecuencias que existen:

---

<sup>1</sup> WLL.- Por sus siglas en Inglés: Wireless Local Loop

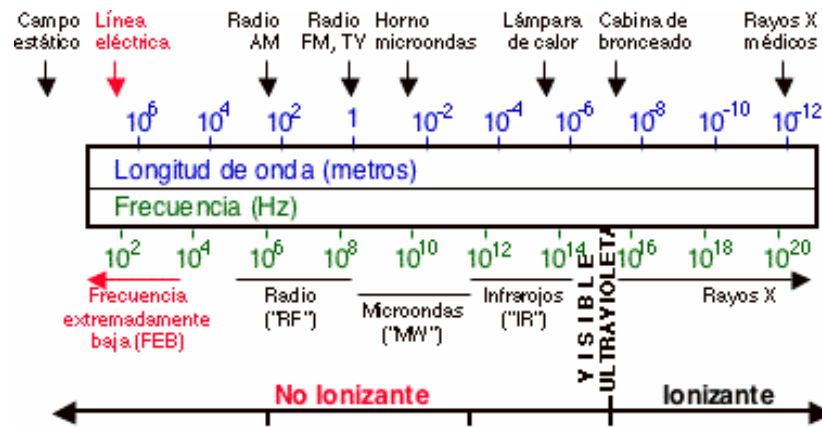


Figura. 1.3. Espectro electromagnético

De la figura se puede observar el nombre que recibe la onda electromagnética de acuerdo a la frecuencia. El espectro radioeléctrico es una porción del espectro electromagnético que solo se enfoca en las radiofrecuencias. (Figura 1.4).

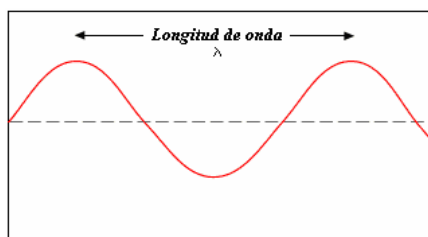
La Telecomunicación tiene lugar dentro del espectro radioeléctrico, con frecuencias inferiores a la velocidad de la luz ( $10^{14}$  Hz). Este tipo de ondas poseen un campo muy amplio de aplicación, incluida la comunicación durante los rescates de emergencia (radios), emisiones internacionales (satélites) y hornos (microondas). Una onda de radio queda definida por su longitud de onda (la distancia entre dos crestas consecutivas) o por su frecuencia (el número de crestas que pasan por un punto durante un segundo).



Figura. 1.4. Espectro Radioeléctrico

Una onda de radio queda definida por su longitud de onda (la distancia entre dos crestas consecutivas) o por su frecuencia (el número de crestas que pasan por un punto durante un segundo). (Figura 1.5).





**Figura. 1.5. Representación Longitud de Onda**

Las longitudes de las ondas de radio van desde unos 10 Km. hasta 1 mm y las respectivas frecuencias varían desde los 3 kHz. a 300 GHz. En la Tabla 1.1 se muestran las ondas de radio con sus respectivos nombres.

SÍMBOLO	DESCRIPCION ESPAÑOL	DESCRIPCIÓN INGLÉS	FRECUENCIAS	LONGITUD DE ONDA
VLF	Frecuencia Muy Baja	Very Low Frequency	3 a 30 kHz.	100 a 10 Km.
LF	Frecuencia Baja	Low Frequency	30 a 300 kHz	10 a 1 Km.
MF	Frecuencia Media	Medium Frequency	300 a 3000 kHz	1000 m a 100 m
HF	Frecuencia Alta	High Frequency	3 a 30 MHz	100 m a 10 m
VHF	Frecuencia Muy Alta	Very High Frequency	30 a 300 MHz	10 m a 1 m
UHF	Frecuencia Ultra Alta	Ultra High Frequency	300 a 3000 MHz	1 m a 0,1 m
SHF	Frecuencia Súper Alta	Súper High Frequency	3 a 30 GHz	10 cm. a 1 cm.
EHF	Frecuencia Extremadamente Alta	Extremely High Frequency	30 a 300 GHz	1 a 0,1 mm

**Tabla. 1.1. Tabla de Radiofrecuencias**

## 1.3 SISTEMAS DE COMUNICACIÓN POR RADIOFRECUENCIA

### 1.3.1 Breve Reseña Histórica

Los primeros fundamentos teóricos de las ondas electromagnéticas fueron introducidos por Maxwell y Hertz, en el siglo 19. Las primeras comunicaciones vía radio fueron las del servicio telegráfico, por parte de Marconi en 1896. La primera transmisión de voz vía radio se debe también al inventor italiano, en 1916. Marconi recibió el premio Nóbel de física en 1909 (compartido con Kart Ferdinand Braun) por su desarrollo de la telegrafía inalámbrica; en 1943, sin embargo, su patente de la radio fue revocada en favor de Nikola Tesla. Las primeras aplicaciones de las comunicaciones radio estuvieron ligadas a las comunicaciones marítimas (y por tanto móviles).

Los primeros sistemas de telefonía inalámbrica fueron instalados en Detroit en 1921 para el departamento de policía; se trataba de una red unidireccional para la distribución de información. En 1932 se instaló en Nueva York la primera red bidireccional también para la policía (estas redes operaban en la banda de 2 MHz).

En Estados Unidos en el año de 1934, se adoptaron sistemas de comunicaciones móviles en AM para 194 sistemas de radio policial municipal y 58 estaciones de policía para la seguridad de la población. El número de usuarios móviles ascendió de varios de miles a 86000 y en 1962 ya habían alrededor de 1.4 millones de usuarios. Se establecían comunicación en las cuales solo una persona podía hablar a la vez. El ancho de banda del canal era de 120 kHz.

A mediados de 1960 el ancho de banda FM de transmisión de voz fue reducido a 30KHz. En 1964 se dio el primer paso en el mejoramiento de la eficiencia del uso del espectro, mediante la utilización de la concentración de enlaces (Trunking) en el servicio de flotas de vehículos, sobrepasándose el millón de vehículos con transeptores instalados. Esto se constituyó en una solución de comunicación para empresas.

*Bell Laboratories* desarrolló el concepto celular en los años de 1960 y 1970, con el fin de proporcionar servicio de comunicación inalámbrica a una población entera. Así, la era de las comunicaciones inalámbricas había nacido.

En el año de 1971 la *Bell System* efectúa las primeras pruebas de un sistema celular, el AMPS (Advanced Mobile Phone Systems) en Chicago.

En las últimas dos décadas los avances en los equipos han permitido la subdivisión de los canales para móviles terrestres, haciendo posible usarse nuevas bandas en 470-512 MHz y 806-890 MHz.

Hoy en día las comunicaciones móviles siguen siendo un instrumento fundamental para soportar el desempeño de sus funciones por parte de los servicios públicos (razón por la que, para muchos de ellos, se reservan segmentos específicos del espectro). Otro sector que ha impulsado enormemente el desarrollo de los sistemas radio ha sido el de la defensa. Algunas tecnologías, como el CDMA, hoy utilizadas por los móviles, nacieron para soportar las comunicaciones militares.

En el Ecuador existe el “Troncalizado del Ejército”<sup>1</sup> que constituye una unidad de comunicaciones militares, presente en Cuenca, cuya principal labor es el manejo confiable de radio troncalizado y radio enlaces militares, se constituye como una de las tres únicas empresas en América que manejan un mismo sistema de comunicaciones ASTRO de 4 niveles (Brasil, Venezuela y Ecuador) para sus operaciones.

El número de usuarios existentes es de alrededor de 1700 con capacidad total de 48000 radios en funcionamiento, 4000 grupos de conexión, 48 sitios por zona y hasta 28 canales por sitio, bajo un sistema que trabaja en frecuencias de 806 a 856 Mhz.

### 1.3.2 Servicio Troncalizado

#### 1.3.2.1 Generalidades.

Se define el Servicio Troncalizado como un servicio de radiocomunicaciones privado que se ofrece en un área de cobertura determinada y que permite la difusión de información o el establecimiento de comunicaciones entre dos o más usuarios.

Para tener una conversación usando un equipo PTT (push to talk) en un sistema simple se necesita que el receptor y el transmisor tengan la misma frecuencia, así solo uno podrá transmitir a la vez. Este es un sistema de comunicación Simplex. En la Figura 1.6 se muestra una representación del sistema de radio convencional con la utilización de una sola frecuencia el si otro usuario quiere hablar tiene que esperar a que se desocupe el canal.

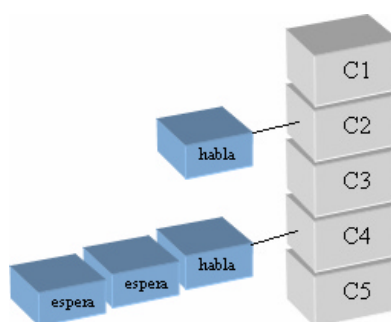
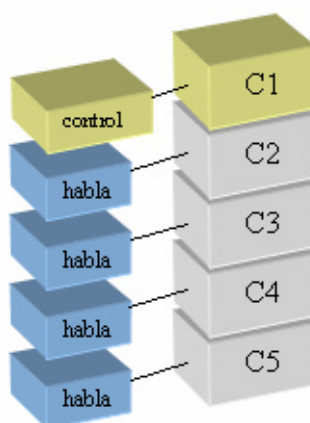


Figura. 1.6. Sistema convencional de radio

El Servicio Troncalizado es un sistema de concentración de enlaces por el cual el tráfico generado por un colectivo de usuarios móviles se ofrece a un conjunto determinado de

<sup>1</sup> Datos tomados de la visita a las instalaciones del Ejército en la ciudad de CUENCA en la gira de telecomunicaciones realizada en enero de 2005.

canales, de forma que existe una asignación dinámica de radio canales. Este sistema de compartición de canales constituye una técnica muy eficaz para un mejor aprovechamiento de las frecuencias. En la figura 1.7 se puede apreciar la diferencia de un sistema Troncalizado donde todos los usuarios pueden hablar sin necesidad de esperar a que este libre un canal. Se le asigna una automáticamente.



**Figura. 1.7. Sistema Troncalizado**

Se hace notoria la presencia de un canal de control C1. Los radios del Servicio Troncalizado renegocian constantemente las frecuencias utilizadas para la comunicación, así cada conversación no necesita un canal dedicado. Con esta característica es difícil escuchar conversaciones porque no se sabe en que frecuencia se realizará la siguiente transmisión. En el sistema existen dos tipos de canales: el de Control y el de Comunicación. El canal de Control le indica al equipo como debe cambiar su frecuencia para mantener la conversación en el canal. Para esto existen algunos protocolos como los de la Tabla 1.2.

<b>ALGUNOS PROTOCOLOS DEL SISTEMA TRONCALIZADO</b>
Motorota
EDACS
LTR
MPT-1327

**Tabla. 1.2. Algunos Protocolos usados para Trunking**

Por el canal de comunicación se transmite la voz y se establece en si la comunicación de los móviles. El concepto de trunking se basa en que los suscriptores individuales utilizan

el sistema solamente un pequeño porcentaje del tiempo y un gran número de usuarios no utilizan el sistema en los mismos períodos de tiempo.

Modernamente las técnicas de trunking se utilizan en los sistemas móviles PMR. (Private Mobile Radio) Existen tres modalidades de realización de sistemas troncalizados:

### **Asignación por mensajes**

Se le asigna un canal al usuario durante toda la comunicación hasta que ésta finalice, aunque existan pausas en la comunicación.

### **Asignación por transmisión**

Se asigna el canal para cada sentido de transmisión Simplex, detectado en el sistema de control mediante la señalización del pulsador PTT. No se desperdicia tiempo de canal en las pausas de la conversación, aunque la señalización y el control son más complejos y se corre el riesgo de interrumpirse una comunicación por estar todos los canales ocupados.

### **Asignación mixta**

Es una solución intermedia. Se aplica la asignación por transmisión, pero se deja un período de tiempo tras la activación del PTT para asegurar la asignación del canal.

El servicio troncalizado se compara con un principio de compartición de enlaces, por lo que requiere de un medio de gestión de los canales inteligente y rápida, que funcione de conformidad con un protocolo de señalización adecuado.

#### **1.3.2.2 Tipos de radio.**

Los radios pueden ser divididos en dos categorías:

- Radios diseñados para recibir señales
- Radios diseñados para recibir y transmitir señales

Los primeros incluyen las bandas de AM y FM, ondas cortas y bandas en general que pueden ser fácil y libremente sintonizadas utilizando el scanner de frecuencias del equipo. En estas frecuencias solo se puede escuchar la información así que el equipo es solo un receptor. Los radios que tienen la capacidad de recibir y transmitir son conocidos como

transceptores. Estos equipos pueden operar dentro de rangos de frecuencias que son determinadas para un propósito específico.

La FCC (Federal Communications Commission) es la entidad encargada de proveer esta categorización. Estas frecuencias son agrupadas en bandas:

CB (Citizens Band o Banda Civil)

FRS (Family Radio Service o Servicio de Radio de Familia)

MURS (Multi Use Radio Service o Servicio de Radio Multi Usuario)

GMRS (General Mobile Radio Service o Servicio de Radio Mobil General)

Las tres primeras bandas (CB, FRS, MURS) no necesitan una licencia de operación, mientras que la banda GMRS necesita una licencia. Usuarios de la Banda GMRS se pueden comunicar con el resto de usuarios solo en algunos canales.

Existen otras bandas que necesitan licencia como la de radioaficionado y la de Negocios.

### **1.3.2.3 Elementos del sistema Troncalizado.**

A continuación se listan los elementos de un sistema de radiocomunicaciones móviles en general, los mismos que son utilizados por el sistema Troncalizado:

- Estaciones Fijas
- Estaciones móviles(MS)
- Equipos de control.

#### **Estaciones Fijas**

Es una estación no prevista para utilización en movimiento. Se implementan en un sitio determinado.

#### **Estación Base (BS)**

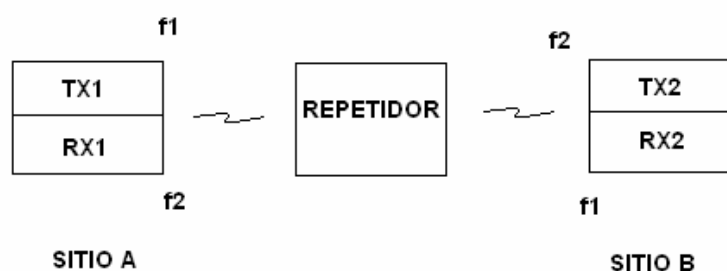
Es una Estación Fija con equipos transmisores y receptores que prestan cobertura radioeléctrica a las áreas de servicio. Su funcionamiento se controla desde una Unidad de Control situada en un punto de control especificado. El control puede ser local o remoto. (Desde otra estación utilizando por ejemplo un radio enlace)

### **Estación de Control**

Es una estación fija cuyas transmisiones se utilizan para controlar automáticamente el funcionamiento de otras estaciones de radio base (BS). Controlan una estación base (BS) o una repetidora (RS).

### **Estación Repetidora (RS)**

Es una Estación fija que transmite las señales recibidas y permite la extensión del área de cobertura. Cuando se utiliza un repetidor, este recibe una frecuencia desde el transmisor, la cambia y emite otra frecuencia para el receptor. Así la frecuencia del transmisor A es la misma que la frecuencia del receptor B. En la Figura 1.8 se muestra el efecto de un repetidor.



**Figura. 1.8. Efecto de un repetidor. La frecuencia del transmisor en el sitio A es la misma que el receptor del sitio B. La frecuencia de receptor del sitio A es la misma que la del transmisor del sitio B.**

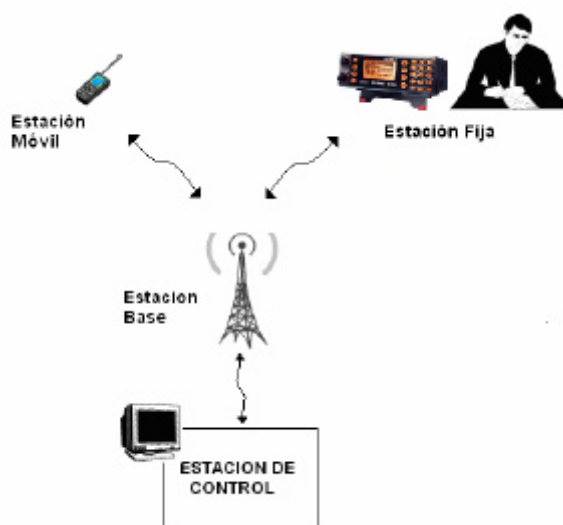
### **Estaciones Móviles (MS)**

Es una estación prevista para utilización desde un vehículo o persona que incluye equipos portátiles y personales.

### **Equipos de Control**

El conjunto de equipos de control lo forman los dispositivos necesarios para la supervisión de las estaciones base, la generación y recepción de llamadas, localización e identificación de vehículos, transferencia de llamadas a red telefónica privada, señalización de canales, etc.

Las computadoras son un equipo de control muy utilizado. En la Figura 1.9 se puede ver un gráfico con la mayoría de los elementos del servicio Troncalizado.



**Figura. 1.9. Elementos del servicio Trunking sin utilizar un repetidor.**

#### **1.3.2.4 Funcionamiento del Servicio Troncalizado.**

Los sistemas Troncalizados tienen una base de datos controlada por un ordenador que controla la actividad de los usuarios, si están registrados en grupos, las frecuencias de operación, seguridad y demás características de los usuarios. Este control se realiza a través del canal de control que tiene una frecuencia específica.

Múltiples usuarios pueden compartir un rango de frecuencias ya que los radios no están en uso al mismo tiempo. Cuando un usuario usa su radio, presiona el botón de PTT (Push to talk), se le asigna una frecuencia por el canal de datos y la comunicación se realiza a través de esa frecuencia asignada.

Por ejemplo si tres usuarios de la misma red quieren comunicarse el procedimiento es el siguiente. Cuando se presiona el botón de PTT, la computadora revisa las frecuencias disponibles y cuando encuentra una frecuencia libre dirige a todos los radios a esa frecuencia y la comunicación se lleva a cabo. Cuando se acaba la comunicación se envía un mensaje desde el radio que termina la comunicación.

Todas las operaciones entre el radio y el computador deben ser realizadas rápido, y este tiempo es menor a 1 segundo. La asignación de frecuencias se realiza en pares, entonces la



comunicación en el servicio Troncalizado es Semi Duplex porque existen dos frecuencias pero no se puede transmitir y recibir al mismo tiempo.

### **El canal de control**

Este canal es usado para enviar comandos y mensajes de estado entre los móviles y la red para establecer y terminar llamadas y tener acceso a facilidades como llamadas de emergencia. El canal de control también está disponible para enviar mensajes de datos complementando la comunicación por voz. Con este canal se puede comunicar la localidad de los móviles.

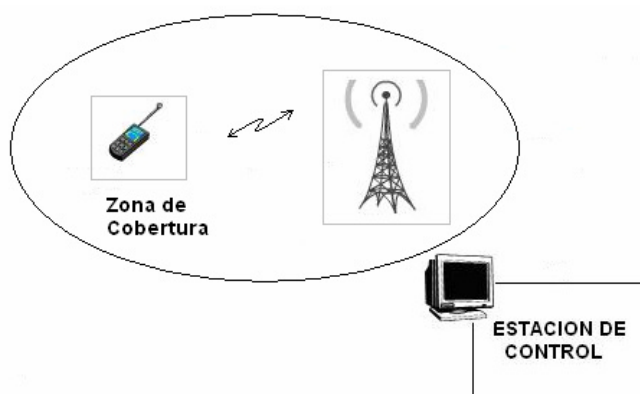
Cada equipo de radio debe tener un ESN<sup>1</sup> que es el que le permite realizar una comprobación en la base de datos de control.

#### **1.3.2.5 Arquitectura del sistema Troncalizado.**

La arquitectura de un sistema Troncalizado puede ser de dos tipos:

Monoemplazamiento

Este tipo de arquitectura es adecuada para la prestación de servicios trunking en zonas de cobertura como las que puede alcanzarse con una sola estación radioeléctrica, es decir, en pequeñas localidades en las cuales no se debe alcanzar mayores distancias.



**Figura. 1.10. Troncalizado Monoemplazamiento**

<sup>1</sup> ESN.- Por sus siglas en Inglés: Electronic Serial Number o Número Serial Electrónico.

☑ Multiemplazamiento

Este tipo de arquitectura se utiliza en caso de coberturas de gran extensión, constituyéndose la red por un conjunto de nodos cada uno de los cuales gestionará y pondrá a disposición de los móviles de su zona un rango de frecuencias.

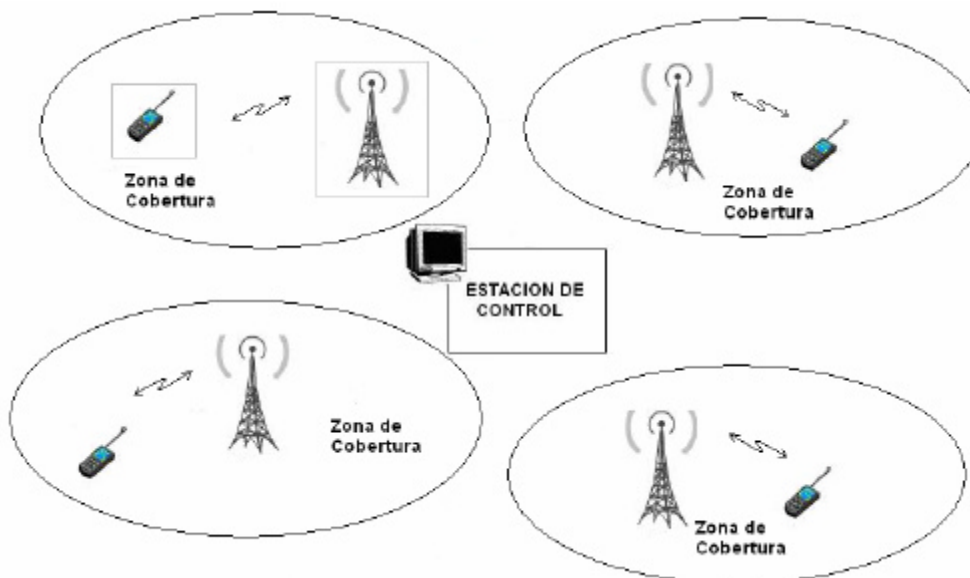


Figura. 1.11. Troncalizado Multiemplazamiento

1.3.2.6 Ejemplos de Troncalizado.

La historia de Troncalizado se muestra en la Figura 1.12

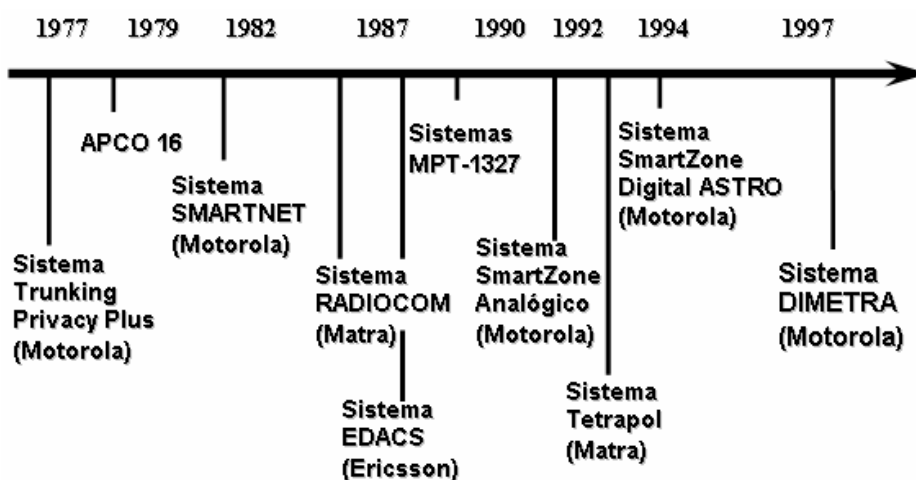


Figura. 1.12. Historia del Servicio Troncalizado hasta 1997

A continuación se hace una referencia de algunos sistemas de Troncalizado:

### **Sistema LTR**

Esta tecnología de Trunking procesa las comunicaciones en forma analógica y utiliza el protocolo LTR (Logic Trunked Radio) que tiene la característica de no ser un protocolo propietario de una Marca de radios. Este hecho permite que existan en el mercado muchos fabricantes de radios que ofrezcan productos compatibles con esta Tecnología de Trunking (Kenwood, ICOM, etc).

### **Sistema EDACS**

Este Sistema Troncalizado ocupa un lugar privilegiado dentro del mercado de las comunicaciones por su excelencia en prestación y confiabilidad. Es un producto originalmente desarrollado por Ericsson cuyo protocolo es el denominado EDACS que significa Enhanced Digital Access Communications System.

Este sistema tiene un acceso digital que posee canal de control el cual administra todas las comunicaciones que se cursan en el sistema. También incorpora funciones avanzadas como programación de terminales por aire, llamadas de emergencia, prioridades en las comunicaciones, deshabilitar/habilitar por aire radios robados, etc.

### **Sistema MPT1327**

Es un Sistema Troncalizado basado en un protocolo abierto que dedica uno de sus canales a desempeñar funciones de canal de control. Esta configuración permite incorporar prestaciones extras a las ofrecidas por LTR como hacer llamadas de Emergencia y Prioridades en las comunicaciones.

Si bien las comunicaciones de voz son analógicas, las radios soportan la instalación de opcionales de encriptación de voz con la finalidad de lograr mayor privacidad en las comunicaciones. El canal de control es digital. Las radios soportan interfaces de datos que permiten integrar en el mismo sistema comunicaciones de voz y datos.

### **Motorola SmartZone**

Este sistema utiliza frecuencias de UHF y VHF. El protocolo de SmartZone de Motorola no es un protocolo abierto así que no existen otros fabricantes excepto Motorola que fabrique equipos para este Servicio.

Al igual que con otros protocolos, el radio envía mensajes a la estación de control con el propósito de identificarse, solicitar la asignación de un canal, grupo de llamadas, etc.

Una característica de este protocolo es que para asignar frecuencias sigue una secuencia randómica.

Cuando se pasa de una zona de cobertura a otra, el equipo de radio tiene la capacidad de registrarse en la nueva zona y mantener la comunicación. Se dispone de un indicador de nivel de señal, el cual permite seleccionar cual estación base dentro de un rango de proximidad es la que llega con mejor señal para que el radio opere con ella.

Se creó una actualización para el sistema SmartZone que se llama ASTRO. Se listan algunas mejoras:

- Mejora en la calidad de audio en largas distancias
- Se incorpora un identificador de llamadas
- Control de baterías para que las mismas duren mas tiempo.

### **Sistema TETRA**

Este sistema troncalizado es totalmente digital y utiliza tecnología TDMA. TETRA significa TransEuropean Trunked RAdio. Se trata de un sistema de última generación, orientado a sistemas de voz y datos móviles.

Este sistema se basa en un protocolo abierto ampliamente difundido en Europa existiendo varios fabricantes de equipos aptos para trabajar bajo este protocolo.

TETRA tiene muchos de los beneficios de MPT 1327, pero utiliza canales de voz digitales y el canal de control es también digital. Los canales de voz incrementan la capacidad en lugares donde no hay capacidad suficiente y donde hay necesidad de seguridad elevada.

Una de las diferencias entre los sistemas de Troncalizado es la utilización de los protocolos. Algunos protocolos difieren en la utilización del canal de control Además para el canal de voz algunos protocolos usan canales analógicos otros usan canales digitales. Cuando se utiliza un canal digital los equipos se vuelven más caros.

Este sistema es muy sofisticado y tiene servicio como desvío de llamadas, transmisión de datos, mensajes cortos, almacenamiento de mensajes vocales.

### 1.3.2.7 Servicios del Sistema Troncalizado.

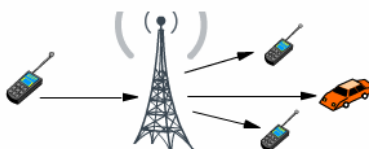
Con el sistema troncalizado se puede tener en general los siguientes servicios y características:

-Llamada individual.- llamada en la cual se pueden comunicar dos personas



**Figura. 1.13. Representación de una llamada individual**

-Llamada a un grupo.- llamada en la cual una persona se puede comunicar con un grupo de personas. Como ejemplo un jefe envía un mensaje para una reunión a los empleados de una empresa.



**Figura. 1.14. Representación de una llamada a un grupo**

-Llamadas de emergencia.- llamadas en las cuales se solicita ayuda en caso de emergencia. Comúnmente a la policía, ambulancias, etc.

-Sistema de acceso rápido (el controlador asigna las frecuencias, no el usuario)

-Mayor privacidad de usuario.- se pueden crear grupos de conversación y el receptor solo recibirá llamadas de este grupo.

-Flexibilidad de expansión.- los sistemas se pueden reconfigurar para manejar los canales cuando exista un número creciente de usuarios. Se pueden manejar valores de hasta 48000 usuarios en un solo sistema.

-Se puede interconectar una red privada de Radio con el Red Conmutada de Telefonía Pública.

-En el sistema TETRA se tienen servicios modernos como desvío de llamadas, transmisión de datos, mensajes cortos, almacenamiento de mensajes vocales.

## 1.4 DESCRIPCIÓN Y SERVICIOS DEL POC

El servicio PoC significa Push over Cellular que es una simulación de un sistema de radio sobre la tecnología celular, es decir, se simula el Push to Talk (PTT) de los radios en un teléfono celular. PoC emula una conexión dos vías semi duplex entre dos terminales inalámbricos. Dentro de los principales servicios que se pueden brindar están los siguientes:

-Llamada individual.- no solo utilizando el PTT sino utilizando la red celular.

-Llamada a grupo.-se pueden crear grupos de llamada de esa manera solo los integrantes del grupo se podrán comunicar entre si.

-Envío y recepción de mensajes de texto y multimedia aprovechando la capacidad de la plataforma celular para ofrecer estos servicios. Dentro de los mensajes multimedia se pueden enviar fotos, audio y video.

-Llamadas de emergencia a números de apoyo como el de la policía, bomberos, ambulancias.

-Identificación de llamadas para personas o para grupos.

-Posibilidad de hacer Roaming Internacional. Esta opción permite utilizar el mismo teléfono celular para la comunicación PTT alrededor del mundo.

-Se tiene acceso WAP (para navegar en el Internet desde el teléfono) y a Internet cuando se utiliza el equipo como módem.

-Se puede tener un indicador de las personas que están presentes en algún momento para la comunicación dentro de un grupo de llamada.

## 1.5 COMPARACIÓN ENTRE POC Y TRONCALIZADO

En la Tabla 1.3 se muestra una comparación entre el Troncalizado y el PoC. Existen semejanzas y diferencias entre los dos tipos de servicio:

	<b>Troncalizado</b>	<b>PoC</b>
<b>Latencia</b>	La latencia que es el tiempo de respuesta del sistema es menor que en PoC debido a que no existe mucha negociación entre el terminal y el controlador.	La latencia es mayor debido a que el terminal tiene una mayor negociación dentro de la red CDMA. Se tienen procesos de autenticación, autorización y acceso mas complicados que con un terminal de radio.
<b>Equipo</b>	Un terminal sin muchas capacidades	Un terminal con mayores aplicaciones como agenda, juegos, cámara de fotos, radio, etc...
<b>Acceso y tecnología</b>	Utiliza el aire para la comunicación y circuitos para la utilización del Controlador. Es analógico y digital	Utiliza el aire para la comunicación pero con la tecnología IP que es la base del sistema. Es digital.
<b>Interconexión</b>	Se puede tener interconexión con otras redes (TETRA)	Con PoC es posible realizar interconexión entre operadores, así la red se vuelve extensa.
<b>Cobertura</b>	La cobertura del servicio Troncalizado es limitada. Se necesitaría incrementar el número de bases y repetidores para llegar a más sitios.	Se establece que la cobertura celular es mayor que la cobertura de Troncalizado en todo el País. Así PoC hace uso de la infraestructura celular existente para tener mayor cobertura. Además la cobertura celular esta en continuo avance.
<b>Roaming</b>	Con una red troncalidad es bien complicado establecer comunicación en otros lados del mundo debido a la falta de infraestructura. No es una solución práctica cuando se trata de comunicación internacional.	Con PoC es posible tener el servicio de roaming internacional a través de la red de datos IP. Con IP se puede tener conexión con servidores en otros países y la información viaja sin problemas.
<b>Mercado</b>	El mercado de los troncalizados es especialmente el de empresas	El mercado de PoC son las empresas pero también las personas comunes para comunicaciones familiares y de grupos.

<b>Servicios</b>	Si los participantes de la conversación quieren extender la misma a una continua tienen que cambiar a un teléfono convencional. No se sabe si un contacto está presente así que hay que llamarlo para confirmar. Es limitado al envío de mensajes de texto.	Si se quiere prolongar la comunicación se puede utilizar el celular para hacerlo. Además se ofrece servicios de disponibilidad de contactos cuando estén presentes. Si se desea se puede enviar mensajes de texto o de multimedia.
<b>Datos</b>	Se tiene transmisión de datos a tasas bajas.	Se tiene transmisión de datos con tasas altas.
<b>Funcionamiento</b>	Para hablar se presiona el botón de PTT (push to talk). Solo una persona puede hablar a la vez	
<b>Competencia</b>	Se establece una competencia en el sector de las telecomunicaciones para tener mejores servicios.	
<b>Tipos de llamada</b>	Se pueden tener llamadas individuales, en grupo, de emergencia	
<b>Facilidad de uso</b>	Sistema de fácil operación para el usuario	
<b>Utilización</b>	Sistemas de comunicación corta y rápida	
<b>Handoff</b>	Se puede cambiar de un sitio de cobertura a otro y continuar con el servicio.	
<b>Seguridad</b>	Los sistemas tienen mayor seguridad que los sistemas convencionales	

**Tabla. 1.3. Comparación entre Troncalizado y PoC**

La principal ventaja de PoC sobre los sistemas troncalizados es la utilización de un terminal más conveniente. Con el servicio PTT (Push to talk) en un celular se tiende a una convergencia de servicios en la cual se tienen varios servicios dentro de un solo terminal. En el terminal celular se tiene servicio de voz (larga duración y PTT), servicio de mensajes de texto y mensajes multimedia, conexión al Internet a través del módem del teléfono y del navegador interno, servicio de roaming mundial para comunicación internacional, aplicaciones internas como juegos, agendas, calculadoras y utilidades, todo esto con el fin de facilitar la vida de las personas y mejorar el nivel de comunicación entre ellas. Para el usuario es mejor tener un solo equipo para hacer las cosas que tener varios equipos, esto implica una reducción de espacio y aumento de la comodidad.



---

Otra razón favorable para el servicio PoC son los costos para el usuario que serían reducidos considerablemente lográndose tarifas accesibles para la mayoría de gente. Un ejemplo es la tarifa plana en la cual se pagarían una cantidad mensual por el uso ilimitado del servicio durante este periodo. Esta tarifa sería más económica que la tarifa de la telefonía celular. El mercado del PoC es más amplio y general llegando a empresas (por ejemplo de transporte para el control de la flota vehicular) ejecutivos (por ejemplo un gerente) y personas naturales para comunicación familiar o de amigos.

## CAPITULO 2

### CDMA 2000

#### 2.1 INTRODUCCION

Dos de los principales motores de la Sociedad de la Información en los últimos años han sido, sin duda, el Internet y las Comunicaciones Móviles.

El cambio que se ha producido en el sector de las telecomunicaciones con la introducción de la movilidad ha sido importante, no sólo por la extensión de la posibilidad de la comunicación en cualquier momento y en cualquier lugar, sino por la posibilidad de incrementar las relaciones comerciales y sociales de la personas.

La necesidad de una comunicación con calidad y disponibilidad elevadas es el principal motivo para el desarrollo de nuevas tecnologías capaces de superar las expectativas de los usuarios. Así, hoy en día se tienen tecnologías que permiten realizar acciones tales como videoconferencias, enviar mensajes escritos y multimedia, comunicaciones de voz claras, entre otros. Esta tecnología se ve reflejada en la Telefonía Celular, que ha evolucionado mucho desde sus inicios.

#### 2.2 EVOLUCION DE LA TELEFONÍA CELULAR

Se define la Telefonía Celular como un sistema de transmisión en el cuál el usuario dispone de un terminal que no es fijo y no tiene cables, y que le permite tener gran movilidad en la zona geográfica donde se encuentre la red celular.

La Telefonía Celular es un servicio por aire que se basa en dar cobertura a un territorio a través de diversas estaciones base, que cada una da un área de cobertura llamada celda.

El empleo de la palabra *celular* deriva del hecho de que las estaciones base, están dispuestas en forma de una malla, formando células o celdas (teóricamente como un panel

de abejas. Al dividir el territorio se evita el problema de la restricción del ancho de banda y se podrá transmitir en diferentes frecuencias que no están ocupadas en otras nuevas células por ejemplo.

En el Ecuador, existe un cuadro de Atribución del Espectro Radioeléctrico, el mismo que determina los servicios que pueden operar en ciertas bandas de frecuencia. Según este cuadro la telefonía móvil celular tiene una atribución en 800 MHz. (Figura 2.1)

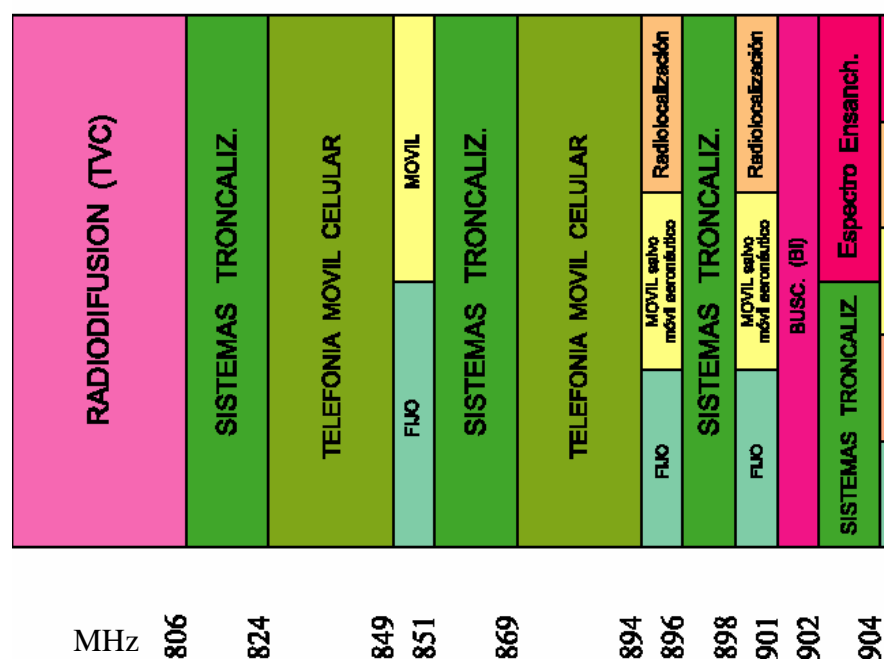


Figura. 2.1. Banda de frecuencia para la Telefonía Móvil Celular en Ecuador<sup>1</sup>

Igualmente el servicio PCS tiene una banda específica en 1900 MHz, según la Figura 2.2.

<sup>1</sup> Fuente.- Cuadro de Atribución del Espectro Radioeléctrico del Ecuador creado por la Secretaria Nacional de Telecomunicaciones (SENATEL) y el Consejo Nacional de las Telecomunicaciones (CONATEL)

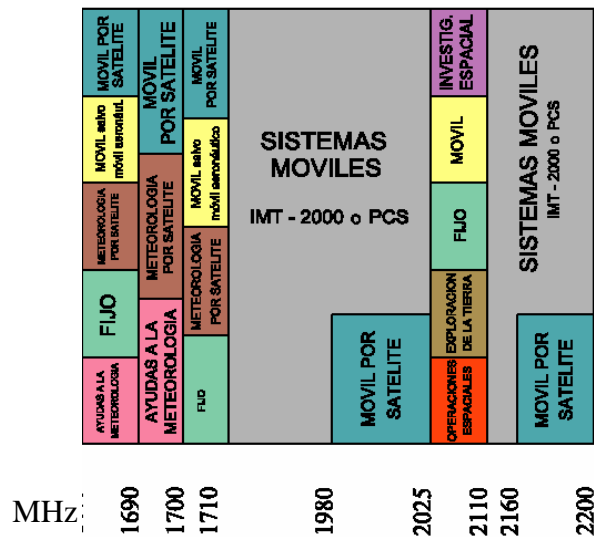


Figura. 2.2. Banda de frecuencia para Sistemas PCS en Ecuador<sup>1</sup>

PCS significa Personal Communications System (Sistema de Comunicación Personal).

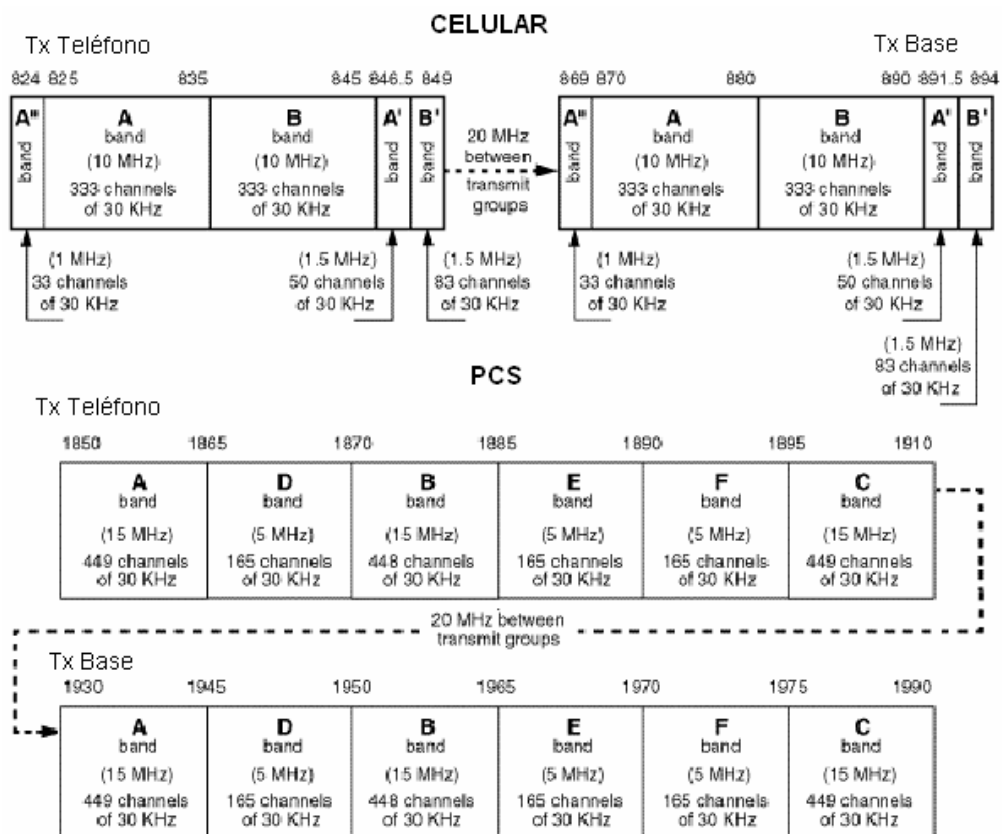


Figura. 2.3. Bandas Celular y PCS

<sup>1</sup> Fuente.- Cuadro de Atribución del Espectro Radioeléctrico del Ecuador creado por la Secretaria Nacional de Telecomunicaciones (SENATEL) y el Consejo Nacional de las Telecomunicaciones (CONATEL)

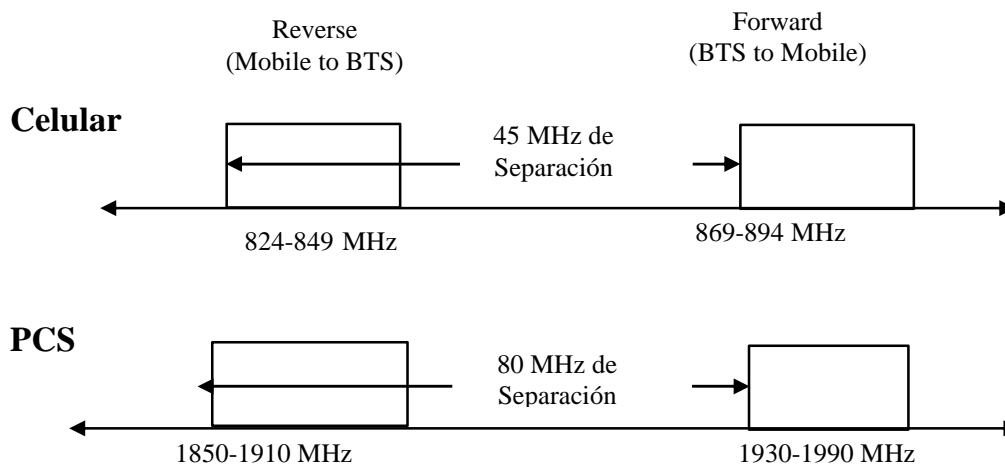
<b>Banda Clase 0: Banda Celular (850 MHz) - 45 MHz de separación en FDD y 30 KHz de separación de canales en (AMPS/TDMA)</b>				
<b>Bloque</b>	<b>Ancho de Banda</b>	<b># de canal</b>	<b>RX FREQ</b>	<b>TX FREQ</b>
A	10 MHz	1 - 333	870.03 - 879.99	825.03 - 834.99
B	10 MHz	334 - 666	880.02 - 889.98	835.02 - 844.98
A'	1.5 MHz	667 - 716	890.01 - 891.48	845.01 - 846.48
B'	2.5 MHz	717 - 799	891.51 - 893.97	846.51 - 848.97
A''	1 MHz	991 - 1023	869.04 - 870.00	824.04 - 825.00
<b>Banda Clase 1: Banda PCS (1900 MHz) - 80 MHz de separación en FDD y 50 KHz de separación de canales en (AMPS/TDMA)</b>				
<b>Bloque</b>	<b>Ancho de Banda</b>	<b># de canal</b>	<b>RX FREQ</b>	<b>TX FREQ</b>
A	15 MHz	25 - 299	1931.25 - 1944.95	1851.25 - 1864.95
D	5 MHz	300 - 399	1945.00 - 1949.95	1865.00 - 1869.95
B	15 MHz	400 - 699	1950.00 - 1964.95	1870.00 - 1884.95
E	5 MHz	700 - 799	1965.00 - 1969.95	1885.00 - 1889.95
F	5 MHz	800 - 899	1970.00 - 1974.95	1890.00 - 1894.95
C	15 MHz	900 - 1175	1975.00 - 1988.75	1895.00 - 1908.75

**Tabla. 2.1. Bandas de Operación sistema PCS y Celular**

La diferencia entre el sistema PCS y el Sistema Celular se basa en las bandas de operación (Figura 2.3 y Tabla 2.1). Además PCS puede ofrecer servicios avanzados de telecomunicaciones adicionales a los ofrecidos por un simple celular.

La asignación de espectro se lo realiza a través de bandas. En el Anexo 1 se puede observar las diferentes bandas para operación de telefonía móvil. Dentro de todas las Clases de Bandas existen la Banda Clase 0 y la Banda Clase 1. La Banda Clase 0 corresponde a sistemas celulares. La Banda Clase 1 corresponde a los sistemas PCS. En la Figura 2.2.3 están detallados los parámetros de ancho de banda, número del canal, y frecuencias de Transmisión y de Recepción (del móvil). Se puede observar que en la Banda Clase 1 C, se tiene un ancho de banda de 15 MHz para Reverse y 15 MHz para Forward, entonces se pueden tener 12 portadoras de 1.25 MHz para ser ocupadas dentro de este ancho de banda.

En sistemas FDD existe una separación de 80 MHz entre las frecuencias de Transmisión y Recepción. Se puede ver la Figura 2.4 para notar esta diferencia de frecuencias que tienen valores escogidos para el ejemplo.



**Figura. 2.4. Ejemplo de separación de frecuencias Bandas de Operación sistema PCS y Celular**

La telefonía celular ha evolucionado por generaciones. Dentro de cada generación se lograron cambios sustanciales en la tecnología ofreciéndose mejores servicio conforme se aumenta de generación.

En la primera generación (1G) aparece a finales de los 70's e inicios de los 80's. Se caracterizaba porque la telefonía era analógica. Entre los la tecnología de los semiconductores y los microprocesadores crearon sistemas de comunicación mas sofisticados. Los celulares de 1G solo transmitían información analógica de voz y con baja velocidad (2400 baudios). Los principales sistemas desarrollados en 1G fueron el Sistema de Telefonía Móvil Avanzado (AMPS), Telefonía Móvil Nórdica (NMT) y el Sistema de Comunicación de Acceso Total (TACS).

Con la segunda generación (2G) se introducen los sistemas digitales debida a la necesidad de mejorar la calidad de la transmisión, la capacidad y la cobertura de los sistemas. A inicios de los 90's ya se contaba con la segunda generación. Con el avance en la miniaturización de los circuitos integrados y las microondas se consiguió desarrollar la transmisión digital en los sistemas móviles. Los nuevos servicios que se implementaron fueron los mensajes cortos, fax, transmisión de datos, entre otros, obteniendo gran aceptación en lo usuarios.

Los sistemas desarrollados para 2G son el GSM, AMPS Digital (D-AMPS), Acceso Múltiple por División de Código (CDMA) y la Comunicación Digital Personal (PDC), éste último utilizado en Japón.

Posteriormente vinieron las generaciones 2,5 y la 3 (2,5G y 3G), en las cuales se han introducido mejoras en los terminales para los usuarios de tal manera que se soporten nuevos servicios como mensajes multimedia, transmisión de video en terminales, transmisiones de datos de alta velocidad, entre otros. Para pasar de la tecnología 2G a la 3G se puede pasar por la 2.5G,

Desde la segunda generación se han desarrollado nuevas tecnologías como el WCDMA (también conocido como UMTS), el GPRS y el 1xEV-DO.

Además las nuevas tecnologías tienden a basarse en IP (Internet Protocol) para poder prestar mejores y servicios. La 3G se caracteriza por contener a la convergencia de voz y datos con acceso inalámbrico a Internet.

En la Tabla 2.2 se hace un resumen de las principales características de cada generación.

<b>Evolución de la Redes Inalámbricas</b>		
<b>Primera Generación 1G</b>	<b>Segunda Generación 2G</b>	<b>Tercera Generación 3G</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Servicio de teléfono móvil</li> <li>• Tecnología analógica</li> <li>• Poca cobertura</li> <li>• Poca seguridad</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Servicio avanzado inalámbrico de voz.</li> <li>• Servicio avanzado inalámbrico de datos.</li> <li>• Tecnología Digital</li> <li>• Mayor cobertura</li> <li>• Seguridad</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Integración de calidad de voz y mayor velocidad en transmisión de datos.</li> <li>• Servicios de localización</li> <li>• Roaming</li> <li>• Servicios multimedia avanzados</li> <li>• Mayor eficiencia del espectro radioeléctrico</li> <li>• Mayor seguridad.</li> <li>• Mayor compresión de voz y datos para la transmisión.</li> </ul>

**Tabla. 2.2. Resumen de las generaciones celulares.**

La Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU) creó el IMT-2000 (International Mobile Telecommunications - 2000) que representa un estándar global para las necesidades de la telecomunicación desde el año 2000, en la cual los usuarios son capaces de acceder a voz, datos, Internet y servicios multimedia en cualquier lugar y a cualquier

tiempo. La importancia de crear un estándar internacional es la integración de los servicios inalámbricos para que estos sean transparentes al usuario y la expansión de la movilidad mundial de los usuarios.

Los sistemas de tercera generación (3G) se basan en las especificaciones del IMT-2000 y tienen a u vez estándares compatibles que tienen las siguientes características:

- Utilizables para todas las aplicaciones móviles.
- Soportan conmutación de paquetes y de circuitos para la transmisión de datos.
- Ofrecen tasas de transmisión altas hasta 2 Mbps.
- Ofrecen eficiencia de uso del espectro radioeléctrico

Los estándares más relevantes del IMT-2000 son los siguientes:

IMT-DS (Direct Spread): WCMDA

IMT-MC (Multi Carrier): cdma2000

IMT-TC (Time Code): TD-SCDMA

ITM-SC (Single Carrier): UWC-136 (EDGE)

Dentro de la ITU, el ITU-R (Segmento de Radiocomunicaciones de la ITU) se encarga de los aspectos de transmisión por radiofrecuencia, las interfaces y el uso del espectro para IMT-2000. El ITU-T (Segmento de Estandarización de las Telecomunicaciones de la ITU) se encarga de aspectos de las redes como interfaces de señalización, servicios, numeración, calidad de servicio (QoS), seguridad, operaciones y administración para IMT-2000. El ITU-D (Segmento de desarrollo de la ITU) se encarga del estudio y actividades relacionados a la implementación de IMT-2000 en países en vías de desarrollo. El IMT-2000 provee una estructura para el acceso mundial inalámbrico vinculando las diversas redes basadas en sistemas terrestres o satelitales.

En la Figura 2.5 se puede apreciar la evolución de algunos sistemas en distintos lugares del mundo. Se puede comparar la mejora en las tasas de transmisión de datos y una tendencia a una convergencia de servicios a través de IP.



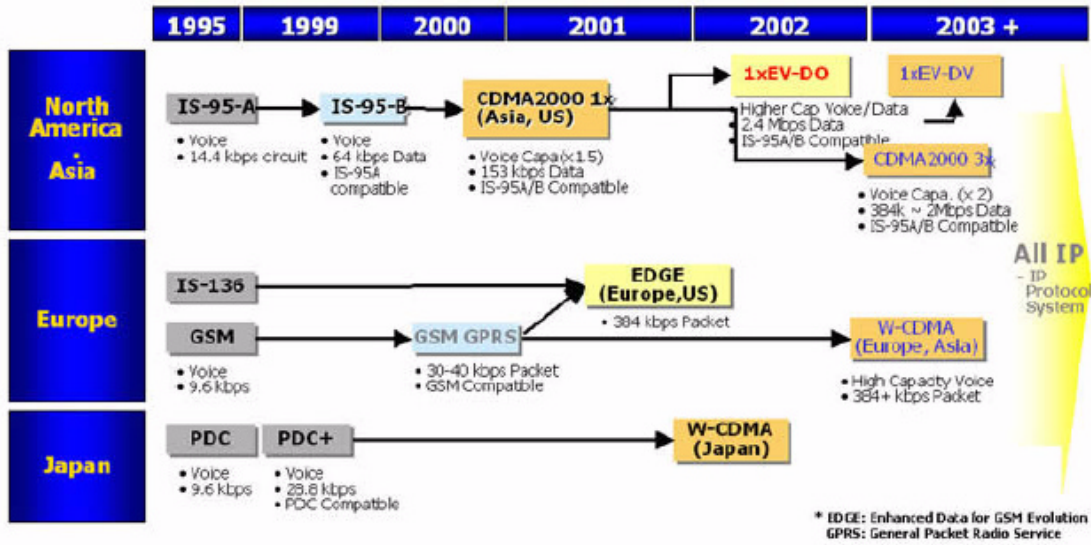


Figura. 2.5. Desarrollo de tecnología celular hacia la tercera generación. <sup>1</sup>

En la Tabla 2.3 se puede apreciar la evolución de las generaciones y las tecnologías utilizadas en cada una. Se nota la evolución que ha tenido CDMA desde IS-95A hasta 1xEV-DO.

Lugar	1G	2G	2,5G	3G
Europa	NMT, TACS	GSM900&1800 DECT	GPRS	UMTS(WCDMA, EDGE)
Estados Unidos y Latinoamérica	AMPS	TDMA cdmaOne, GSM850&1900	CDMA2000, 1XRTT, GPRS	EDGE, CDMA2000, 1xEV-DO 1xEV-DV
Japón	IMTS	PHS, cdmaOne, PDC	CDM200, 1XRTT	WCDMA, CDMA2000, 1xEV-DO
China		GSM, cdmaOne	CDM200, 1XRTT	TD-SCDMA

Tabla. 2.3. Evolución de las generaciones celulares.

Se puede observar que en todo el mundo se han desarrollado tecnologías celulares con el fin de mejorar los servicios. En el Ecuador los sistemas existentes han sido el TDMA, el GSM y el CDMA (cdmaOne y CDMA2000).

<sup>1</sup> Tomado de [www.radcom.com](http://www.radcom.com)

Un concepto fundamental en la Telefonía Celular es el tipo de Acceso a la red. Cuando se tienen varios usuarios se habla de un Acceso Múltiple. A continuación se explica los diferentes tipos de acceso en la red celular.

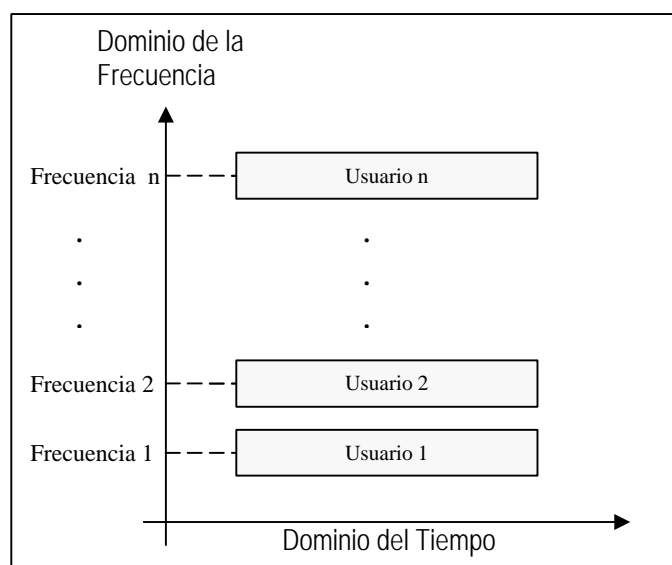
### 2.3 TECNOLOGIAS DE ACCESO MULTIPLE

Los sistemas con Acceso Múltiple son aquellos que comparten un recurso fijo (por ejemplo el espectro radioeléctrico) para proveer canales para los usuarios.

Se tienen dos tipos de tecnología de acceso para banda angosta y banda ancha. Para el primer caso se tienen las tecnologías de *Acceso Múltiple por División de Frecuencia* (FDMA) y *Acceso Múltiple por División de Tiempo* (TDMA). En FDMA se asignan diferentes frecuencias para las señales de cada usuario. Se utilizan bandas de guarda para prevenir interferencias entre canales (crosstalk). En la Figura 2.4 se puede apreciar la separación de las frecuencias de los distintos canales asignados. Las principales desventajas de esta tecnología se explican a continuación:

- No difiere mucho de los sistemas analógicos, y el mejoramiento de la calidad depende mucho de reducir la relación señal a interferencia o señal a ruido (SNR)
- FDMA utiliza filtros de banda angosta y el costo de elaborar circuitos digitales VLSI es muy elevado.

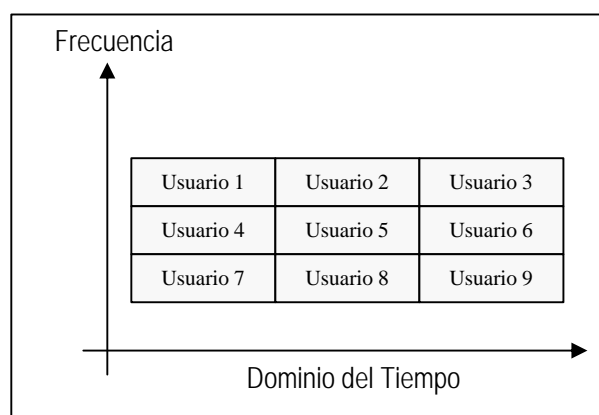
Debido a estas desventajas y además a la poca eficiencia en la utilización del espectro al tener varias frecuencias en uso y bajas tasas de transmisión, FDMA ya no es la mejor opción para implementar en un sistema de comunicación celular.



**Figura. 2.6. Acceso Múltiple por División de Frecuencia**

En los sistemas TDMA, la información de cada usuario es transmitida en intervalos de tiempo llamados Time Slots. Un grupo de varios Time Slots conforman una trama de tiempo. Cada Time Slot comprende una secuencia de bits que tienes varios objetivos, siendo uno de ellos la sincronización. Se tienen tiempos de guarda entre los tiempos de transmisión de cada usuario para prevenir interferencias entre canales (crosstalk). En la Figura 2.7 se puede apreciar que con una misma frecuencia se realiza el acceso por una división de tiempo. Cada usuario tiene un tiempo específico para la transmisión.

Una de las características importantes de TDMA es que el costo de los circuitos digitales VLSI es menor. Además se hace un uso más eficiente del espectro debido a que no se necesitan frecuencias de guarda para prevenir interferencias. Pero la principal desventaja es que se necesita una alta potencia del transmisor móvil, reduciendo así la vida de la batería. También se necesita mucho procesamiento de la señal para realizar los filtros de recuperación y detección de la correlación para la sincronización de los time slots.



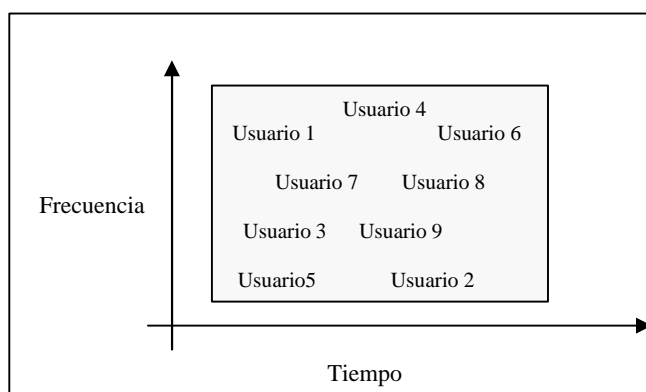
**Figura. 2.7. Acceso Múltiple por División de Tiempo**

En tecnologías de banda ancha, el ancho de banda completo se hace disponible para cada usuario y por lo general este ancho de banda es mayor que el necesario para la información. Estos sistemas son llamados Spread Spectrum (Espectro Ensanchado).

La ventaja de un sistema de banda ancha es que tiene mayor tolerancia a la interferencia que los sistemas FDMA y TDMA. Además no se necesita realizar una planeación de frecuencias avanzad debido a que las celdas comparten la misma frecuencia.

El acceso para los sistemas de banda ancha es el CDMA. El Acceso Múltiple por División de Códigos es una manera eficiente de aprovechar el espectro radioeléctrico debido a que se puede tener una o varias portadoras en una misma zona de cobertura. Se hace uso de códigos para asignar canales a los usuarios.

En la Figura 2.8 se representa el esquema de CDMA. Se tiene una frecuencia (o varias) que es la misma para todos los usuarios. Entonces no existe división de tiempo ni de frecuencia.



**Figura. 2.8. Acceso Múltiple por División de Código**

De la figura se observa que los usuarios comparten la misma frecuencia y puede comunicarse al mismo tiempo. CDMA hace uso de Spread Spectrum.

### 2.3.1 Espectro Ensanchado (Spread Spectrum)

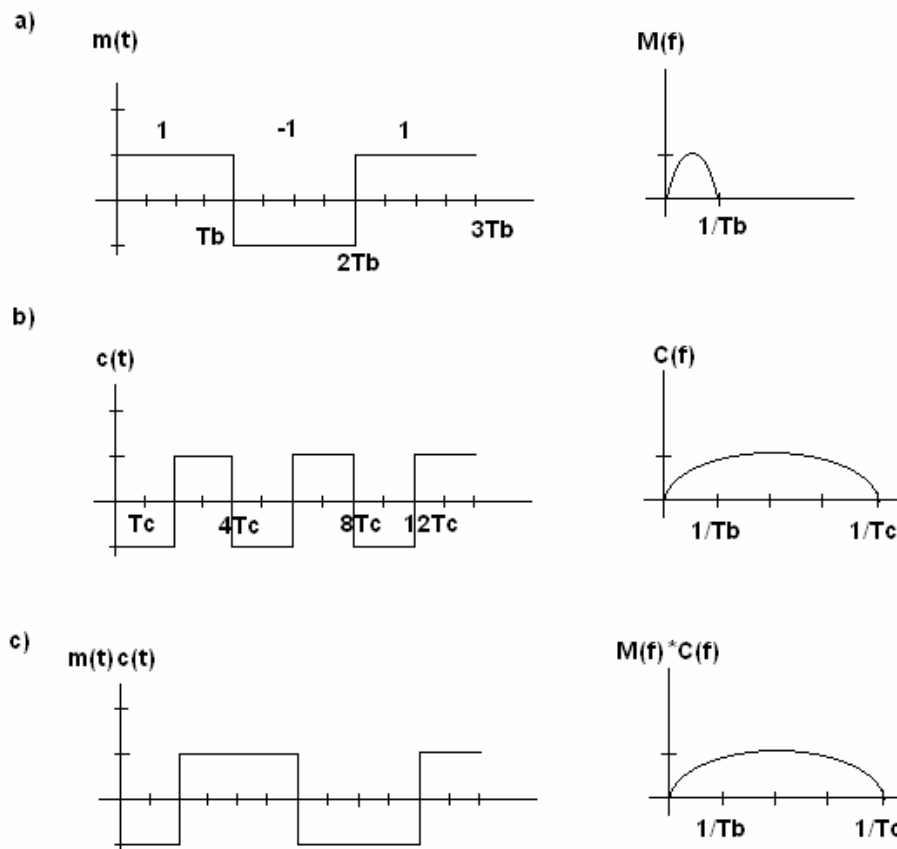
Espectro Ensanchado (SS por sus siglas en Inglés Spread Spectrum) es una forma de transmisión en la cual la señal ocupa un exceso de ancho de banda con respecto al mínimo necesario para enviar la información. El ensanchamiento se realiza por medio de la utilización de un código que es independiente de la información y una recepción sincronizada con el código en el receptor permite la recuperación de la información.

Existen tres técnicas utilizadas para implementar sistemas con SS:

- Secuencia Directa
- Salto de Frecuencia
- Salto de Tiempo

### 2.3.1.1 SS Secuencia Directa (Direct Sequence DS).

Con DS-SS la portadora es modulada con un código digital cuya tasa de bit es mayor que la tasa de bit de la información. Estos códigos deben ser ortogonales cumpliendo que la correlación cruzada<sup>1</sup> entre ellos debe ser cero. Hay dos maneras de generar este tipo de códigos: las funciones de Walsh y las secuencias Pseudo-randómicas de Ruido (códigos PN). La señal con información es multiplicada por la secuencia generada. En la Figura 2.9 se puede apreciar el resultado de esta multiplicación.



**Figura. 2.9. Espectro Ensanchado Secuencia Directa.** En a) se tiene una señal de información o mensaje  $m(t)$  y su representación en frecuencia. En b) se tiene la secuencia o código  $c(t)$ . En c) se encuentra la multiplicación de  $m(t)$  y  $c(t)$  que es la señal final. El ancho de banda ocupado es mayor.

### 2.3.1.2 SS Salto de Frecuencia (Frequency Hopping FH).

Con FH-SS la frecuencia de la portadora cambia con discretos incrementos de acuerdo a una secuencia de código generada. Estos códigos son elegidos de tal manera que no

<sup>1</sup> *Correlación cruzada.* - grado de correspondencia entre códigos distintos desplazados en el tiempo. En el dominio discreto es un producto de secuencias.

produzcan interferencia con otras señales. La frecuencia de señal permanece constante por un período de tiempo referido como tiempo de chip  $T_c$ .

Un sistema FH-SS puede ser de salto rápido cuando el salto de frecuencia corre a una tasa de bit más rápida que la tasa de bit de la información; y puede ser de salto lento cuando tasa de salto es más lenta que la tasa de bit de la información. En la Figura 2.10 se representa el salto de frecuencia.

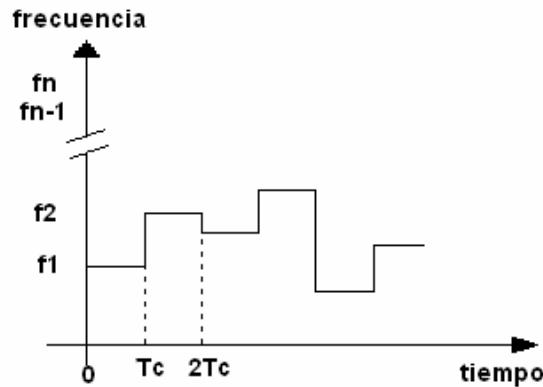


Figura. 2.10. Espectro Ensanchado con salto de Frecuencia.

En determinados tiempos la portadora tiene una frecuencia pero cambia dentro de un rango de  $n$  frecuencias. En este caso se supone que la tasa de salto es la misma que la tasa de bit de la información.

### 2.3.1.3 SS Salto de Tiempo (Time-Hopped TH).

Con SS-TH el tiempo de transmisión es dividido en intervalos llamados tramas. Cada trama es dividida en ranuras o slots. Durante cada trama solo un spot es modulado con la información. Todos los bits de información acumulados en tramas anteriores son transmitidos. SS-TH se muestra en la Figura 2.11.

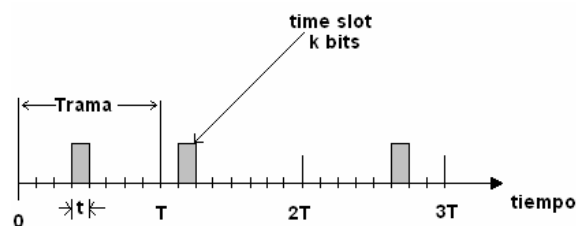


Figura. 2.11. Espectro Ensanchado con salto de Tiempo.

Se puede ver que la trama contiene los time slots. Si  $M$  es el número de time slots que puede contener la trama y  $T$  el tiempo de cada trama, entonces  $t=T/M$ , es el tiempo de cada time slot. En la Tabla 2.4 se realiza un breve resumen de las tecnologías de acceso múltiple.

<b>Tecnologías de Acceso Múltiple</b>		
<b>FDMA</b>	<b>TDMA</b>	<b>CDMA</b>
Se separa el espectro en distintos canales de voz, al separar el ancho de banda en frecuencias uniformes.  La tecnología FDMA es mayormente utilizada para la transmisión analógica. Esta tecnología no es recomendada para transmisiones digitales, aun cuando es capaz de llevar información digital.	Se comprime las conversaciones (digitales), y las envía cada una utilizando la señal de radio por un tercio de tiempo solamente. La compresión de la señal de voz es posible debido a que la información digital puede ser reducida de tamaño por ser información binaria (unos y ceros). Debido a esta compresión, la tecnología TDMA tiene tres veces la capacidad de un sistema analógico que utilice el mismo número de canales.	Después de digitalizar la información, se transmite a través de todo el ancho de banda disponible. Varias llamadas son sobrepuestas en el canal, y cada una tiene un código de secuencia único. Usando la tecnología CDMA, es posible comprimir entre 8 y 10 llamadas digitales para que estas ocupen el mismo espacio que ocuparía una llamada en el sistema. Analógico.

**Tabla. 2.4. Comparación entre tecnologías de acceso múltiple.**

Cabe destacar que la técnica de Espectro Ensanchado fue creada para usos militares debido a la seguridad e inmunidad frente a interferencias. Es muy difícil interceptar señales de tipo Espectro Ensanchado debido a la presencia de los códigos. En un ambiente de negocios son vitales los aspectos de seguridad y privacidad. Con SS se puede tener alrededor de 4.4 trillones de códigos, así que usado en CDMA virtualmente elimina la clonación de dispositivos. Actualmente este sistema ha sido adoptado para las comunicaciones comerciales.

### **2.3.2 Modos de Operación en Comunicaciones Inalámbricas**

Existen dos modos de operación en comunicaciones inalámbricas: TDD y FDD. TDD se refiere a una Duplexión por División de Tiempo y FDD se refiere a Duplexión por

División de Frecuencia. En FDD, el receptor y el transmisor operan simultáneamente en diferentes frecuencias con su respectiva separación para prevenir interferencias entre ellos. En TDD se utiliza un flujo de información bidireccional como una comunicación simplex cambiando automáticamente en el tiempo la dirección de transmisión en una sola frecuencia. En la Figura 2.12 se tiene un gráfico que representa estas dos posibilidades de operación en comunicaciones inalámbricas.

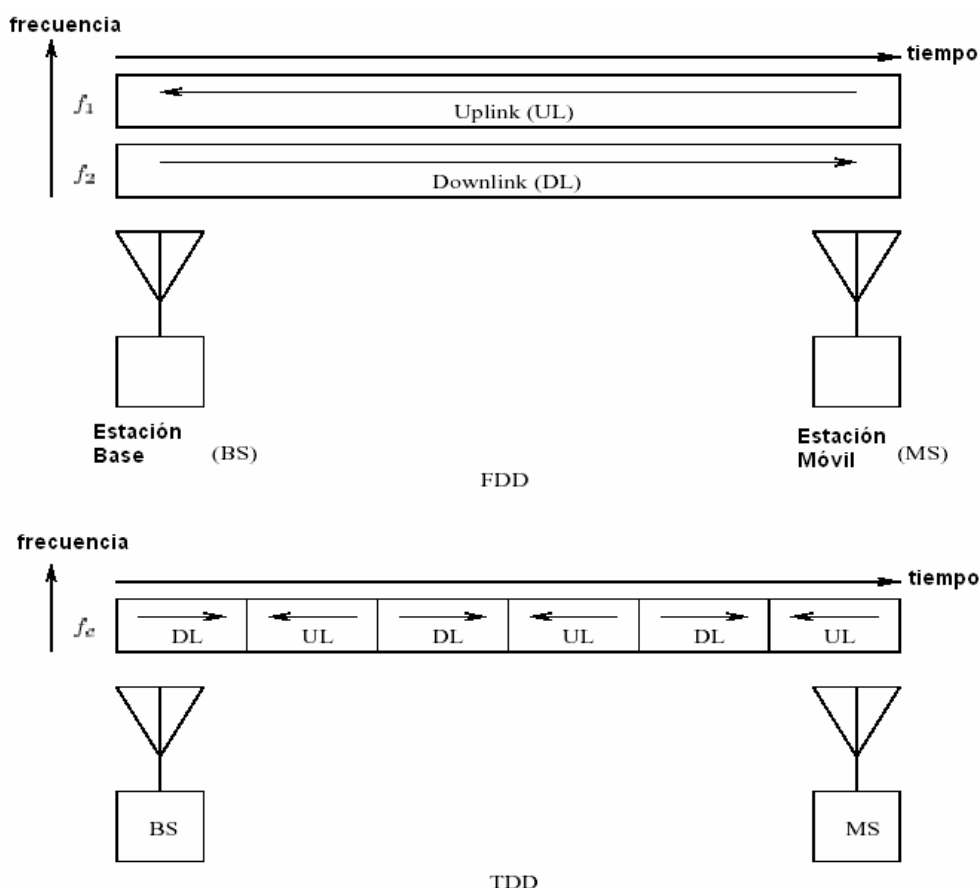


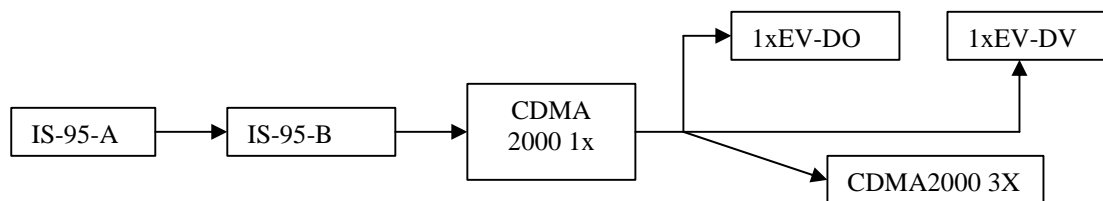
Figura. 2.12. Modos de Operación Redes Inalámbricas.

## 2.4 CDMA2000 1X

### 2.4.1 Evolución de CDMA

La historia de CDMA comienza por su primer estándar llamado cdmaOne (TIA/EIA IS-95). Se llamó así porque se refiere a un sistema inalámbrico punto a punto (uno a uno). La evolución de CDMA se muestra en la Figura 2.13.





**Figura. 2.13. Evolución de CDMA**

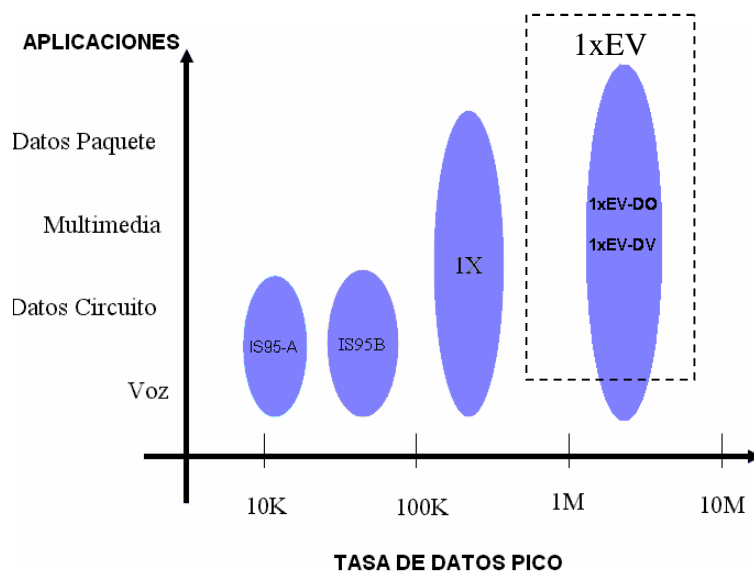
Los sistemas IS-95 dividen el espectro en portadoras de 1.25 MHz. Fue publicado por primera vez en Julio de 1993. Fue denominado como Protocolo de Revisión 1. El IS-95 A fue publicado en Mayo de 1995 y fue denominado como Protocolo de Revisión 2. Los requerimientos técnicos especificados en este estándar aseguran que una estación móvil pueda tener servicio en cualquier sistema celular operante bajo IS-95. Se establece una estándar de compatibilidad para sistemas SS de banda ancha.

IS-95 describe los canales, el control de potencia, el proceso de llamadas, los handoffs y las técnicas de registro para la operación de sistemas celulares. Una especificación adicional fue publicada la cual describe la interacción entre los sistemas IS-95 y PCS CDMA. Esta especificación es la TSB-74. Los sistemas que implementan estos dos estándares son denominados Protocolo de Revisión 3.

Algunos años después llegó el CDMA2000, también conocido como IMT-CDMA Multi-Carrier o IS-2000. Es un sistema que permite tener varias portadoras. Esta tecnología es el fruto de la evolución de los estándares IS-95 (o cdmaOne) hacia la tercera generación 3G.

El CDMA 2000 puede ser desplegado en varias fases. La primera fase es CDMA 1x que soporta un promedio de 144 kbps de velocidad en transmisión de datos en un ambiente móvil. Existe además el CDMA 3x que se basa en mejorar las tasas de transferencia de datos. La siguiente fase después de CDMA1x es CDMA1xEV, basado en el estándar 1x, el sistema 1xEV mejora la velocidad de procesamiento de datos, obteniendo velocidades máximas de 2 Mbits/seg., sin tener que utilizar más de 1,25 MHz del espectro. Los requisitos para los operadores recién establecidos con respecto a 1xEV establecen dos fases. En la primera Cdma2000 1xEV-DO (Data Only) usa una portadora dedicada para datos y ofrece velocidades de datos en punta de 2.4 Mbps. La fase 2, Cdma2000 1X EV-DV (Data and Voice) se centra en las funciones de datos y de voz en tiempo real, así como

en la mejora del funcionamiento para mayor eficiencia en voz y en datos. Esta última fase no ha tenido mucha acogida en el País, pero es una alternativa interesante para las telecomunicaciones.



**Figura. 2.14. Aplicaciones en evolución de CDMA**

El CDMA2000 RTT (Radio Transmisión Technology) utiliza el criterio de Spread Spectrum y CDMA para satisfacer las necesidades de la tercera generación de los sistemas de comunicaciones inalámbricas. Además utiliza FDD como método de operación. Este sistema se caracteriza por su alta capacidad y celdas de radio pequeño, que emplea espectro extendido y un esquema de codificación especial y lo mejor de todo es muy eficiente en potencia. En la Figura 2.14 se observan las diferentes aplicaciones que se brindan de acuerdo al sistema CDMA. Los servicios con la evolución de CDMA han ido mejorando y las tasas de dato se han incrementado significativamente. (Ver tabla 2.5)

TECNOLOGÍA	TASA DE DATOS (pico)
IS-95 A	14.4 Kbps
IS-95 B	64 Kbps
CDMA2000 1XRTT	144 Kbps
CDMA2000 1X EV-DO	2 Mbps

**Tabla. 2.5. Tecnología CDMA y Tasa de datos Pico.**

TECNOLOGÍA	CANALES	TIPO DE CANAL	ACCESO
AMPS	30 kHz	full duplex	FDMA
TACS	25 kHz	full duplex	FDMA
TDMA (IS-54)	30 kHz (6 time slots)	full duplex	TDMA
GSM	200 kHz(8 time slots)	full duplex (conmutación circuitos)	TDMA
GPRS (solo datos)	200 kHz (parte de 8 time slots)	full duplex (conmutación paquetes)	TDMA
IS-95 A/B	1.25 MHz entre 800-900MHz	full duplex (conmutación circuitos/ paquetes)	CDMA
CDMA2000	1.25 MHz entre 800-1900MHz	full duplex (conmutación circuitos/ paquetes)	CDMA
WCDMA	5 MHz entre 800-1900MHz	full duplex (conmutación circuitos/ paquetes)	CDMA

**Tabla. 2.6. Canales de distintos tipos de Tecnologías Celulares.**

Así como se han mejorado los servicios y por ende las tasas de transmisión de datos posibilitando la conexión a Internet desde el teléfono móvil, ha habido cambios en las características de los canales utilizados en las tecnologías. En la tabla 2.6 se comparan las características de ancho de banda de dichos canales en algunas tecnologías de evolución de la Telefonía Móvil Celular.

#### 2.4.2 Características generales de CDMA2000

Cdma2000 1X utiliza una portadora de 1.25 MHz y una modulación QPSK (4-PSK). Es una tecnología eficiente y robusta, soportando voz y datos. Con respecto a voz se tiene mejor calidad y con respecto a datos se tienen mayores tasas con HSPD (High Speed Packet Data). Los dos servicios son soportados por la misma portadora lo que es una gran ventaja en utilización del espectro radioeléctrico.

Los sistemas basados en FDMA y TDMA son limitados en dimensionamiento, debido al limitado número de frecuencias separadas y la cantidad de time slots respectivamente. Con SS se tiene tolerancia a la interferencia. Cada usuario en un sistema CDMA2000 introduce un nivel propio de interferencia que depende del nivel de potencia recibido en

una celda, su tiempo de sincronización relativo a otras señales en la misma celda y su correlación cruzada con otras señales CDMA.

El número de canales en el sistema depende del nivel de interferencia total que puede ser tolerada sin perjudicar la calidad de la señal. Las técnicas de FEC (Forward Error Correction) mejoran la tolerancia a la interferencia y en general el desempeño del sistema.

Se asume que en una celda, el nivel de señal recibida de cada teléfono es el mismo y la interferencia vista por cada receptor es modelada como ruido Gaussiano. La fórmula utilizada para calcular teóricamente el número de usuarios en un sistema CDMA es la siguiente:

$$M = \frac{G_p}{E_b / N_o} \times \frac{1}{1 + \beta} \times \alpha \times \frac{1}{\nu} \times I$$

donde  $G_p$  es la ganancia del procesamiento,  $E_b/N_o$  es la energía de bit respecto al ruido,  $\beta$  es un factor de interferencia en celdas adyacentes que varía de 0.4 a 0.55,  $\alpha$  es un factor de precisión del poder de control que varía de 0.5 a 0.9,  $\nu$  es un factor de actividad de voz que varía de 0.45 a 1 y  $\lambda$  es un factor de mejoramiento de interferencia en una celda con sectores. Para el caso de 3 sectores se tienen un valor de  $\lambda$  de 2.55.

Los valores promedio de estos factores son los siguientes:

$$\begin{aligned}\beta &= 0.5 \\ \alpha &= 0.85 \\ \nu &= 0.6 \\ \lambda &= 2.55\end{aligned}$$

La  $G_p$  es la división entre el Ancho de banda total y la tasa de información a transmitir. Hay que tomar en cuenta que para diseñar un sistema inalámbrico se utiliza un  $E_b/N_o$  de 6 dB.

Por ejemplo si se utiliza una portadora de 1.25 MHz para transmitir datos a 9.6 Kbps, para estimar el número de usuarios móviles para un sistema CDMA se hace el siguiente cálculo:

$$Gp = \frac{1.25 \times 10^6}{9.6 \times 10^6} = 130$$

$$\frac{Eb}{No} = 6dB = 3.98$$

$$M = \frac{130}{3.98} \times \frac{1}{1+0.5} \times 0.85 \times \frac{1}{0.6} = 30.84 \approx 31 \text{ usuarios por sector}$$

Existen varias ventajas y beneficios de la tecnología de CDMA, que la ponen muy por encima de su competidor TDMA.

#### 2.4.2.1 Control del nivel de potencia.

Empleando técnicas de procesamiento de señales, corrección de error, etc., se implementa una serie de ciclos de retroalimentación. Con un control automático de la ganancia en las terminales y una supervisión constante del nivel de señal a ruido y tasas de error en la radio base, los picos en el nivel de potencia son regulados con circuitería electrónica que ajusta la potencia a una razón de 800 veces por segundo. Este punto es importante porque en una celda congestionada, la potencia de todas las terminales se elevaría creando interferencia mutua. En el margen, las transmisiones a alta potencia inundarían a las celdas vecinas donde estas podrían ser tomadas por la radio base adyacente.

En una celda con poca densidad, la potencia es tan baja que la celda se reduce efectivamente, transmitiendo sin interferencia hacia las celdas vecinas mejorando el desempeño de las mismas. Este tipo de ajustamiento dinámico en el tamaño de las celdas es imposible en TDMA, donde las celdas adyacentes utilizan diferentes frecuencias.

Existe un bajo consumo de potencia y las baterías son más duraderas en los terminales debido a la característica anterior de control de potencia, así las baterías son mas pequeñas.

Existen dos tipos de control: lazo abierto y lazo cerrado. En lazo abierto la BTS no tiene injerencia en el control de la potencia de transmisión del móvil, siendo éste el que realice el control de acuerdo a la potencia de señal recibida. En el control de lazo cerrado interactúan la BTS y la MS. La BTS le ordena al MS si debe o no aumentar la potencia de transmisión en Reverse dependiendo de las condiciones del enlace. Este control funciona de la siguiente manera:

- La BTS monitorea continuamente el Eb/No del canal de Reverse.
- Si el Eb/No es muy alto, la BTS le dice a la MS que decremente su potencia de transmisión.
- Si el Eb/No es muy bajo, la BTS le dice a la MS que incremente su potencia de transmisión.

#### **2.4.2.2 Resistencia a multitr trayectorias.**

Las multitr trayectorias en CDMA en vez de ocasionar problemas con la señal, la fortalece más. Esto conduce a una casi eliminación de la interferencia y desvanecimiento. En TDMA por el contrario, por ser basada en el tiempo, las multitr trayectorias son un problema. Señales que vienen de distintas trayectorias desfasadas en el tiempo ocasionan que estén interfieran a las ranuras adyacentes haciendo que se interfieran las llamadas y se caigan. El móvil cdma tiene receptores RAKE que reciben todas las señales y utilizan la mejor.

Un receptor RAKE utiliza múltiples correladores para detectar separadamente los M componentes más fuertes dentro de una multitr trayectoria. Las amplitudes y fases relativas de las componentes de multitr trayectoria son encontradas utilizando la correlación cruzada entre la señal réplicas de la misma desfasadas en el tiempo o viceversa.

#### **2.4.2.3 Ancho de banda en demanda.**

El canal de 1.25 MHz de CDMA provee un recurso común a todas las terminales en un sistema de acuerdo a sus propias necesidades, como podría ser voz, fax, datos u otras aplicaciones. En un tiempo dado, la porción de este ancho de banda que no sea usada por una terminal, estará disponible para otro usuario. Debido a que CDMA utiliza una porción grande de espectro repartida entre varios usuarios, provee flexibilidad en el ancho de banda para permitir servicios en demanda. Bajo TDMA donde los canales son fijos y pequeños, esto no es posible.

#### **2.4.2.4 Handoff.**

La estación móvil se mueve dentro de una zona geográfica extensa. Es por eso que cuando pasa de un lugar con cobertura de una BTS a otro lugar con cobertura de otra BTS, la comunicación no debe perderse, es decir, si esta en una llamada la misma debe continuar donde sea que exista cobertura. El proceso que hace posible esta continuidad de

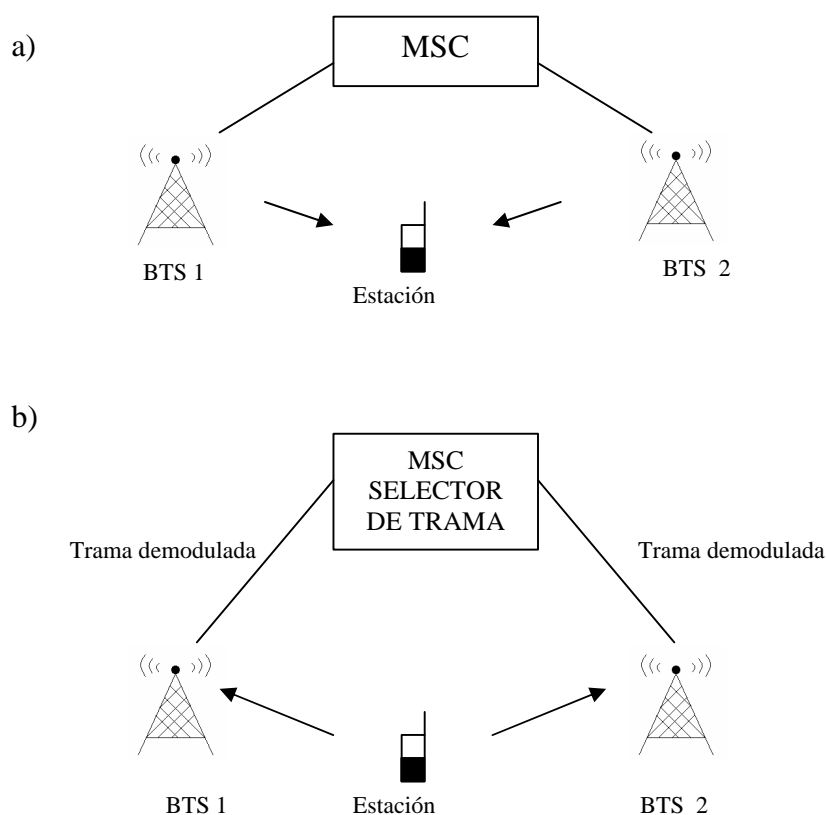
comunicación se llama Handoff. Existen algunos tipos de Handoff que se explican a continuación:

### Soft Handoff

Cuando un móvil pasa de una celda con una BTS a otra celda con otra BTS, el canal de tráfico se mantiene conectado simultáneamente con las dos BTS. Esto significa que el canal de tráfico esta siempre presente (en llamada).

En el enlace de Forward el móvil utiliza los receptores Rake para demodular dos señales simultáneas de dos BTS diferentes. Estas dos señales son combinadas para obtener una sola señal mejor. En el enlace de Reverse la señal del Móvil es recibida por las dos BTS, las cuales a su vez demodulan las respectivas señales para ser enviadas a la MSC, elemento que decide cual trama es la mejor.

En la Figura 2.15 se representa el Soft Handoff en los enlaces de Forward y Reverse.



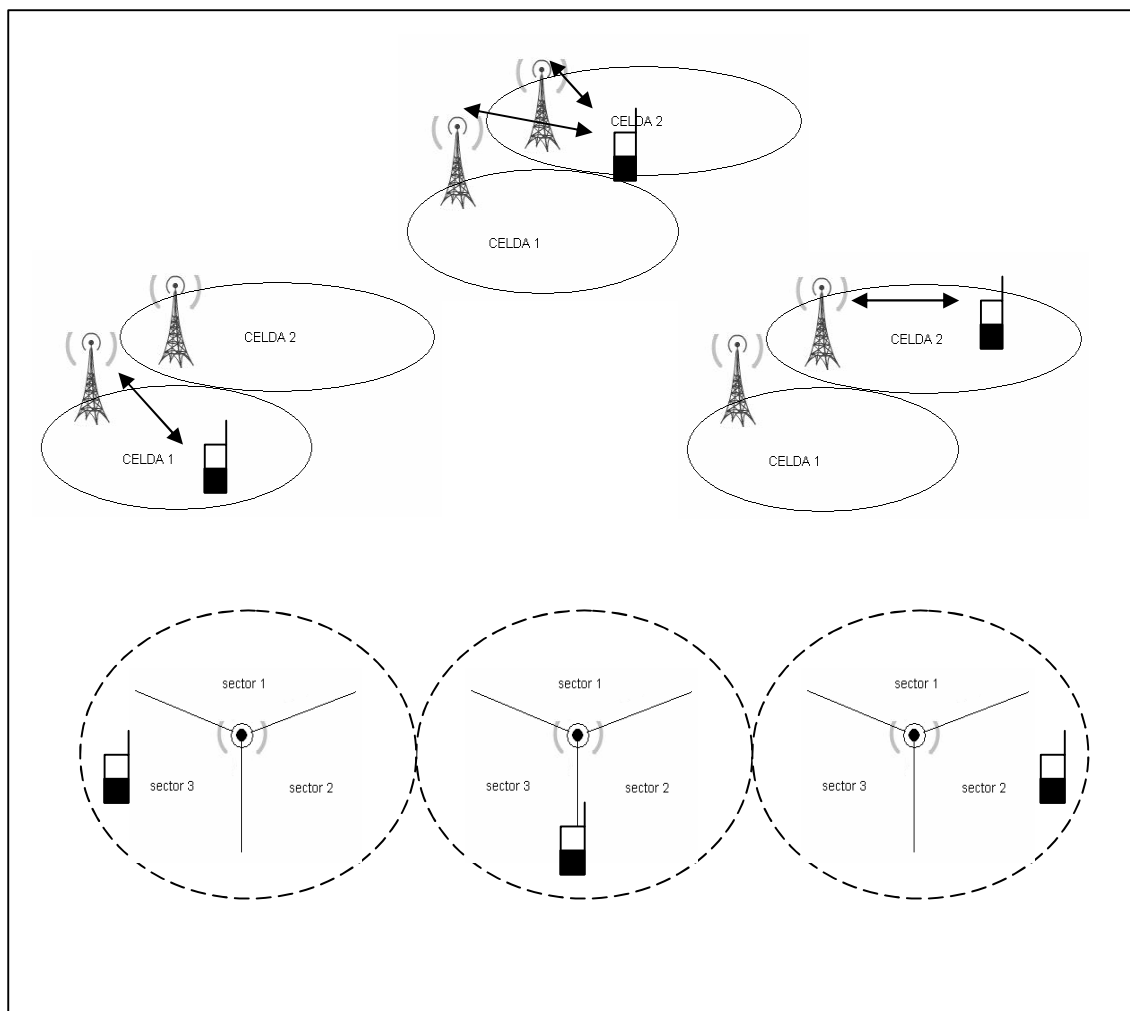
**Figura. 2.15. Soft Handoff. a) Forward b) Reverse**

### Softer Handoff

Este tipo de handoff ocurre cuando el móvil se mueve dentro de dos sectores de una misma celda, es decir, con una llamada establecida se mueve de un sector hacia otro de la misma celda.

En el enlace de Forward ocurre lo mismo que con soft handoff pero en este caso los receptores Rake demodulan las señales de dos sectores de la celda.

En el enlace de Reverse, los dos sectores reciben la señal del móvil y la demodulan pero solo una trama es enviada al MSC. En la Figura 2.16 se ve una representación del Soft y Softer Handoff.



**Figura. 2.16. Handoff ente celdas y sectores de cada celda.**



### Hard handoff

A su vez se divide en dos tipos de handoff: CDMA-to-CDMA handoff que ocurre cuando el móvil tiene una transición entre dos portadoras de CDMA (dos canales SS que están centrados en distintas frecuencias) y CDMA-to-Analog handoff que ocurre cuando la llamada se mantiene cuando se pasa a una red analógica.

Se puede tener el caso de un soft-soft handoff que ocurre cuando el móvil se comunica con dos sectores de una celda y un sector de otra.



**Figura. 2.17. Handoff entre portadoras de CDMA**

Hay que destacar que cada sector en un sistema CDMA difiere de otro por el canal piloto y tiene como característica su PN.

#### **2.4.2.5 Compatibilidad de terminales anteriores.**

Los terminales que funcionan bajo CDMA son compatibles con su versión antecesora. Un terminal de tercera generación como cdma2000, es compatible con un terminal cdmaOne de segunda generación.

#### **2.4.3 Características de RF de CDMA**

En el enlace de Forward utiliza los códigos Walsh para separar usuarios individuales mientras que en enlace de Reverse utiliza los códigos PN para la canalización.

##### **2.4.3.1 Códigos Walsh.**

Mientras los usuarios ocupan la misma banda de RF son separados unos de otros con la utilización de códigos Walsh. Se utilizan 64 códigos para cada sector de una celda. Estos códigos (secuencias) son ortogonales entre sí y son generados usando la matriz de Hadamard. Adicionalmente se utiliza una recursión para generar matrices de mayor grado a partir de las de menor grado. A continuación se encuentra la matriz de recursión.

$$H_{2N} = \begin{pmatrix} H_N & H_N \\ H_N & \overline{H_N} \end{pmatrix}$$

en donde  $\overline{H_2}$  contiene los elementos invertidos de  $H_2$  (se cambia el 1 por un cero y un cero por un 1). La matriz generadora básica es la  $H_2$  que se muestra a continuación:

$$H_2 = \begin{pmatrix} \mathbf{0} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{1} \end{pmatrix}$$

Para derivar de esta matriz un set de cuatro secuencias de Walsh se necesita generar una matriz de orden 4 de la siguiente manera:

$$H_4 = \begin{pmatrix} H_2 & H_2 \\ H_2 & \overline{H_2} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 0 \end{pmatrix}$$

Entonces las secuencias generadas son las siguientes:

$$w_0 = [0 \ 0 \ 0 \ 0]$$

$$w_1 = [0 \ 1 \ 0 \ 1]$$

$$w_2 = [0 \ 0 \ 1 \ 1]$$

$$w_3 = [0 \ 1 \ 1 \ 0]$$

Si se cambian los 0's por -1's en cada una de las secuencias se verificara que la correlación cruzada es cero excepto en la primera secuencia  $w_0$ , es por ese motivo que no se utiliza esta secuencia para transmitir información. Entonces de los 64 códigos utilizados en un sector de una celda para el enlace de Forward solo se pueden utilizar 63 códigos (canales).

El siguiente ejemplo indica cómo se utiliza la asignación de los códigos Walsh y la técnica de SS usada en CDMA. Se supone que tres diferentes usuarios conectados al mismo tiempo quieren enviar tres mensajes separados. Estos mensajes son:

$$m_1 = [+1 \ -1 \ +1]$$

$$m_2 = [+1 \ +1 \ -1]$$

$$m_3 = [-1 \ +1 \ +1]$$

A cada usuario se le asigna un código Walsh respectivamente los cuales están a continuación:

$$\begin{aligned}w_1 &= [-1 \quad +1 \quad -1 \quad +1] \\w_2 &= [-1 \quad -1 \quad +1 \quad +1] \\w_3 &= [-1 \quad +1 \quad +1 \quad -1]\end{aligned}$$

En este caso la tasa de chips<sup>1</sup> del código Walsh es cuatro veces la tasa de bit del mensaje. Esto produce una ganancia de procesamiento de 4. A continuación se muestra como actúa el código sobre cada uno de los mensajes:

$$\begin{aligned}m_1(t) &= 1 \quad \quad \quad -1 \quad \quad \quad 1 \\m_1(t) &= 1 \quad 1 \quad 1 \quad 1 \quad -1 \quad -1 \quad -1 \quad -1 \quad 1 \quad 1 \quad 1 \quad 1 \\w_1(t) &= -1 \quad 1 \quad -1 \quad 1 \quad -1 \quad 1 \quad -1 \quad 1 \quad -1 \quad 1 \quad -1 \quad 1 \\m_1(t) w_1(t) &= -1 \quad 1 \quad -1 \quad 1 \quad 1 \quad -1 \quad 1 \quad -1 \quad -1 \quad 1 \quad -1 \quad 1\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}m_2(t) &= 1 \quad \quad \quad 1 \quad \quad \quad -1 \\m_2(t) &= 1 \quad 1 \quad 1 \quad 1 \quad 1 \quad 1 \quad 1 \quad 1 \quad -1 \quad -1 \quad -1 \quad -1 \\w_2(t) &= -1 \quad -1 \quad 1 \quad 1 \quad -1 \quad -1 \quad 1 \quad 1 \quad -1 \quad -1 \quad 1 \quad 1 \\m_2(t) w_2(t) &= -1 \quad -1 \quad 1 \quad 1 \quad -1 \quad -1 \quad 1 \quad 1 \quad 1 \quad 1 \quad -1 \quad 1\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}m_3(t) &= -1 \quad \quad \quad 1 \quad \quad \quad 1 \\m_3(t) &= -1 \quad -1 \quad -1 \quad -1 \quad 1 \quad 1 \quad 1 \quad 1 \quad 1 \quad 1 \quad 1 \quad 1 \\w_3(t) &= -1 \quad 1 \quad 1 \quad -1 \quad -1 \quad 1 \quad 1 \quad -1 \quad -1 \quad 1 \quad 1 \quad -1 \\m_3(t) w_3(t) &= 1 \quad -1 \quad -1 \quad 1 \quad -1 \quad 1 \quad 1 \quad -1 \quad -1 \quad 1 \quad 1 \quad -1\end{aligned}$$

La señal SS de los tres mensajes es combinada para crear una señal compuesta C (t):

$$C(t) = m_1(t) w_1(t) + m_2(t) w_2(t) + m_3(t) w_3(t)$$

En este caso la señal C(t) resultante es la siguiente:

$$C(t) = -1 \quad -1 \quad -1 \quad 3 \quad -1 \quad -1 \quad 3 \quad -1 \quad -1 \quad 3 \quad -1 \quad -1$$

<sup>1</sup> Chips.- en SS la tasa de bits de la señal que expande el espectro se llamada tasa de chips.

Esta señal  $C(t)$  es transmitida por RF. Una vez que el receptor recibe a  $C(t)$  éste multiplica la señal por el respectivo código Walsh de cada mensaje para recuperarlo de la siguiente manera:

$$C(t)w_1(t) = 1 \quad -1 \quad 1 \quad 3 \quad 1 \quad -1 \quad -3 \quad -1 \quad 1 \quad 3 \quad 1 \quad -1$$

$$C(t)w_2(t) = 1 \quad 1 \quad -1 \quad 3 \quad 1 \quad 1 \quad 3 \quad -1 \quad 1 \quad -3 \quad -1 \quad -1$$

$$C(t)w_3(t) = 1 \quad -1 \quad -1 \quad -3 \quad 1 \quad -1 \quad 3 \quad 1 \quad 1 \quad 3 \quad -1 \quad -1$$

Luego el receptor realiza una integral o suma todos los valores de cada período de chip y se obtienen las señales  $M_1(t)$ ,  $M_2(t)$  y  $M_3(t)$ :

$$\begin{array}{r} C(t)w_1(t) = 1 \quad -1 \quad 1 \quad 3 \quad 1 \quad -1 \quad -3 \quad -1 \quad 1 \quad 3 \quad 1 \quad -1 \\ M_1(t) = \qquad \qquad \qquad 4 \qquad \qquad \qquad -4 \qquad \qquad \qquad 4 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} C(t)w_2(t) = 1 \quad 1 \quad -1 \quad 3 \quad 1 \quad 1 \quad 3 \quad -1 \quad 1 \quad -3 \quad -1 \quad -1 \\ M_2(t) = \qquad \qquad \qquad 4 \qquad \qquad \qquad 4 \qquad \qquad \qquad -4 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} C(t)w_3(t) = 1 \quad -1 \quad -1 \quad -3 \quad 1 \quad -1 \quad 3 \quad 1 \quad 1 \quad 3 \quad -1 \quad -1 \\ M_3(t) = \qquad \qquad \qquad -4 \qquad \qquad \qquad 4 \qquad \qquad \qquad 4 \end{array}$$

Finalmente un umbral de decisión recibe las funciones  $M_1(t)$ ,  $M_2(t)$  y  $M_3(t)$  para utilizar la siguiente regla:

$$\tilde{m}(t) = 1 \quad \text{si } M(t) > 0$$

$$\tilde{m}(t) = -1 \quad \text{si } M(t) < 0$$

Entonces las señales recuperadas son:

$$\tilde{m}_1(t) = 1 \quad -1 \quad 1$$

$$\tilde{m}_2(t) = 1 \quad 1 \quad -1$$

$$\tilde{m}_3(t) = -1 \quad 1 \quad 1$$

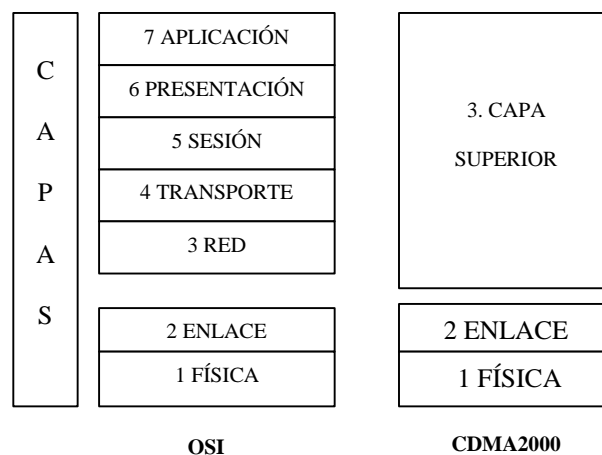
Cabe recalcar que es necesaria una buena sincronización para que existan problemas en la recepción de los mensajes.

### 2.4.3.2 Códigos PN.

Existen dos tipos de códigos PN, los cortos que son asignados a cada sector de una BTS y los largos que son asignados a los teléfonos para que llevar información encriptada con su número de identificación móvil (MIN). Estos códigos son generados con registros de desplazamiento y el funcionamiento con respecto a la señal es el mismo que se vio en el ejemplo anterior.

## 2.5 ARQUITECTURA DE CDMA2000

Al referirse a la arquitectura de CDMA2000 se entiende la estructura de un modelo que ayude a entender el funcionamiento del sistema. Este modelo se lo realiza a través de capas. El modelo OSI (Open Systems Interconnection) fue creado por la ISO (International Standard Organization) como un modelo de referencia. Bastantes arquitecturas de sistemas adoptan este modelo como referencia para explicar sus funcionalidades. El modelo OSI se basa en capas y describe 7 capas en su estructura. La estructura de CDMA2000 también se basa en capas pero este sólo tiene 3. En CDMA se manejan tres capas: Física, Enlace y Superior. En la Figura 2.18 se puede apreciar una comparación de las capas de CDMA2000 con las del modelo OSI.



**Figura. 2.18. Comparación del modelo OSI con CDMA (capas)**

En la Figura 2.19 se muestra la estructura de capas de CDMA 2000.

Capas superiores	IS-95 Capa de señalización de circuito	cdma2000 Capa de señalización superior	Otra capa de señalización superior	Servicio de paquete de datos	Servicios de voz	Servicio de datos (circuito)	
Capa de enlace	IS-95 Capa de señalización 2	cdma2000 Capa de señalización 2	Otra Capa de señalización 2	Capa de paquete de datos 2	Capa nula 2	Capa de circuito de datos2	Sub-capa LAC
	PLICF						Sub-capa MAC
	PLDCF Subcapa de PLDC MUX y QoS						
Capa Física	Cdma2000 Capa Física						

**Figura. 2.19. Capas Arquitectura CDMA.**

### 2.5.1 Capa Superior

Esta capa contiene tres servicios básicos:

- Servicios de Voz.- que se refiere a servicios de telefonía que incluye acceso a la PSTN y entre móviles.
- Servicios de datos de usuario final.- todos los servicios que incluyen cualquier forma de datos para el usuario final como datos en paquetes (servicios IP), datos en circuitos (emulación de servicios de B-ISDN) y SMS (sistema de mensajes cortos).
- Señalización.- servicios que controlan todos los aspectos de operación del móvil.

En la capa 3 se crean PDU (Protocol Data Unit) que son pasados a las capas de abajo donde se encapsulan y se envían. En el lado receptor los PDU de las capas bajas son tratados y resultan en Service Data Units que son enviados a la capa 3 para su procesamiento. Esto ocurre en las dos direcciones cuando se comunica la estación Móvil con la estación Base y viceversa.

## 2.5.2 Capa de Enlace

La Capa de enlace provee niveles variables de fiabilidad y calidad de servicio (QoS) acorde a las necesidades de los servicios de la Capa Superior. Se tienen protocolos de soporte y mecanismos de control para los servicios de transporte de datos y realiza todas las funciones necesarias para convertir los requerimientos de transporte de datos de la capa superior a capacidades y características específicas de la capa Física. Esta capa esta dividida en dos subcapas:

- Control de acceso de enlace (LAC Link Access Control)
- Control de acceso al medio (MAC Media Access Control)

La LAC administra los canales de las comunicaciones punto a punto y provee una estructura de soporte para los protocolos punto a punto de la capa de enlace. La MAC es una entidad de control de calidad de servicio (QoS). Sus principales funciones son: establecer los procedimientos necesarios para controlar el acceso a los servicios de datos a la capa física; una confiable transmisión sobre el enlace de radio con el Protocolo de Enlace de Radio (RLP) y una priorización de los requerimientos de accesos a servicios.

La MAC esta dividida en dos partes:

- Función de Convergencia Independiente de la Capa Física (PLICF)
- Función de Convergencia Dependiente de la Capa Física (PLDCF)

### 2.5.2.1 PLICF.

La PLICF provee servicio a la subcapa LAC. Cada instancia de PLICF mantiene un estado de servicio de sus correspondientes servicios. Los servicios usados por PLICF son definidos como un grupo de canales lógicos que transportan diferentes tipos de control o datos de información. El servicio de datos del PLICF consiste en los siguientes estados:

- Estado Nulo
- Estado de Inicialización
- Estado de Control
- Estado Activo
- Estado de Suspensión
- Estado de Dormat

El estado Nulo es el estado por defecto previo a la activación del servicio de paquetes de datos. Una vez que el servicio de paquetes de datos es requerido ocurre una transición al estado de Inicialización. Los canales de tráfico, control y control de potencia son asignados en el estado Activo. En el estado de Control se asigna un canal de control dedicado entre el móvil y la estación base, en el cual cualquier comando de control de la MAC se puede enviar. En el estado de Suspensión no hay canales dedicados establecidos desde o hacia el móvil. El estado de Dormant se presenta cuando no existe ningún intercambio de datos desde el móvil.

### 2.5.2.2 PLDCF.

Realiza una conexión entre los canales lógicos de PLICF y los canales lógicos soportados por la capa física. Además realiza las funciones de cualquier protocolo de requerimiento de repetición automática (ARQ). Para CDMA2000 se definen 4 ARQ's:

- Radio Link Protocol (RLP).- en el modo de operación no transparente, RLP usa el protocolo ARQ para retransmitir segmentos de datos que no fueron entregados por la capa física. En el modo transparente no retransmite segmentos de datos sino mantiene bytes de sincronización entre quien envía los datos y el receptor y notifica al receptor la falta de datos en una trama por ejemplo.
- Radio Burst Protocol (RBP).- este protocolo provee un mecanismo de entrega de segmentos de datos relativamente cortos sobre un canal común de tráfico.
- Signaling Radio Link Protocol.- es análogo al RLP pero es optimizado para canales de señalización dedicados.
- Signaling Radio Burst Protocol.- es análogo a RBP pero optimizado para señalización de información y el canal común de señalización.

La subcapa de PLDCF MUX y QoS coordina el multiplexado de canales de código del PLICF en varias instancias. Realiza además diferencias en QoS para las distintas instancias.



### 2.5.3 Capa Física

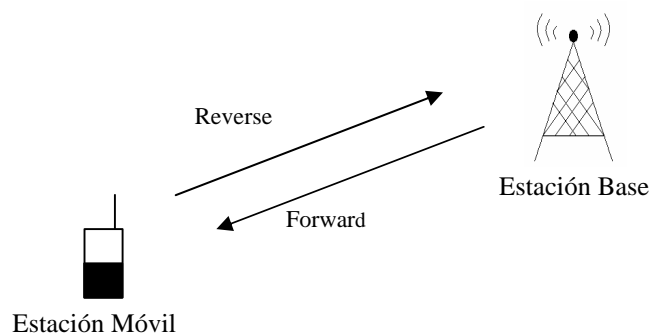
La capa física provee servicios de codificación y modulación para un conjunto de canales lógicos usados por la capa de PLDCF MUX y QoS. Esta capa define la estructura de la interfaz del canal de aire. Los canales físicos se clasifican como:

- Forward/Reverse Dedicated Physical Channels (F/R-DPHCH)
- Forward/Reverse Common Physical Channels (F/R-CPHCH)

### 2.6 CANALES DE CDMA2000

Se utiliza una nomenclatura especial para identificar los distintos canales. Un canal lógico es notado por tres o cuatro letras minúsculas seguidas de una “ch”. Un canal físico es notado por letras mayúsculas. La primera letra en el nombre del canal indica la dirección del canal, excepto por el canal de paging y acceso en los cuales la dirección esta implícitamente especificada.

Un canal de Reverse se establece desde la estación móvil hacia la estación base. Un canal de Forward se establece desde la estación base hacia la estación móvil. Esto se puede ver en la Figura 2.20.



**Figura. 2.20. Representación de Reverse y Forward**

En el enlace de Reverse se utilizan los códigos PN mientras que en enlace de Forward se utilizan los códigos de Walsh. En la Tabla 2.7 se muestra la nomenclatura para el nombramiento de los canales lógicos.

Primera letra	Segunda letra	Tercera letra
f = forward	d = dedicado	t = tráfico
r = reverse	c = común	m = MAC
		s = señalización

**Tabla. 2.7. Nomenclatura para los canales lógicos**

En la Tabla 2.8 se listan los canales físicos con sus respectivos nombres. Se utiliza la abreviatura para cada canal como nombre del canal.

Nombre del Canal	Canal Físico
F/R-FCH	Forward/Reverse Fundamental channel
F/R-SCH	Forward/Reverse Supplementary channel
F/RDCCCH	Forward/Reverse Dedicated Control channel
F-PCH	Forward Paging channel
R-ACH	Reverse Access channel
F/R-CCCH	Forward/Reverse Common Control channel
F-DAPICH	Forward Dedicated Auxiliary Pilot channel
F-CAPICH	Forward Common Auxiliary Pilot channel
F/R-PICH	Forward/Reverse Pilot channel
F-SYNC	Forward Sync channel

**Tabla. 2.8.- Canales físicos CDMA**

En el ANEXO 2 se puede observar la arquitectura de CDMA2000 con los canales que interactúan en las respectivas capas.

### 2.6.1 Canales Lógicos

A continuación se realizará una breve descripción de la funcionalidad de los canales lógicos tanto para en enlace de Forward o de Reverse

#### 2.6.1.1 Dedicated Traffic Channel (f/r-dtch).

Es un canal lógico de forward o reverse que se usa para transportar el tráfico de datos del usuario. Es un canal punto a punto y funciona en el estado Activo del servicio de datos.

### **2.6.1.2 Common Traffic Channel (f/r-ctch).**

Es un canal lógico de forward o reverse que se usa para transportar pequeños burst de datos asociados al servicio de datos en el estado de dormant. Es un canal punto a punto y se puede compartir el acceso entre algunos móviles.

### **2.6.1.3 Dedicated MAC Channel (f/r-dmch).**

Es un canal lógico de forward o reverse que se usa para transportar mensajes de MAC. Es un canal punto a punto y funciona en el estado Activo y de Control del servicio de datos. Se maneja información de control específicamente.

### **2.6.1.4 Reverse Common MAC Channel (r-cmch).**

Es un canal lógico de Reverse usado por el móvil cuando el servicio de datos esta en el estado de Dormant o de Suspensión. También lleva mensajes de MAC y puede ser compartido por un grupo de móviles.

### **2.6.1.5 Forward Common MAC Channel (f-cmch).**

Es un canal lógico de Forward usado por la estación base cuando el servicio de datos esta en el estado de Dormant o de Suspensión. También lleva mensajes de MAC. Es un canal punto-multipunto.

### **2.6.1.6 Dedicated Signaling Channel (dsch).**

En este canal se transporta información de señalización de la capa superior a una instancia simple de PLICF.

### **2.6.1.7 Common Signaling Channel (csch).**

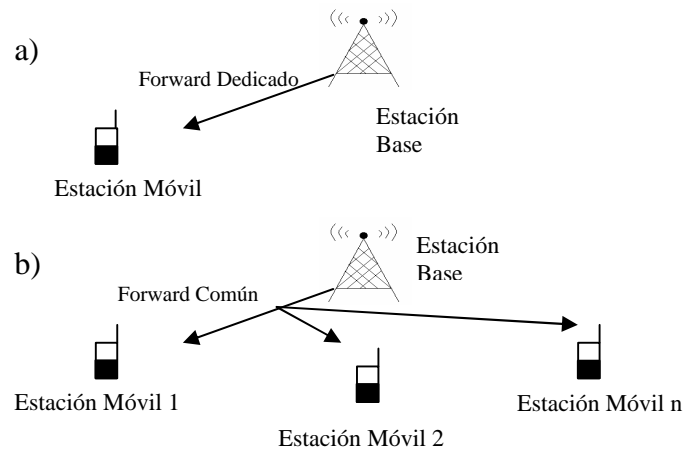
En este canal se transporta información de señalización de la capa superior que es compartido por varias instancias de PLICF (varios móviles).

## **2.6.2 Canales Físicos**

A continuación se realiza una breve explicación de la funcionalidad de cada canal físico ya sea de Reverse o de Forward.

### 2.6.2.1 Canales de Forward.

Los canales dedicados de Forward llevan información entre la estación base y la estación móvil. Los canales comunes de Forward llevan información desde la estación base a un grupo de estaciones móviles de una manera punto-multipunto.



**Figura. 2.21. Canales Forward, en a) se representa un canal de forward dedicado. En b) un canal de forward común.**

En la Figura 2.21 se ve la diferencia entre un canal dedicado y un canal común. En la Tabla 2.9 se encuentra un resumen de los canales físicos de Forward, con su especificación si es dedicado o común.

	<b>Canal Físico</b>	<b>Nombre del Canal</b>
<b>Comunes</b>	Forward Pilot Channel	F-PICH
	Forward Paging Channel	F-PCH
	Forward Sync Channel	F-SYNC
	Forward Common Control Channel	F-CCCH
	Forward Common Auxiliary Pilot Channel	F-CAPICH
	Forward Quick Paging Channel	F-QPCH
	Forward Broadcast Common Channel	F-BCCH
<b>Dedicados</b>	Forward Dedicated Auxiliary Pilot Channel	F-DAPICH
	Forward Dedicated Common Control Channel	F-DCCH
	Forward Traffic Channel	F-FCH
	Fundamental Supplementary	F-SCH

**Tabla. 2.9. Canales Físicos de Forward**

### **2.6.2.1.1 Forward Pilot Channel (F-PICH).**

Es un canal común y continuo de broadcast dentro de la celda para proveer información de tiempo y de fase a los móviles. Este canal es compartido por todos los canales de tráfico y es usado para:

- Estimar la ganancia del canal y la fase
- Detectar multitrayectorias de tal manera que los receptores tomen la mejor señal.
- Ayuda para el handoff.

### **2.6.2.1.2 Forward Sync Channel (F-SYNC).**

Es un canal común usado por los móviles operantes dentro de una celda para poder adquirir el tiempo inicial de sincronismo con la estación base.

### **2.6.2.1.3 Forward Paging Channel (F-PCH).**

Un sistema CDMA puede tener varios canales de Paging por estación base. Este canal es común y utilizado para enviar información y mensajes desde la estación base a la estación móvil. Opera con una tasa de 9.6 o 4.8 Kbps. Por ejemplo por este canal se notifica a los teléfonos que tienen una llamada o un mensaje de texto.

### **2.6.2.1.4 Forward Common Control Channel (F-CCCH).**

Es un canal común usado para la comunicación de la capa 3 y los mensajes de MAC de la estación base al móvil.

### **2.6.2.1.5 Forward Common Auxiliary Pilot Channel (F-CAPICH).**

Este canal es utilizado con un beam-forming<sup>1</sup> de antenas. Sirve para mejorar la señal en algún lugar de cobertura.

### **2.6.2.1.6 Forward Broadcast Common Channel (F-BCCH).**

Es un canal que se dedica al envío de mensajes de alerta o SMS en forma de broadcast a las estaciones móviles.

---

<sup>1</sup> Beam-forming.- arreglo de antenas que cambian su lóbulo de radiación de acuerdo a un algoritmo adaptativo.

### 2.6.2.1.7 Forward Quick Paging Channel (F-QPCH).

Es un nuevo tipo de canal de Paging usado por la estación base. El mensaje es enviado 80 ms antes de que se envíe un mensaje por el canal de Paging, así el terminal sabe que recibirá un mensaje de Paging.

### 2.6.2.1.8 Forward Dedicated Auxiliary Pilot Channel (F-DAPICH).

Un piloto auxiliar puede ser generado para un móvil particular a través de este canal.

### 2.6.2.1.9 Forward Fundamental Channel (F-FCH).

Es un canal dedicado de tráfico entre la estación base y el móvil.

### 2.6.2.1.10 Forward Supplemental Channel (F-SCH).

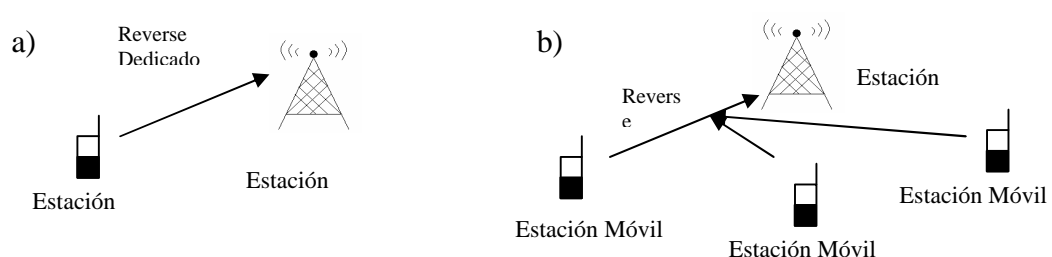
Este canal puede ser operado de algunas formas dependiendo del RS (rate set) que se utilice. Por este canal se envía información del RS.

### 2.6.2.1.11 Forward Dedicated Control Channel (F-DCCH).

Este canal soporta tramas de 5m y 20 ms a una tasa de 9.6 Kbps. En este canal se introducen bits de CRC (código redundancia cíclica) y se realizan operaciones como bit scrambling (cambiar el orden de los bits), codificación convolucional y adición de bits de cola.

### 2.6.2.2 Canales de Reverse.

Los canales dedicados de Reverse llevan información desde la estación móvil a la estación base.



**Figura. 2.22. Canales de Reverse en a) se representa un canal de reverse dedicado. En b) un canal de reverse común.**

Los canales comunes de Reverse llevan información desde múltiples estaciones móviles a una estación base. (Figura 2.22)

En la Tabla 2.10 se muestra un resumen con los canales de Reverse con su especificación si son Dedicados o Comunes.

	<b>Canal Físico</b>	<b>Nombre del Canal</b>
<b>Comunes</b>	Reverse Access Channel	R-ACH
	Reverse Common Control Channel	R-CCCH
<b>Dedicados</b>	Reverse Pilot Channel	R-PICH
	Reverse Dedicated Control Channel	R-DCCH
	Reverse Traffic Channel	
	-Fundamental	R-FCH
	-Supplemental	R-SCH

**Tabla. 2.10. Canales Físicos de Reverse**

#### **2.6.2.2.1 Reverse Access Channel (R-ACH) y el Reverse Common Control Channel (R-CCCH).**

Estos canales son comunes y utilizados para la comunicación de la capa 3 y mensajes MAC del móvil hacia la estación base. Estos canales son de múltiple acceso y la estación base no necesita dar autorización a los móviles para usar el canal. Puede haber uno o más canales de acceso por asignación de frecuencia. Diferentes canales de Acceso son caracterizados por códigos PN largos distintos.

#### **2.6.2.2.2 Reverse Pilot Channel (R-PICH).**

Es un canal dedicado que es principalmente utilizado para mediciones de control de potencia, referencia coherente de recuperación para los receptores RAKE.

#### **2.6.2.2.3 Reverse Dedicated Control Channel (R-DCCH).**

Es un canal dedicado en el cual cada móvil comparte información para el establecimiento de control por parte de la estación base.

#### **2.6.2.2.4 Reverse Fundamental Channel (R-FCH).**

Este es el canal de tráfico de comunicación de información entre el móvil y la estación base. Soporta tasas de transferencia variables (RS) como 9.6, 4.8, 2.7 y 1.5 Kbps para RS1; 14.4, 7.2, 3.6 y 1.8 Kbps para RS2; 1.5, 2.7, 4.8 y 9.6 Kbps para RS3 y RS5 y 1.8, 3.6, 7.2 y 14.4 Kbps para RS4 y RS6.

#### **2.6.2.2.5 Reverse Supplementary Channel (R-SCH).**

Es un canal de tráfico que soporta RS3 y RS5. Se utiliza para llamadas de datos. Al soportar llamadas de datos las velocidades de este canal son de 9.6, 19.2, 38.4, 76.8 y 153.6 Kbps.

### **2.7 ESTRUCTURA DE UNA RED CDMA**

En una red celular está compuesta por varios elementos que interactúan para poder llevar a cabo los diferentes servicios. En las comunicaciones móviles el elemento del usuario final (terminal celular) es llamado la estación Móvil. La estructura de una red CDMA tiene los siguientes elementos principales:

**Estación Móvil (MS).**- es el terminal del usuario final. Es un equipo móvil y de pequeño tamaño. Con él el usuario tiene la posibilidad de utilizar los servicios de la red. Existen varios modelos que tienen características distintas con aplicaciones propias de cada fabricante.

**Estaciones Base (BS).**- Son estaciones fijas que se encuentran instaladas en algún lugar. Se diferencian dos estaciones Base:

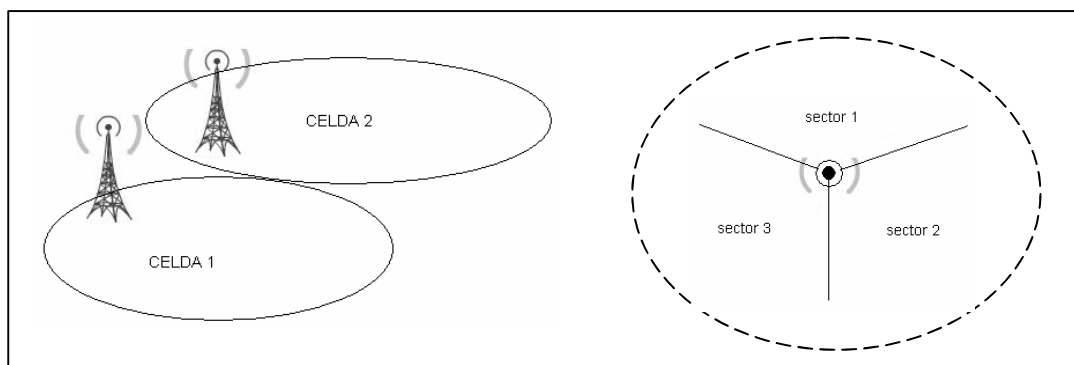
- **BTS (Base Station Transceiver Sub-system).** Este elemento es el que determina la existencia de una celda, debido a que tiene las antenas de RF que sirven para la comunicación con la Estación Móvil o terminal. Provee la generación de la señal CDMA y la transmite a una determinada frecuencia. Tiene transceptores y equipos de radio.

Cada Estación Base es utilizada de la mejor manera y dividida en sectores. Así se utiliza el número de antenas como sectores se necesiten. Por lo general las BS tienen



tres sectores llamados alfa, beta y gamma. Esta sectorización se utiliza para mejorar la cobertura y distribuir la capacidad de la celda adecuadamente.

Se puede considerar a un sector como la unidad mínima de cobertura en un sistema celular (cabe destacar que existe micro sectores). La Figura 2.23 representa varias celdas y también una celda con sus sectores.



**Figura. 2.23. Celdas y sectores de cada celda.**

La BTS tiene algunas responsabilidades como son las siguientes:

- La asignación del canal fundamental (FCH) y el control de potencia sobre el mismo.
- Disponibilidad de códigos Walsh
- Función de Selección/Distribución de unidad (SDU).- que provee a su vez varias funciones como señalización de capa 2 para permitir la correcta entrega de los mensajes de señalización de capa 3 entre la BS y la MS; multiplexar tráfico de usuarios y señalización para la interfaz de aire; administra el control de potencia en reverse y en forward; selecciona las mejores tramas entrantes de MS cuando se realiza handoff y también distribuye las tramas necesaria para la interfaz aire para todas las llamadas.
- **BSC (Base Station Controler).**- Es el elemento del sistema que controla y administra varias BTS. La BSC intercambia mensajes con la BTS y con el MSC. Pero algunos mensajes de señalización pueden pasar a través de la BSC transparentemente. Tiene una función de control sobre las llamadas.

**MSC (Mobile Switching Center).**- El MSC es un sistema automático de interfase entre el tráfico de usuario de red inalámbrica con otros tipos de redes. Todas las comunicaciones de

voz tienen que pasar por aquí para poder ser enrutadas a su destino. El MSC hace conmutaciones hacia la misma red celular, otra red celular o a la PSTN (Public Switched Telephone Network). En una red celular pueden existir varios MSC.

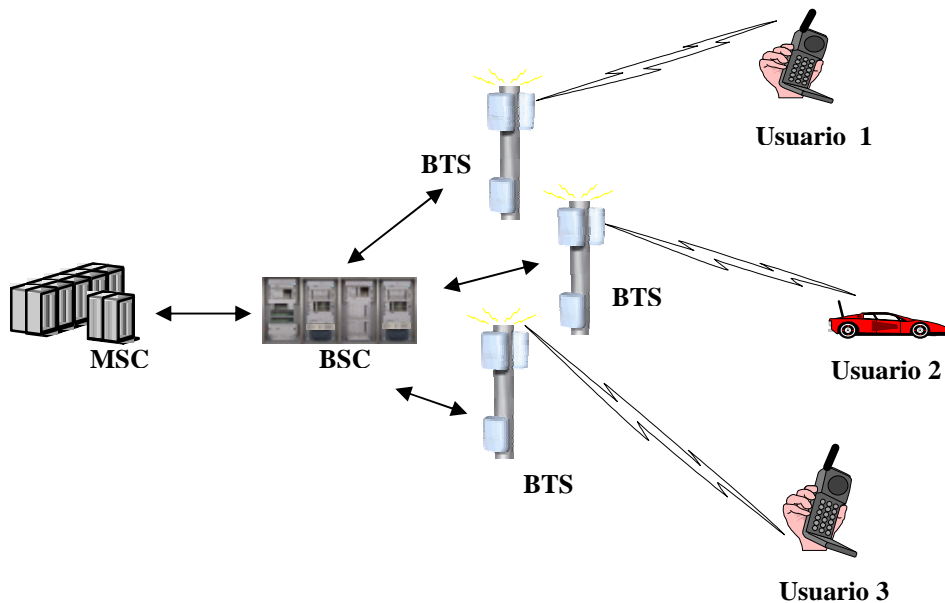


Figura. 2.24. Estructura básica CDMA

Además de estos elementos básicos, existen otros elementos que ayudan a al funcionamiento general de CDMA2000 como un sistema de completo de comunicaciones con seguridades y servicios:

**Home Location Register (HLR).**- en este elemento se almacena la información de cada usuario como el ESN (Electronic Serial Number), el MIN (Mobile Identification Number) entre otros. Este elemento puede ser implementado en el mismo MSC o separado de él. Un mismo HLR puede servir a varios MSC.

**Visitor Location Register (VLR).**- es la unidad que almacena dinámicamente la información de los usuarios (ESN, MIN, localización). La información almacenada en el HLR es bajada al VLR para permitir un acceso más rápido a la autenticación de los usuarios. En el VLR se tiene una base de datos temporal de los usuarios. Si durante un periodo de tiempo determinado la estación móvil no registra actividad es borrada de la base de datos del VLR y el móvil deberá autenticarse de nuevo en el HLR.

**Packet Data Serving Node (PDSN).**- es la unidad que establece, mantiene y termina sesiones Punto a Punto con la estación Móvil (usando el PPP, Point to Point Protocol).

A través de este elemento las estaciones móviles pueden tener acceso a Internet. Puede existir más de una PDSN en una red CDMA. Trabaja en conjunto con un servidor AAA.

**AAA (Authentication, Authorization and Accounting).**- este elemento que es un servidor proporciona Autenticación, Autorización y Contabilidad. Con la Autenticación se verifica la identidad del usuario, con la Autorización se le autoriza la utilización de los servicios que estén disponibles para ése usuario y con la Contabilidad de colecta información del uso de los servicios del usuario con fines de análisis, costos y facturación. Este servidor utiliza varios protocolos pero el más relevante es el protocolo RADIUS. Este protocolo necesita un cliente para poder funcionar. El cliente para este protocolo es la PDSN.

El servidor AAA autentica al usuario a través de una serie de comunicaciones entre el cliente de Radius y el AAA. Cuando un usuario es autenticado, el cliente de RADIUS (PDSN) le provee al usuario con acceso a los distintos servicios de la red.

El proceso de autenticación es el siguiente: Una vez establecida una conexión física se envía un requerimiento de autenticación (un paquete que indica el usuario, el password, etc.) y este requerimiento se negocia con dos tipos de protocolos PAP (Password Authentication Protocol) y CHAP (Challenge Handshake Authentication Protocol). Este requerimiento llega al servidor AAA.

Si el usuario y password son correctos, el usuario final es autenticado exitosamente. Se crea una respuesta de autenticación. Esta respuesta además informa al usuario final de las limitaciones en servicio que tiene. Esto es la autorización. Finalmente la Colección de datos (Accounting) para el usuario final comienza tan pronto como se establece la conexión IP hasta que la misma concluye.

**Packet Control Function (PCF).**- es un elemento en la red de acceso de radio que se encarga de administrar el flujo de paquetes entre la BSC y la PDSN. Por lo general es parte de la BSC En la Figura 2.25 se muestra la estructura de red CDMA2000 mas completa:



Figura. 2.25. Estructura CDMA

En este esquema no se han tomado en cuenta las plataformas necesarias para generar servicios como SMS o MMS.

### 2.7.1 Interfaces

Las interfaces utilizadas entre los distintos tipos de elementos en la red se las denomina con una letra A mas un número. A continuación se describen las interfaces básicas en CDMA 1x:

A1.- es la interfase utilizada para la señalización entre la BSC y el MSC para control de llamadas.

A2.- es una interfaz utilizada entre la BSC y el MSC. Se manejan tasas de 64 Kbps.

A3.- esta interfaz está compuesta de dos partes: señalización y tráfico de usuario. La información de señalización es transportada a través de un canal lógico separado dentro del canal de tráfico del usuario.

A5.- es una interfaz de comunicación full dúplex entre la BSC y el MSC.

A7.- es una interfaz de señalización entre BS

A8.- es una interfaz que transporta tráfico de usuario entre la BS y la PCF

A9.- es una interfaz de señalización entre la BS y la PCF

A10.- es una interfaz que transporta tráfico de usuario entre la PCF y la PDSN

A11.- es una interfaz de señalización entre la PCF y la PDSN

Estas interfases son estándares determinados por la TIA/EIA (Telecommunications Industry Association/Electronics Industry Association) para las distintas conexiones entre elementos de la red CDMA. (BS,PCF,MSC,PDSN). Dentro de los estándares se especifica parámetros físicos y electromagnéticos utilizados, tramas, las estructuras de los canales, los tipos de mensajes y contenidos, procedimientos y transporte de tramas.

## 2.8 PROCESO DE UNA LLAMADA EN CDMA2000

En proceso de una llamada se refiere a todas las funciones necesarias para el Móvil y para el sistema para llevar a cabo la comunicación, mantenerla y terminarla cuando se desee. En CDMA2000 se tiene la posibilidad de crear llamadas de voz y de datos.

### 2.8.1 Llamadas de Voz

Hay dos tipos de conexiones posibles: una llamada de un móvil a otro móvil y una llamada de un móvil a un teléfono fijo (y viceversa). En el caso de hacer una llamada de un teléfono móvil a uno fijo, ésta es dirigida hacia la PSTN.

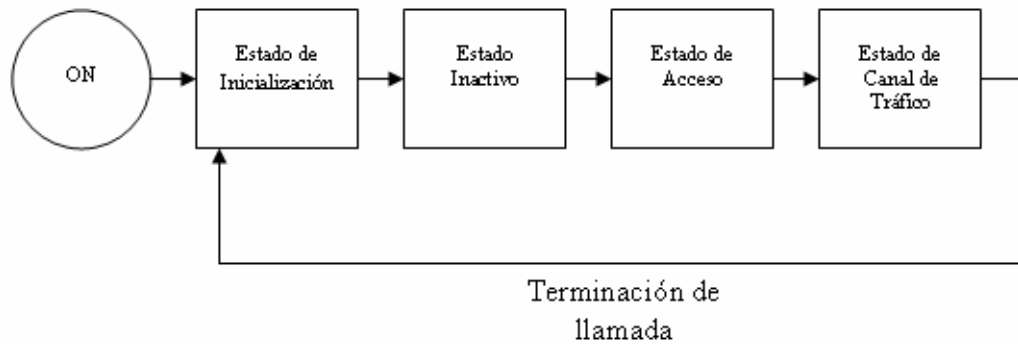
En el caso de una llamada de un terminal móvil a otro se considerará que se lo realiza dentro de la misma red, puesto que para comunicarse con un móvil de otra red se necesita una interconexión.

Durante la operación normal del teléfono móvil, éste puede ocupar uno de los siguientes estados:

- Estado de Inicialización
- Estado Inactivo
- Estado de Acceso
- Estado de canal de Tráfico

Después de encender el terminal móvil, éste entra en el estado de Inicialización en el cual el móvil selecciona y ve al sistema. Luego de esto el móvil entra en el estado Inactivo, en el cual está monitoreando el canal de paging. Existen tres causas para que el móvil entre al estado de Acceso: por el canal de paging el móvil recibe un mensaje solicitando una respuesta; el móvil origina una llamada ó el móvil se registra.

En la Figura 2.26 se muestra un esquema de los diferentes estados del móvil en una llamada.



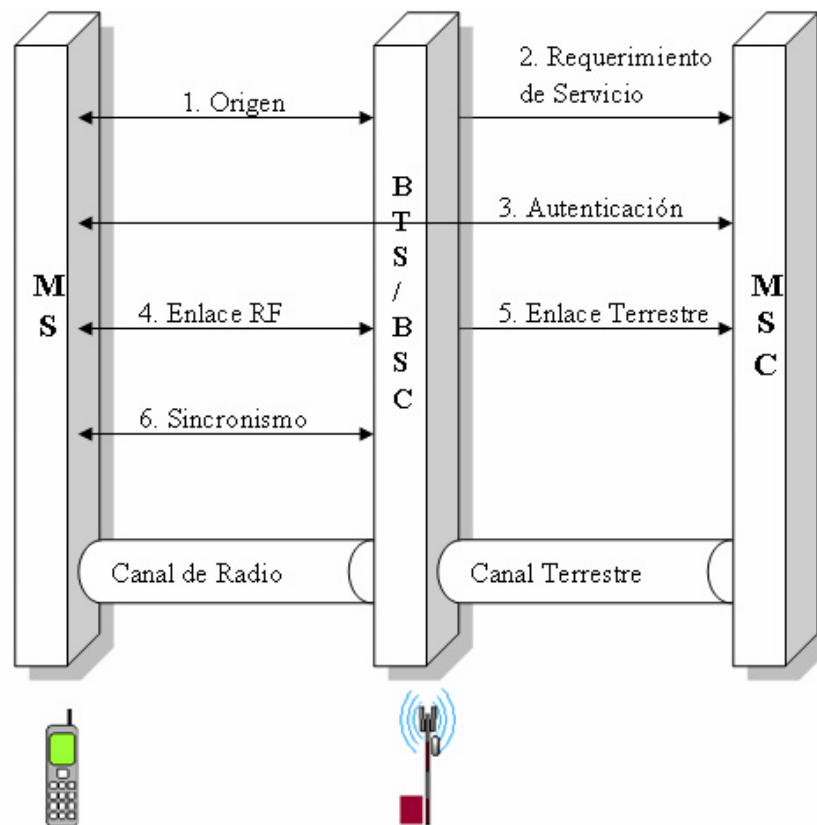
**Figura 2.26. Estados de un móvil en una llamada.**

Cuando el móvil es dirigido a un canal de tráfico pasará al estado de canal de tráfico, en el cual la MS se comunica con la BTS por los canales de tráfico de forward y reverse. Cuando acaba este estado regresa al estado de inicialización.

### 2.8.1.1 Estado de Inicialización.

En este estado el móvil selecciona un sistema para usar y luego procede a adquirir y sincronizar una portadora de CDMA. Este estado tiene los siguientes subestados:

- Determinación del sistema.- se selecciona el sistema a ser utilizado (analógico o CDMA). En el sistema CDMA se selecciona el canal.
- Adquisición de canal piloto.- en este subestado el móvil adquiere el canal piloto del sistema CDMA. Existe un tiempo de adquisición de este canal, si no se cumple la adquisición en este tiempo el móvil regresa al estado de determinación del sistema. Caso contrario pasa al siguiente estado.
- Adquisición del canal de sincronismo.- se adquiere el canal de sincronización del sistema CDMA. Si el móvil no adquiere este canal en un período de tiempo, regresa al estado de determinación del sistema. Caso contrario pasa al siguiente estado.
- Temporización.- en este subestado el móvil se sincroniza finalmente con el sistema CDMA.



**Figura. 2.27. Procedimiento de una llamada de voz.**

En la Figura 2.27 se muestra un resumen sencillo del procedimiento de una llamada de voz. Hay que destacar que el acceso del móvil hacia la BTS se realiza por Radio Frecuencia, y el enlace entre la BTS/BSC y el MSC se puede realizar por cualquier medio de transmisión como enlaces de microondas por ejemplo.

### 2.8.1.2 Estado Inactivo.

En este estado el móvil principalmente monitorea el canal de paging, para mantenerse informado. El móvil puede:

- Recibir mensajes y órdenes desde la BTS
- Recibir una llamada entrante
- Iniciar un proceso de registro
- Iniciar una llamada
- Iniciar una nueva transmisión de mensajes.

Una vez que el móvil entra en el estado Inactivo setea su código de Walsh al canal primario de paging (W1) y setea su canal de paging con la velocidad obtenido por el mensaje de sincronismo.

El canal de paging esta dividido en slots de 80 ms cada uno. Entonces existen dos modos de operación: el uno en el que el móvil monitorea el canal de paging siempre (no se toma en cuenta el tiempo de cada slot) y el otro en el que el móvil monitorea el canal da paging sólo durante períodos de tiempo asignados (slots). Con este último modo de operación el móvil puede ahorrar batería puesto que no esta monitoreando siempre el canal de paging.

### Handoff en estado inactivo

Ocurre cuando el móvil en estado inactivo se mueve de una zona de cobertura de una BTS a otra. Si el móvil detecta que la señal piloto de una BTS es más fuerte que la de otra procede a realizar el handoff. Los mensajes que se envían por el canal de paging son los siguientes:

- Mensaje de parámetros del sistema
- Lista de vecindades
- Lista de canales CDMA
- Lista de parámetros extendidos del sistema
- Mensaje de parámetros de acceso.

### **2.8.1.3 Estado de Acceso.**

Durante este estado, el móvil transmite mensajes a la BTS por el canal de Acceso y al mismo tiempo el móvil recibe mensajes por el canal de paging. Este estado se divide en 5 subestados:

- Actualización de información
- Estado de respuesta de Paging.- cuando el móvil responde a un mensaje de paging lo realiza por el canal de acceso.
- Estado de mensaje de originación.- mensaje inicial desde la MS para realizar una llamada.
- Registro para acceso.- el móvil envía un mensaje de registro a la BTS conteniendo información de usuario como el número.



- Respuesta de MS para una Orden/Mensaje.- la MS envía un mensaje de respuesta por un mensaje recibido a la BTS

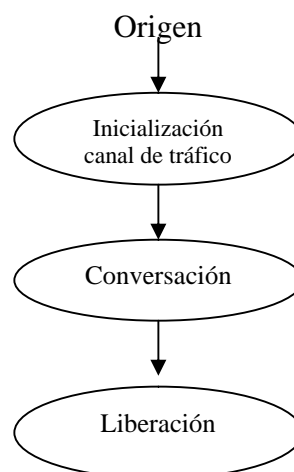
#### 2.8.1.4 Estado de Canal de Tráfico.

Para el origen de una llamada existen los siguientes subestados:

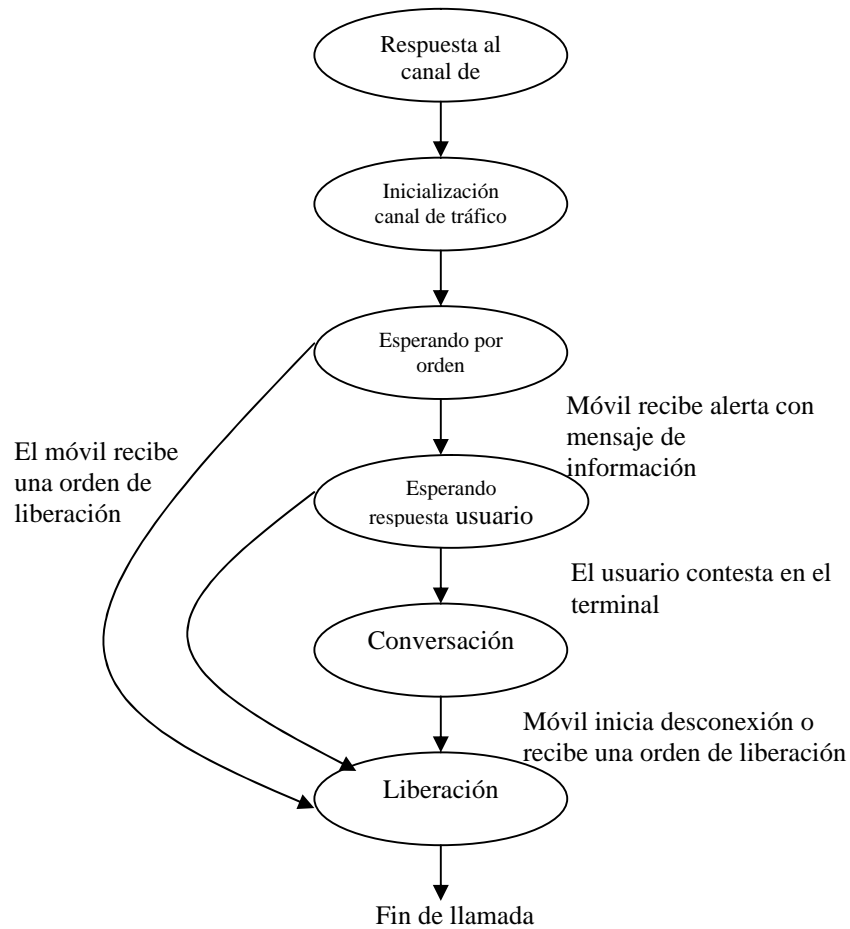
- Inicialización del canal de tráfico.- el móvil verifica que recibe el forward traffic channel y comienza a transmitir en el reverse traffic channel.
- Conversación.- la MS intercambia paquetes de tráfico con la BTS.
- Liberación.- La MS desconecta la llamada.

Para la recepción de una llamada existen los siguientes subestados:

- Inicialización del canal de tráfico.- el móvil verifica que recibe el forward traffic channel y comienza a transmitir en el reverse traffic channel.
- Espera de Orden.- el móvil espera que se le envíe alguna alerta con mensajes de información como el número del teléfono que esta llamando.
- Espera de respuesta.- el móvil espera a que el usuario conteste la llamada.
- Conversación.- la MS intercambia paquetes de tráfico con la BTS.
- Liberación.- La MS desconecta la llamada.



**Figura. 2.28. Estado de canal de tráfico. Origen de una llamada**



**Figura. 2.29. Estado de canal de tráfico. Recibo de una llamada**

### Registro en CDMA

El proceso de registro es usado por el móvil para notificar a la BTS su localización, estado, identificación y otras características. Se pueden dar algunos tipos de registros:

Power-up.- Cuando el móvil se enciende se registra.

Power-down.- Cuando el móvil se apaga informa al sistema del hecho.

### Autenticación

Para autenticar a un Móvil de CDMA existe una información secreta llamada A-key.

Esta información es conocida sólo en el Centro de Autenticación (AC) del sistema.

### **2.8.2 Llamadas de paquetes de datos**

Este tipo de llamadas se realizan para intercambiar datos entre el Móvil y una red IP (pública o privada). La PDSN es el elemento de la red que permite realizar este tipo de llamadas haciendo las veces de una interfaz entre la transmisión de datos de una red fija y

la transmisión de datos en el aire. Existen tres tipos de estados en las llamadas de paquetes de datos:

- Activo/Conectado.- en este estado existe un canal físico de tráfico entre la MS y la BTS, y cualquiera de las dos envía datos.
- Dormant.- en este estado no existe un canal físico de tráfico entre la MS y la BTS pero el enlace de PPP entre la MS y la PDSN se mantiene.
- Nulo/Inactivo.- en este estado no existe un canal físico de tráfico entre la MS y la BTS y el enlace de PPP entre la MS y la PDSN no se mantiene.

En la negociación entre el teléfono y la BTS se utiliza el SO (Service Option) 33 que es el específico para el servicio de paquetes de datos. Para realizar una llamada de datos, la MS inicia la sesión enviando un mensaje de origen indicando que se trata de una sesión de paquetes de datos.

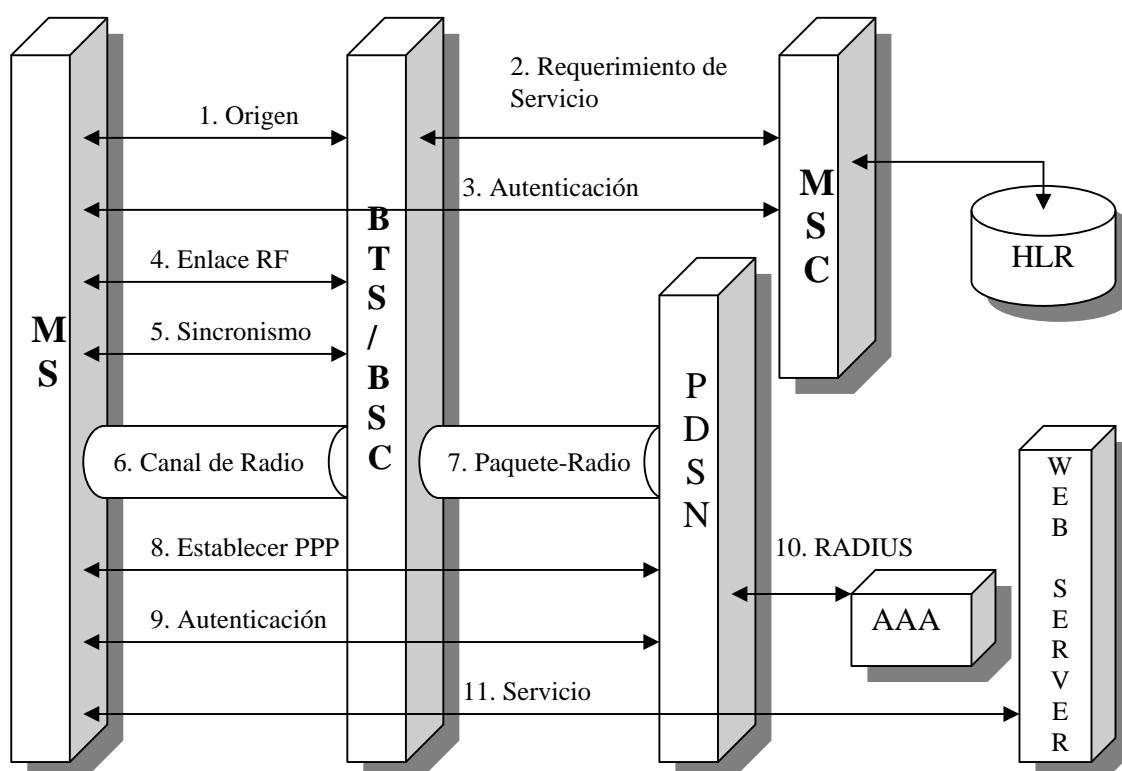
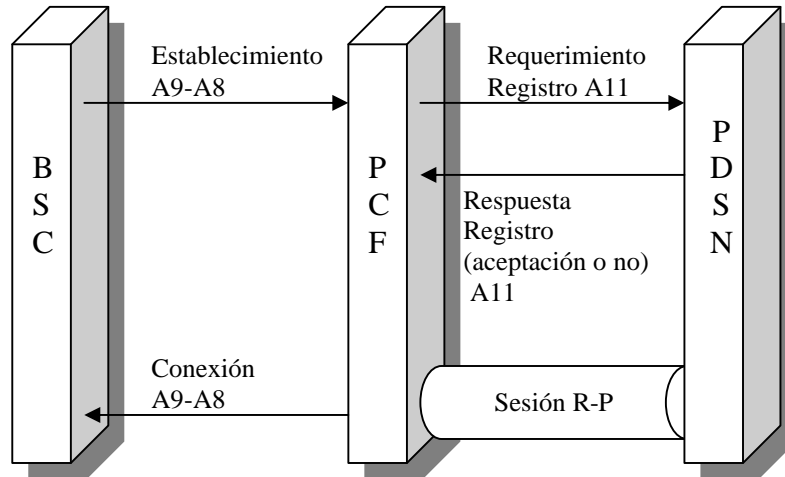


Figura. 2.30. Representación básica de una llamada de datos.

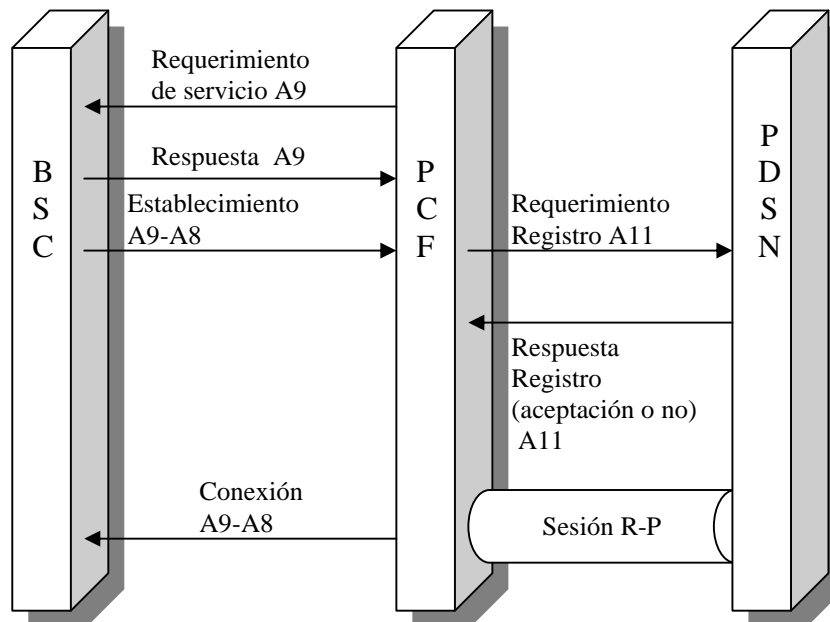
En el MSC se realiza una autenticación y finalmente la BTS/BSC establece recursos de radio y se establece un canal dedicado de baja velocidad. Este canal utiliza el protocolo RLP para mejorar el rendimiento con respecto al error. En el proceso se realizan sincronismos y flujo de mensajes de información. Luego se utilizan recursos en la Interfase

de Radio-Paquete (el establecimiento de la sesión R-P involucra la realización de las conexiones entre BSC-PCF y PCF-PDSN). En la Figura 2.31 se explica el proceso para establecer la sesión R-P en el caso de que el origen sea la BSC.



**Figura. 2.31. Sesión R-P origen en BSC**

En la Figura 2.32 se explica el proceso para establecer la sesión R-P en el caso de que el origen sea el PCF.



**Figura. 2.32. Representación sesión R-P origen en PCF.**

Una vez creado el enlace Radio-Paquete, la MS se comunica con la PDSN para crear una sesión punto a punto (PPP). Se asigna una dirección IP a la MS.

Pero antes de establecer la conexión PPP hay una autenticación con respecto a datos: el AAA. El AAA autentica al usuario a través del protocolo RADIUS. Una vez completo este procedimiento el usuario tiene acceso al Internet.

## CAPITULO 3

### PoC PUSH OVER CELLULAR

#### 3.1 INTRODUCCIÓN

El servicio Push to Talk, se podría traducir como presionar para hablar, comúnmente abreviado como PTT. Es un método para hablar en líneas semi-duplex de comunicación, presionando un botón para hablar, permitiendo comunicación de voz para ser transmitida, y liberando el botón para permitir la recepción de comunicación de voz.

El PTT es un servicio de comunicaciones que ofrece a sus usuarios una comunicación instantánea con uno o más usuarios distintos. Este concepto es aplicado por los sistemas de comunicación de radio troncalizados, en los cuales los terminales tienen el botón de PTT. Sin embargo los sistemas celulares pueden implementar este servicio en sus redes.

La OMA (Open Mobile Alliance) ha desarrollado un estándar para poder simular el PTT en una red celular. El servicio de PTT aplicado en los celulares se llama PoC (Push Over Cellular)

Los usuarios que usan el servicio PoC utilizarán su terminal móvil celular como si se tratase de un walkie-talkie. Si el usuario quiere hablar con uno o varios usuarios tendrá que pulsar un botón y su voz se transmitirá al resto de participantes en la conversación.



Figura. 3.1. Botón PTT en un celular

PoC permite que los usuarios dispongan de una gran área de cobertura en las redes celulares y la posibilidad de integrar todos los servicios típicos de la movilidad en un único dispositivo. El servicio PoC es un servicio de voz sobre IP.

## 3.2 SERVICIO POC

### 3.2.1 Historia del Servicio

El servicio *push-to-talk* en las redes celulares procede del mercado estadounidense. Nextel Communications, uno de los seis operadores nacionales en EE.UU. ofrecía este servicio desde 1992 como un servicio diferenciado único frente a sus competidores. Este servicio tenía el nombre DirectConnect, y utilizaba el sistema iDEN, un sistema de comunicaciones digitales celulares basado en TDMA y propiedad de Motorola.

En un principio, el servicio DirectConnect sólo permitía la comunicación entre grupos cerrados de usuarios y limitado a una zona geográfica. Fuera de ella, los usuarios no disponían del servicio, incluso aunque Nextel ofreciera cobertura. Sin embargo, la extensión del servicio a otros sectores y su creciente popularidad llevó a Motorola y a Nextel a iniciar en 2001 el despliegue del servicio para ofrecerlo en un ámbito nacional. La primera fase concluyó en enero de 2003, y permitía a los clientes de Nextel utilizar el servicio en otras zonas distintas a su área origen.

En julio de 2003 finalizó el despliegue del servicio nacional DirectConnect, que ya permitía la comunicación PTT entre dos clientes de Nextel con independencia total de su ubicación geográfica dentro del país. El año 2003 supuso el lanzamiento definitivo del PTT como tecnología y concepto de servicio. Mientras Nextel ampliaba su red para proporcionar un servicio PTT, este servicio no fue sólo considerado por la competencia, sino que la industria móvil mundial se fijó en este pequeño operador americano. Los operadores CDMA estadounidenses Verizon Wireless y Sprint PCS lanzaron el servicio PTT durante el segundo semestre de 2003, mientras que los operadores GSM ATT Wireless, T-Mobile y Cingular lo han hecho en 2004.

Estos son los ejemplos claros del lanzamiento de PTT (PoC) como un servicio de valor agregado de las redes celulares.

Para evitar la fragmentación del mercado y la falta de compatibilidad en los productos finales, las compañías iniciaron la estandarización global del servicio. De esta manera se iniciaron las acciones pertinentes en los foros de estandarización 3GPP (3rd Generation

Partnership Project) y OMA (Open Mobile Alliance). El primero estandariza las plataformas y la red del sistema GSM/CDMA, así como su evolución, mientras que OMA define capacidades de servicio para aplicaciones móviles.

PoC está diseñado para operar sobre un núcleo de gestión de sesiones multimedia IP como es IMS (IP Multimedia Subsystem) de 3GPP, pero a la vez es un servicio final, y por tanto está dentro del ámbito de OMA.

### **3.2.2 Generalidades de Voz sobre IP en redes móviles**

La tecnología de Voz sobre IP (VoIP) apareció a mediados de los años 90. Las limitaciones tecnológicas, hicieron que la VoIP pasara a un segundo plano, pero con un crecimiento gradual. De esta manera no se realizaban inversiones importantes en infraestructura, lo que afectaba negativamente a un mayor despliegue de la tecnología por parte de los operadores y proveedores de servicio. Esto ocurría de forma especial en Europa, donde los operadores dominantes tenían todavía poca competencia, y en cierta medida debido también a la menor presión por parte de los nuevos actores entrantes para explotar la capacidad de las nuevas tecnologías, como es el caso de la voz sobre IP. Finalmente, el año 2003 se puede considerar como el año del despegue definitivo de la tecnología, con decisión por parte de los operadores.

La Voz sobre IP (VoIP) y la Voz y Video sobre IP (V2oIP) son tecnologías de Comunicación en tiempo real. Se basan en aprovechar las ventajas de las redes IP para transportar el tráfico por excelencia de las redes de telecomunicación: la voz. Entre esas ventajas se pueden citar la convergencia de las redes de datos y de voz hacia una sola red. La principal ventaja de la utilización de IP es la relacionada con los servicios: los nuevos servicios de convergencia e integrados, y de desarrollo rápido. Que los consumidores puedan disponer de servicios de valor agregado más atractivos y que suponen nuevas fuentes de ingresos para las operadoras.

Un aspecto tecnológico importante de la voz sobre IP es la posibilidad de ofrecer soluciones transparentes a restricciones de seguridad (firewalls, proxies web, etc.), de tal manera que los servicios sean accesibles de forma universal para todos los usuarios de las redes IP, incluyendo las redes móviles de datos y las redes de empresas.



Actualmente, la tecnología de voz sobre IP tiene un grado de desarrollo avanzado de tal manera que las operadoras móviles están introduciendo el subsistema IMS (IP Multimedia Subsystem) basado en SIP (Session Initiation Protocol).

### 3.3 GENERALIDADES PoC

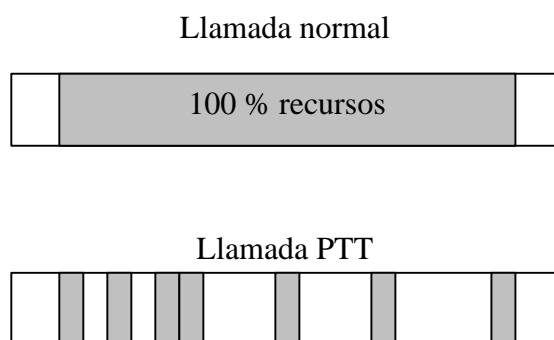
La estructura del servicio PTT sobre la red celular puede ser de dos formas: sobre la red de voz y sobre la red de datos. Cuando se implementa PTT sobre la red de voz, no se utiliza el protocolo IP y la información de voz en PTT se codifica de la misma manera que la información de voz en el servicio normal. Es necesario ubicar un servidor PTT conectado al MSC, el cual realiza la conmutación de circuitos dependiendo del servicio que se utilice.

Se hace necesaria la utilización de un servidor de SMS en el sistema PTT para actuar como un servidor de presencia de los usuarios, de esta manera cuando un usuario se conecta al servicio, su teléfono envía un mensaje de texto a todos los contactos del usuario indicando que se encuentra online. Si se desconecta del servicio enviará otro mensaje de texto indicando su estado de abandono. Este mensaje de texto no es legible por los usuarios sino simplemente entendido por la aplicación de PTT residente en cada uno de los teléfonos.

Una ventaja de este tipo de implementación es que la latencia es menor que utilizar la red de datos y también que cuando una persona esta en un llamada de PoC y recibe una llamada simple de voz, se le indica al usuario que tiene una llamada en espera. Mientras tanto la ventaja de la implementación usando la red de datos es que se puede acceder a una gran variedad de servicios debido a la utilización del protocolo IP el cual hace posible actualmente una convergencia de servicios como aplicaciones, juegos y utilidades no solo de texto sino de voz y video, es decir, multimedia.

En general, la ventaja del servicio PTT es que lleva a cabo una comunicación sin marcado y ofrece una integración de servicios en un solo terminal. A continuación se explica el funcionamiento del servicio sobre una red de datos, la cual tiene un futuro de desarrollo mejor a la red convencional de voz. Se utiliza conmutación de paquetes.

El servicio PoC es un servicio de Voz sobre IP basado en tecnologías estándar de VoIP y SIP. Las ventajas de este servicio están presentes en los principios fundamentales de operación similar a los walkie-talkies: voz a ráfagas y canal semidúplex comparado con el canal bidireccional de las llamadas de voz tradicionales, que permiten un mayor ahorro de recursos de red y admiten una mayor tolerancia al retardo para proporcionar una percepción aceptable por parte del usuario.

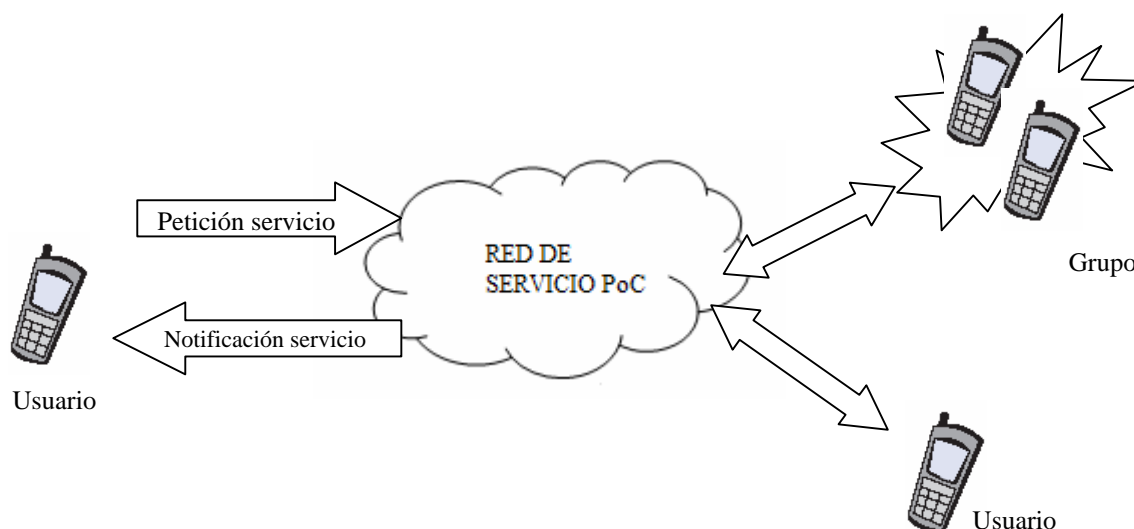


**Figura. 3.2. Comparación de una llamada normal con una PTT.**

En la Figura 3.2 se muestra la comparación entre una llamada normal y una PTT. La llamada normal ocupa todo el recurso del canal todo el tiempo mientras se lleva a cabo la conversación. En la llamada PTT no se ocupa todo el tiempo los recursos, sólo se lo hace cuando se va a transmitir.

De esta manera el servicio PoC en las redes celulares permite a los operadores introducir y experimentar de forma segura con voz sobre IP a través de un nuevo servicio sin sustituir ni experimentar con el servicio de llamadas, base fundamental de los ingresos de los operadores de móviles. En la Figura 3.3 se ve un ejemplo de la visión básica del servicio PoC con usuarios con teléfonos con capacidades de PoC.

Para ofrecer el servicio PoC, el operador de red debe contar con una red de acceso radio y con los nodos necesarios para tener conectividad móvil IP. Habitualmente se suelen distinguir en las redes de telecomunicaciones tres planos bien diferenciados: el plano de señalización, el plano de transporte y el plano de servicios.



**Figura. 3.3. Servicio básico PoC**

En el plano de servicios existe un servidor PoC, que deberá actuar conjuntamente con los planos de señalización y de transporte. El plano de señalización permite implementar el mecanismo de control, conocido como floor control, que controla los requerimientos de los terminales PoC, determinando el derecho de cada terminal a hablar, es decir, distribuyendo los turnos en los que puede hablar cada uno de los clientes en una sesión PoC.

Además el servicio PoC deberá ser capaz de descubrir los terminales con capacidades PoC, recibir las pulsaciones que realicen los usuarios en sus terminales para hablar, transmitir la voz a todos los participantes en la conversación, mantener información sobre cuántos usuarios se encuentran en una conversación y a cuántos grupos PoC pertenece un usuario, o enviar las alertas personales a los diferentes abonados en función de la ocurrencia de diferentes eventos.

La red móvil celular debe cumplir con requerimientos para el funcionamiento del servicio PoC. Estos requerimientos están orientados al plano de transporte de voz sobre IP y al plano de señalización, basado en el protocolo SIP, que será el encargado de encaminar las peticiones de servicio de los terminales de usuario. El servicio utilizará un núcleo SIP/IP basado en las capacidades IMS<sup>1</sup> (IP Multimedia Subsystem). Este núcleo es una entidad externa al servicio PoC que le suministra determinados servicios de señalización. El núcleo SIP/IP (IMS), tiene las siguientes funciones:

<sup>1</sup>IMS representa la implantación conservadora de la arquitectura ALL-IP en 3G y promueve la convergencia con la Internet multimedia, proporcionando servicios de contenidos y comunicaciones multimedia en tiempo real. También posibilita una integración natural con los servicios TCP/IP (videoconferencia, voz sobre IP, "streaming", presencia, mensajería instantánea y diferida, web, etc.), permitiendo al operador 3G que pueda proporcionar a sus abonados una atractiva oferta de servicios multimedia combinados.

- Autenticar y autorizar al cliente PoC basándose en su perfil de servicio.
- Enrutar la señalización SIP entre el cliente PoC y el servidor PoC.
- Mantener el estado del registro del usuario.

En el núcleo SIP residirá el servidor de presencia, que proporciona la información de disponibilidad de los terminales al servicio PoC.

### 3.4 ARQUITECTURA DE POC

Dentro de la arquitectura se pueden distinguir las siguientes entidades funcionales en el servicio PoC: el cliente, el servidor y el núcleo IMS.

#### 3.4.1 El cliente PoC

Para que el usuario pueda disfrutar del servicio, el terminal móvil contendrá un cliente PoC, que consiste en una aplicación que reside en el terminal del usuario y proporciona el acceso al servicio PoC. Este terminal incorpora una aplicación software PoC, así como un botón en la parte superior de la carcasa. Se lo conoce como UE (user equipment). En la Figura 3.4 se observan los elementos básicos de la arquitectura de PoC con los que se lleva a cabo una comunicación PoC:

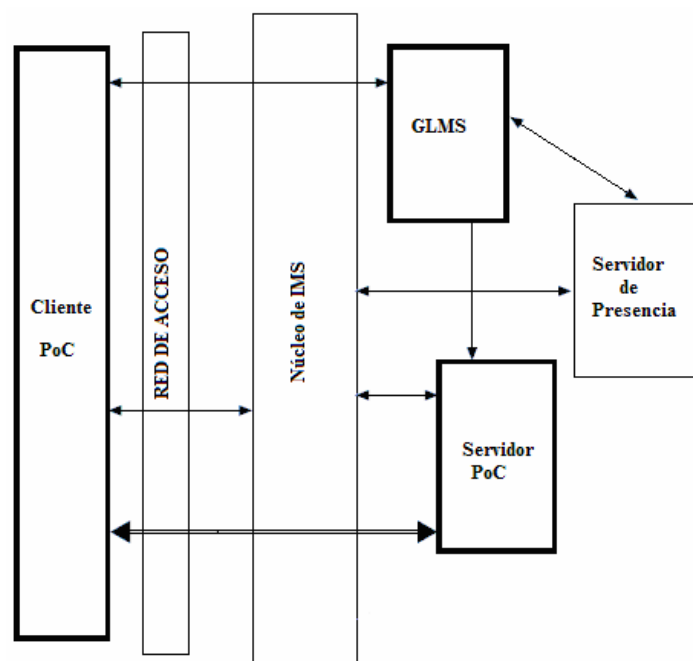


Figura. 3.4. Elementos básicos de la arquitectura de PoC.

### 3.4.2 El servidor PoC

El servidor PoC implementa la funcionalidad PoC en el plano de servicios de la red móvil y realiza las siguientes funciones:

- La gestión de sesiones SIP, pertenecientes al plano de señalización.
- La distribución de flujos de datos (voz sobre IP y mensajes de alertas), usando el plano de transporte. Para ello, recoge y proporciona información sobre la calidad de servicio.
- La gestión de sesiones PoC iniciadas y terminadas: control de acceso, disponibilidad del terminal, etc.
- La identificación de los distintos usuarios, permitiendo el “floor control”.
- La aplicación de las políticas de participación en las sesiones de grupo.
- El almacenamiento de la información de los participantes (nombres, alias, etc.).

### 3.4.3 El servidor de gestión de listas y grupos (GLMS)

El servidor de gestión de listas y grupos, o GLMS (Group and Lists Management Server), se encarga de la gestión de los grupos y listas utilizadas en el servicio PoC, realizando las funciones de creación, modificación, eliminación, obtención y almacenamiento de todos los grupos y listas. Un usuario puede tener varias listas de contactos y grupos. Se pueden bloquear contactos dentro de las listas para no recibir llamadas.

Continuando con el resto de elementos en la arquitectura del servicio PoC existe el núcleo de IMS.

### 3.4.4.- Núcleo IMS

El núcleo de IMS básicamente es el IP Multimedia Subsystem. Las características principales de los servicios IP multimedia que IMS hace posible son las siguientes:

- La comunicación orientada a sesión de un usuario a otro(s) usuario(s), o de un usuario a un servicio.
- La comunicación en tiempo real o diferido.
- Las sesiones IP multimedia compuestas por flujos y contenidos multimedia

diversos, con un nivel adecuado de Calidad de Servicio para vídeo, audio y sonido, texto, imagen, datos de aplicación, etc.

- La identificación de usuarios, servicios y nodos mediante URIs (Universal Resource Identifier). Así los usuarios ya no tienen que manejar números de teléfono imposibles de recordar, sino nombres al estilo de servicios Internet, como el correo electrónico.

Los servicios IMS pueden implementarse, por ejemplo, en una sola aplicación de usuario final que hace uso coordinado y simultáneo de la mensajería IP multimedia del servicio de presencia, de la videoconferencia y llamadas de voz sobre IP (usuario a usuario o multiusuario), de los servicios web, de la descarga de contenidos, de los juegos en red y de cualquier otro servicio de Internet basado en TCP/IP, ofreciendo una Calidad del Servicio (QoS) garantizada y adaptada a cada flujo de datos, a la vez que permiten al usuario disfrutar de la movilidad y características de su dispositivo personal 3G IMS.

Sin embargo, IMS no define las aplicaciones o servicios que pueden ofertarse al usuario final, sino de las capacidades de los operadores para construir sus propias aplicaciones y producir su oferta de servicios. Existe una diferenciación entre servicios que se pueden ofrecer:

- Los servicios básicos como las llamadas de voz, la mensajería textual, la mensajería multimedia, el correo electrónico, etc., en los cuales el usuario percibirá la misma calidad que cuando se prestan a través de los sistemas tradicionales.
- Los servicios multimedia avanzados. En este tipo de servicios se incluyen la videoconferencia, la videoconferencia para personas sordas, video más texto de tiempo real, la difusión de medios de TV o radio, el vídeo bajo demanda, la mensajería instantánea con el chat multimedia, los videojuegos interactivos multiusuario, el servicio push-to-talk (walkie-talkie), etc. En este sentido, IMS no impone límites, son la capacidad de la red de acceso y las características de los terminales las que fijan las restricciones.

#### **3.4.4.1 Tecnologías, Arquitectura y Funciones de IMS.**

El control de sesión es realizado por el protocolo de control de llamada IMS basado en SIP y SDP. La señalización de IMS se efectúa mediante el protocolo SIP (Session

Initiation Protocol), que IETF<sup>1</sup> diseñó para la gestión de sesiones multimedia en Internet. SIP aporta las funciones para el registro, establecimiento, liberación y mantenimiento de las sesiones IMS, lo que incluye funciones de enrutado de sesiones e identificación de usuarios y nodos, y también habilita todo tipo de servicios suplementarios. Por otro lado, el protocolo SIP tiene una estructura similar a HTTP, e incluso comparte los códigos de respuesta. Esto facilita el desarrollo de los servicios, puesto que es similar a construir aplicaciones web.

El protocolo SDP, también diseñado por IETF, se emplea para describir la sesión que se negocia con SIP. Mediante SDP, los extremos de una sesión pueden indicar sus capacidades multimedia y definir el tipo de sesión que se desea mantener. Además, con SDP los extremos deciden qué flujos multimedia compondrán la sesión, de manera que establecerán a qué tipos de medios multimedia corresponden dichos flujos (audio, video, etc.) y qué codecs soportan y desean emplear para cada flujo, así como la configuración específica de los codecs anunciados. Mediante este intercambio de señalización se negocia la QoS, tanto en el establecimiento como durante la sesión en curso, si es necesario.

#### **3.4.4.2 Generalidades del Protocolo SIP.**

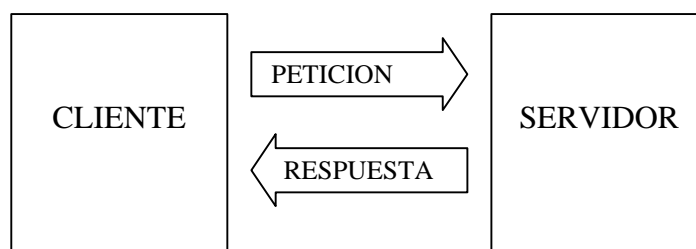
SIP pertenece a la familia de protocolos multimedia definidos por el IETF. El protocolo SIP es un protocolo de señalización para el control del nivel de aplicación en implementaciones de VoIP. Su utilización es simple porque está basado en una codificación en modo texto. Se basa en un modelo cliente-servidor que facilita los mecanismos necesarios para que los sistemas usuarios finales y los servidores puedan proporcionar diferentes servicios.

Este protocolo soporta de modo transparente el mapeo de nombres y servicios de redireccionamiento, permitiendo la implementación de servicios suplementarios de Red Inteligente como redireccionamiento de llamadas, identificación de llamada, localización de usuarios y movilidad personal

---

<sup>1</sup> IETF.- por sus siglas en Inglés Internet Engineering Task Force es una comunidad internacional de diseñadores, operadores e investigadores de redes concerniente al desarrollo y evolución de la arquitectura de Internet. Es una comunidad abierta para cualquier persona interesada en ella. [www.ietf.org](http://www.ietf.org)

En la Figura 3.5 se representa el modelo general de cliente servidor de SIP.



**Figura. 3.5. Modelo de SIP**

En SIP pueden colaborar elementos de red o servidores que permiten establecer la comunicación entre dos entidades extremo a extremo. Un elemento importante es el Proxy server, y su función es la de realizar acciones intermedias entre los extremos para, por ejemplo, encaminar llamadas. Para ello, debe ser capaz de interpretar las peticiones para reencaminarlas a su destino con las modificaciones oportunas. Esta es la opción más recomendable porque a través de este servidor se logra centralizar la gestión, la tarificación y el control de los servicios. Existen otros elementos que proporcionan apoyo a los servidores anteriores, como son el Location server, empleado para localizar al destinatario de la llamada, o el Registrar, que maneja peticiones de registro de usuarios.

### 3.4.5 CSCF (Call State Control Function)

Una entidad funcional clave es el CSCF (Call State Control Function), que es básicamente un servidor SIP con funciones de proxy. El CSCF ejecuta tres roles diferentes en la operación de IMS:

- El Proxy CSCF (P-CSCF), que es el punto de entrada al subsistema IMS y que recibe directamente la señalización IMS desde el terminal. Implementa las funciones de protección de señalización (seguridad) y el control de recursos del subsistema de transporte.
- El Serving CSCF (S-CSCF). A cada usuario registrado en IMS se le asigna un S-CSCF, el cual se encarga de enrutar las sesiones destinadas o iniciadas por el usuario. También realiza el registro y autenticación del abonado IMS y la provisión de los servicios IMS (mediante el desvío de señalización a los servidores de



aplicación). Asimismo aplica las políticas del operador de red y genera los registros de tarificación.

- El Interrogating *CSCF* (I-CSCF), que es un nodo intermedio que da soporte a la operación IMS. El I-CSCF ayuda a otros nodos a determinar el siguiente salto de los mensajes SIP y a establecer un camino para la señalización. Durante el registro, el P-CSCF se ayuda del I-CSCF para determinar el S-CSCF que ha de servir a cada usuario.

### **3.4.6 HSS (Home Subscriber Server)**

El Home Subscriber Server (HSS) puede ser otro nodo de la red, que hereda las funciones del HLR: almacena y gestiona el perfil del servicio IMS del abonado, almacena las claves de seguridad y genera vectores de autenticación, registra el estado de los abonados y almacena el nodo S-CSCF con el que el abonado se ha registrado, etc.

## **3.5 INTERFACES**

Los distintos elementos de la arquitectura del servicio PoC tienen una interfaz de comunicación. Estas interfaces son las siguientes:

### **3.5.1 Usuario - Núcleo IMS**

La interfaz entre el UE y el Núcleo IMS se denomina Is y se realiza a través del protocolo SIP.

### **3.5.2 Núcleo IMS – Servidor PoC**

Esta interfaz se denomina If y también utiliza el protocolo SIP. Esta interfaz se utiliza para el control de la sesión.

### **3.5.3 UE – Servidor PoC**

Esta interfaz se denomina It y soporta transporte, control de piso (floor control) y procedimientos de calidad de enlace. Los protocolos usados en esta interfaz son RTP y RTCP.

### 3.5.4 UE – GLMS

Esta interfaz se denomina Im y soporta la comunicación entre el UE y la GLMS con el objetivo de administrar los grupos, las listas de contactos y listas de acceso para el servicio. Se utilizan los protocolos HTTP/XML.

### 3.5.5 Servidor PoC – GLMS

Esta interfaz se denomina Ik y le permite al servidor PoC obtener información sobre listas y grupos de contactos almacenados en la GLMS.

### 3.5.6 Núcleo IMS – Servidor de Presencia

Esta interfaz se denomina Ips y utiliza el protocolo SIP. Por esta interfaz se publica el estado de presencia del UE hacia el Servidor de Presencia.

### 3.5.7 Servidor de Presencia – GLMS

Esta interfaz se denomina Ipl y permite la descarga de listas de contactos y listas de acceso del GLMS hacia el servidor de Presencia si se necesita.

En la Figura 3.6 se muestra un grafico de las interfaces entre los distintos elementos del servicio.

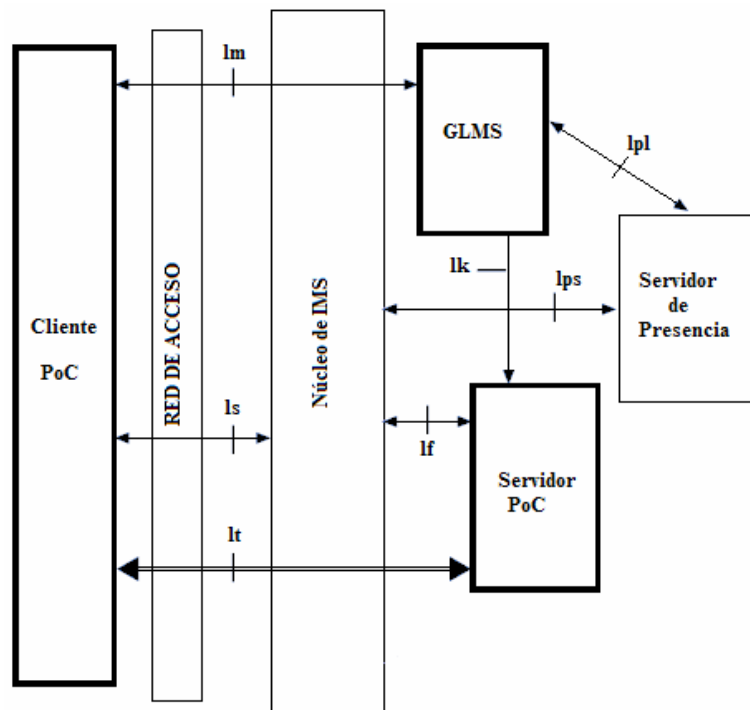


Figura. 3.6. Representación de las interfaces en PoC.

### 3.6.- PROTOCOLO DE SEÑALIZACIÓN SIP

Los mensajes del protocolo SIP tienen formatos específicos. Los mensajes SIP están basados en modo texto, y la sintaxis y los campos de la cabecera del mensaje son muy similares a HTTP. Existen dos tipos de mensajes:

- Mensajes “request”
- Mensajes “response”

La estructura general de los mensajes es con una línea de inicio, uno o varios campos de cabeceras, una línea vacía que indica el final de un campo de cabecera y un mensaje opcional. Al final de cada elemento se debe incluir siempre un CRLF (carriage return linefeed sequence)

#### 3.6.1 Mensajes Request

Estos mensajes se diferencian porque en la línea de inicio tienen una línea de requerimiento. Una línea de requerimiento contiene un método, una URI de requerimiento y la versión del protocolo. Estos campos son separados por un espacio simple de la barra espaciadora. Esta línea de requerimiento termina con un CRLF.

*Línea de requerimiento = Método\_URI de requerimiento\_Versión de SIP\_CRLF*

A continuación una explicación de los campos que componen la línea de requerimiento:

- Método<sup>1</sup>.- este campo es el método a interpretar por el recurso. Puede tener cualquiera de los siguientes valores :
  - Invite.- Este valor se emplea para invitar a un usuario a intervenir en una llamada y establecer una nueva conexión, y también permite identificar y localizar a un usuario específico. Normalmente incluye una descripción de la sesión que el usuario llamante pretende establecer para que la parte llamada tenga conocimiento de la misma.
  - Ack.- Confirma que el cliente ha recibido la aceptación de una invitación, y también incluye la descripción de sesión que utilizará la parte llamada.
  - Options. Permite intercambiar información sobre las capacidades soportadas por un servidor SIP.

---

<sup>1</sup> Método: El método es una función principal que un requerimiento invoca en el servidor.

- Bye. Se lo utiliza para indicar al servidor que desea terminar la llamada. El agente que recibe esta petición debe cesar de inmediato su envío de información hacia el que la manda. También se puede emplear para rechazar una invitación.
- Cancel. Esta petición cancela una petición pendiente cuya cabecera coincida con su misma identificación, pero no afecta a las peticiones ya completadas (cuando el servidor devuelve un response final de status) o a las llamadas establecidas.
- Register. A través de este método se informa a un servidor SIP de la posición de un usuario.
- Request-URI. Un URI SIP (Uniform Resource Identifier) es el usuario o el servicio hacia el cual se direcciona la petición.
- SIP versión. Es la versión SIP que se va a emplear. De acuerdo con la recomendación actual, se corresponde con la versión 2.0.

### 3.6.2 Mensajes Response

Los mensajes de Response se distinguen de los de Request porque tienen una línea de estado en la línea de inicio. Esta línea de estado consiste en la versión del protocolo, seguida de un código numérico con su frase textual asociada. Cada elemento dentro de la línea se separa por un espacio simple de la barra espaciadora. Al final de la secuencia se necesita un CRLF.

*Línea de Estado Versión de SIP\_Código de estado\_frase\_CRLF*

A continuación una explicación de los campos que componen la línea de requerimiento:

- SIP versión.- que especifica la versión de SIP utilizada.
- Status code. Es el código que identifica la tentativa de inferir y solventar la petición. Es un número entero de tres dígitos.
- Reason-phrase. Es una descripción explicativa en modo texto del campo status code. (las xx después del primer dígito son reemplazadas por dos dígitos enteros)

El primer dígito de un código de estado indica la clase de respuesta que se tendrá. En la Tabla 3.1 se muestran los tipos de códigos y mensajes que representan, con un ejemplo de cada uno.

Código	Tipo de mensaje	Mensaje	Ejemplo
1xx	Provisional	Este valor indica que la petición ha sido recibida y está siendo procesada	180 RINGING
2xx	Éxito	Indica que la petición ha sido recibida, entendida y aceptada	200 OK
3xx	Redirección	Indica que se requieren más acciones para completar la petición	301 MOVED TEMPORARILY
4xx	Client Error	Indica que la petición presenta error sintáctico o no puede completarse en ese servidor	401 UNAUTHORISED
5xx	Server Error	Indica que el servidor no ha podido completar una petición	INTERNAL SERVER ERROR
6xx	Falla global	Indica que la petición no pudo completarse en ningún servidor	606 NOT ACCEPTABLE

**Tabla. 3.1. Mensajes de response**

### 3.6.2.1 Códigos de Mensajes Provisionales (1xx).

Estos códigos son conocidos también como informativos e indican que el servidor está realizando alguna acción determinada y todavía no tiene una respuesta definitiva. Un servidor envía una respuesta 1xx si determina que se demorará más de 200 ms en tener una respuesta definitiva. En la Tabla 3.2 se describen cada uno de los mensajes 1xx:

Mensajes (códigos) de estado 1xx	Descripción
100 Intento (Trying)	Indica que el requerimiento fue recibido y se están llevando a cabo acciones (por ejemplo consultar una base de datos).
180 Ringing	Es un mensaje que trata de alertar al usuario que realiza una llamada
181 Llamada desviada (call is being forwarded)	El servidor utiliza este mensaje para indicar que la llamada esta siendo desviada a un grupo distinto de destinos.
182 En cola (queued)	Se utiliza este mensaje para indicar que la llamada está en cola en vez de rechazarla. Ocurre cuando el usuario llamado está temporalmente no disponible.
183 Progreso de la sesión (Session Progress)	Se utiliza para indicar el progreso de una sesión.

**Tabla. 3.2. Mensajes de response 1xx**

### 3.6.2.2 Códigos de mensajes de éxito (2xx).

Este tipo de mensajes indican que el requerimiento fue recibido, entendido y aceptado. En la Tabla 3.3 se describe este tipo de mensaje:

Mensajes (códigos) de estado 2xx	Descripción
200 OK	Éxito en el proceso del requerimiento.

Tabla. 3.3. Mensajes de response 2xx

### 3.6.2.3 Códigos de mensajes de redirección (3xx).

Este tipo de mensajes indican que se necesitan más servicios para poder completar la llamada. En la tabla 3.4 se muestran este tipo de mensajes:

Mensajes (códigos) de estado 3xx	Descripción
300 Múltiple elección (multiple choices)	El usuario puede elegir un punto final de comunicación de entre varias opciones.
301 Movido Permanentemente (moved permanently)	No se puede encontrar a un usuario. Se necesita reenviar la dirección correcta.
305 Usar Proxy (Use Proxy)	Se utilizará un Proxy para acceder al recurso solicitado
380 Servicio Alternativo (Alternative Service)	Cuando la llamada no se completó pero existen servicios alternativos.

Tabla. 3.4. Mensajes de response 3xx

### 3.6.2.4 Códigos de mensajes de Client Error (4xx).

Cuando se falla el requerimiento y no es atendido en el servidor, el usuario deberá enviar el mensaje pero con una modificación.

El requerimiento puede fallar por un bit erróneo debido a problemas de atenuación y ensanchamiento de los bits. En este caso se puede malentender la información debido a al cambio de un bit.

En la tabla 3.5 se describen los mensajes de response 4xx.

<b>Mensajes (códigos) de estado 4xx</b>	<b>Descripción</b>
400 Requerimiento Malo (Bad Request)	Utilizado cuando el requerimiento no es entendido debido a un error de sintaxis.
401 Desautorizado (Unauthorized)	Utilizado cuando el requerimiento necesita una autenticación de usuario. Utilizado por los registrars.
403 Prohibido (Forbidden)	Utilizado cuando el requerimiento es entendido por el servidor pero no puede ser procesado.
404 No encontrado (Not Found)	Utilizado cuando el servidor tiene información de que el usuario no existe en el dominio especificado por el request-URI.
405 Método no permitido (Method Not Allowed)	Utilizado cuando el método no es permitido para la dirección especificada en el request-URI.
407 Autenticación en Proxy Requerida (Proxy Authentication Required)	Parecido al mensaje 401, significa que el usuario debe ser autenticado por el Proxy.
408 Tiempo de requerimiento agotado (Request Timeout)	Cuando el servidor no puede dar una respuesta en un período de tiempo.
410 Gone	Se utiliza cuando el recurso requerido no esta disponible en el servidor y no existe una dirección de forward.
411 Requerimiento muy largo (Request entity too large)	El servidor puede no procesar un requerimiento más largo de lo que tiene especificado para operar.
412 Request-URI muy largo	El servidor no dará servicio a una requerimiento porque el request-URI es mas largo de los que está dispuesto a interpretar.

**Tabla. 3.5. Mensajes de response 4xx**

### 3.6.2.5 Códigos de mensajes de Server Error (5xx).

Para que se produzcan este tipo de mensajes el servidor encuentra una condición inesperada que conlleva la cancelación del servicio. En la tabla 3.6 se muestran códigos de mensajes se Server Error 5xx:

<b>Mensajes (códigos) de estado 5xx</b>	<b>Descripción</b>
501 No Implementado (Not Implemented)	Cuando el servidor no posee la funcionalidad descrita en el requerimiento.
503 Servicio no disponible	Cuando el servicio en el servidor no esta disponible por alguna causa como mantenimiento.
505 Versión no soportada (Version Not Supported)	Cuando el servidor no soporta la versión de SIP utilizada.
513 Mensajes muy largos (Message Too Large)	Cuando el servidor no puede procesar un requerimiento porque la longitud del mensaje excede sus capacidades.

**Tabla. 3.6. Mensajes de response 5xx**

### 3.6.2.6 Códigos de mensajes de Falla Global (6xx).

Para que se produzcan este tipo de mensajes el servidor encuentra una condición inesperada que conlleva la cancelación del servicio. En la tabla 3.7 se muestran códigos de mensajes de Falla Global 6xx:

Mensajes (códigos) de estado 6xx	Descripción
600 Ocupado Todo (Busy Everywhere)	Cuando se contacta al destinatario de la llamada pero éste no quiere recibir la llamada en ese momento.
603 No existe en ningún lugar	El servidor determina que el usuario requerido no existe.
606 No Aceptable	Cuando se contacta al destinatario pero no se puede establecer una sesión por inconsistencia en parámetros.

**Tabla. 3.7. Mensajes de response 6xx**

### 3.6.3 Modo de operación en SIP

En el protocolo SIP los usuarios se identifican por direcciones, de manera que para realizar una llamada el usuario debe encontrar primero al servidor correspondiente para poder enviarle su petición de inicio de llamada o invitación. En lugar de contactar directamente con el usuario destino, la petición de inicio puede ser redirigida o puede desencadenar una serie de nuevos requests entre servidores. Para poder localizar a los usuarios, éstos deberán ser registrados previamente en los servidores SIP.

La identificación de cada una de las partes se realiza mediante URI SIP, cuya estructura es similar a una dirección de correo electrónico (usuario@host), en donde la parte de usuario puede ser un nombre o un número de teléfono, y en donde la parte de host es bien un nombre de dominio o bien una dirección de red (usuario@dominio o usuario@DirIP). Existen dos formas de localizar el servidor SIP cuando el cliente quiere enviar una petición: se puede remitir al servidor proxy que tiene configurado localmente, independientemente del destino (Request- URI), o se puede remitir directamente a una dirección IP con su puerto (la del servidor asociado al destino).

Una vez que el cliente ha determinado el servidor con el que debe contactar, la parte cliente envía una serie de peticiones SIP a ese servidor, el cual responde con los



respectivos responses. El concepto de transacción agrupa al conjunto formado por un request (y sus retransmisiones), más las respuestas que haya desencadenado.

Una sesión se inicia por medio de una petición INVITE, la cual ofrece al usuario llamado la posibilidad de establecer una comunicación (o bien unirse a una conferencia ya establecida). Una vez que el usuario llamado acepta su participación en la comunicación, la parte llamante confirma que ha recibido su respuesta mediante el envío de un ACK. Por tanto, una invitación exitosa está compuesta de dos request: un INVITE seguido de un ACK.

Los mensajes de request deben tener en general los siguientes campos cabecera: From, To, CSeq, Call-ID, Max-Forwards y Via. Estos 6 campos cabecera son los bloques fundamentales en la estructura de un mensaje de SIP (request). Estos campos cabecera son adicionales a los parámetros obligatorios de un mensaje request como el Método, Request-URI y la versión de SIP.

### To

Este campo especifica el recipiente del mensaje de requerimiento que puede ser un usuario. A continuación un ejemplo de este campo con la sintaxis correspondiente:

*To: User1 <sip:user1@servidor.com>*

La forma reducida de la cabecera es la que se muestra en el siguiente ejemplo:

*t: sip:+12125551212@servidor.com*

### From

El campo From indica desde dónde o quién está realizando el requerimiento. Va conjuntamente con un parámetro llamado tag (que va también en el campo To), que sirve para identificar un diálogo a través de una combinación del Call-ID con dos tags.

Ejemplos de este campo cabecera a continuación:

*From: "User1" <sip:user1@servidor.com> ;tag=1234*

*From: sip:+12125551212@servidor.com;tag=986d*

Y un ejemplo de la forma compacta a continuación:

*f: user1 <sip:user1@server.org>;tag=h9h8*

### Call-ID

Este campo cabecera identifica a una invitación particular o todos los registros de un cliente particular.

A continuación un ejemplo de la forma normal y la forma compacta de este campo:

*Call-ID: f81d4fae-7dec-11d0-a765-00a0c91e6bf6@servidor.com*

*i: f81d4fae-7dec-11d0-a765-00a0c91e6bf6@192.0.2.4*

### Cseq

Contiene un número de una secuencia decimal simple y el método del requerimiento.

El número de secuencia debe ser expresado como un entero sin signo de 32 bits. Este campo sirve para identificar requerimientos de nuevos requerimientos.

Un ejemplo de este campo es el siguiente que utiliza el método invite:

*CSeq: 4711 INVITE*

### Max-Forwards

Todos los métodos deben utilizar este campo para limitar el número de proxies o puertas de enlace que pueden dirigir el requerimiento hacia otros servidores. Este es un valor entero entre 0 y 255, que indica el número de veces que puede ser dirigido el mensaje. Cada vez que se dirige el requerimiento hacia otro elemento se disminuye en 1 el campo. La importancia de este campo es que no permite que se produzcan lazos infinitos.

Un valor apropiado para este campo es de 70. En el ejemplo se observa la sintaxis de este campo:

*Max-Forwards: 70*

### Via

Este campo indica el camino tomado por el requerimiento y además el camino que debería ser seguido en respuestas de ruteo. El parámetro ID en el campo cabecera Via es utilizado como un identificador de transacciones y es utilizado por los proxies para detectar bucles.

Además en este campo se encuentra el protocolo de transporte utilizado para enviar el mensaje, la dirección de red y el número de puerto por donde se desea recibir respuestas.

En el siguiente ejemplo se indica el uso de UDP y se especifica el puerto 5050 y 3495 en los dos casos.

*Via: SIP/2.0/UDP main.server.com:5050*

*Via: SIP/2.0/UDP 154.12.2.1:3495*

### Route

Este campo es usado para forzar a tomar una ruta a un requerimiento a través de los proxies listados. Un ejemplo se muestra a continuación:

*Route: <sip:bigbox3.site3.atlanta.com;lr>, <sip:server10.biloxi.com;lr>*

Una lista completa de todos los parámetros que influyen en los distintos tipos de mensajes se encuentra en la referencia bibliográfica RFC 3261 SIP: Session Initiation Protocol.

## **3.7 PROTOCOLO DE TRANSPORTE RTP**

El protocolo RTP significa Real-time Transport Protocol (Protocolo de transporte en tiempo real). El protocolo SIP no requiere un mecanismo concreto para transportar los datos multimedia. Sin embargo, en la práctica, se emplea el protocolo RTP, estandarizado por el IETF en la RFC 3550. Esta misma recomendación describe también un protocolo específico de apoyo a RTP, denominado RTCP (RTP Control Protocol), que permite conocer la calidad de flujo RTP intercambiado.

Una de las funcionalidades de RTP es la transmisión multicast (multidestino). RTP proporciona servicios de entrega de información extremo a extremo en tiempo real como aplicaciones de audio y video, pero no ofrece toda la funcionalidad habitual de un protocolo de transporte, como es la recuperación de errores o el control de flujo y congestión. Habitualmente emplea UDP como protocolo inferior, en lugar de otros como TCP que están orientados hacia un transporte fiable de datos, pero que no son recomendables en aplicaciones de tiempo real como es el servicio de voz sobre IP.

La información principal que contiene RTP es la denominada temporal (timestamp), aunque también incluye el tipo de información que se utiliza (norma de audio/vídeo) y una numeración secuencial. Las marcas temporales permiten al receptor reconstruir la secuencia original antes de interpretar la información.

La entrega de los paquetes RTP es supervisada por el protocolo de control RTCP (RTP Control Protocol), que proporciona una realimentación de la fuente y de los participantes de una sesión. Este protocolo está basado en la transmisión periódica de paquetes de control hacia todos los miembros de una sesión, empleando los mismos mecanismos de distribución de datos que RTP (puerto consecutivo, identificadores de flujo, etc.).

La función principal de RTCP es hacer llegar a las aplicaciones la calidad de la información recibida. Entre las estadísticas calculadas por este protocolo, tanto en recepción como en transmisión, se encuentran el número de paquetes enviados, el número de paquetes perdidos, el jitter, los retardos, etc. Esta información puede ser utilizada por una aplicación que envía datos para alterar la transmisión, como es el caso, por ejemplo, de utilizar otra tasa de compresión para mejorar la calidad. De este modo, como protocolo de transporte se complementan funciones de RTP con todo lo relacionado con el control de flujo y la congestión. RTCP también incluye parámetros para la identificación de los usuarios de una sesión (nombre, alias, etc.), con el fin de regular a los participantes de dicha sesión. Para la utilización de RTP se hace necesario fijar puertos para la comunicación.

#### Piso para hablar. (Floor)

Para poder realizar la comunicación PTT se necesita tener el piso o floor establecido. El piso es la existencia del medio para poder llevar a cabo la comunicación. Existen algunos procedimientos para el control del piso:

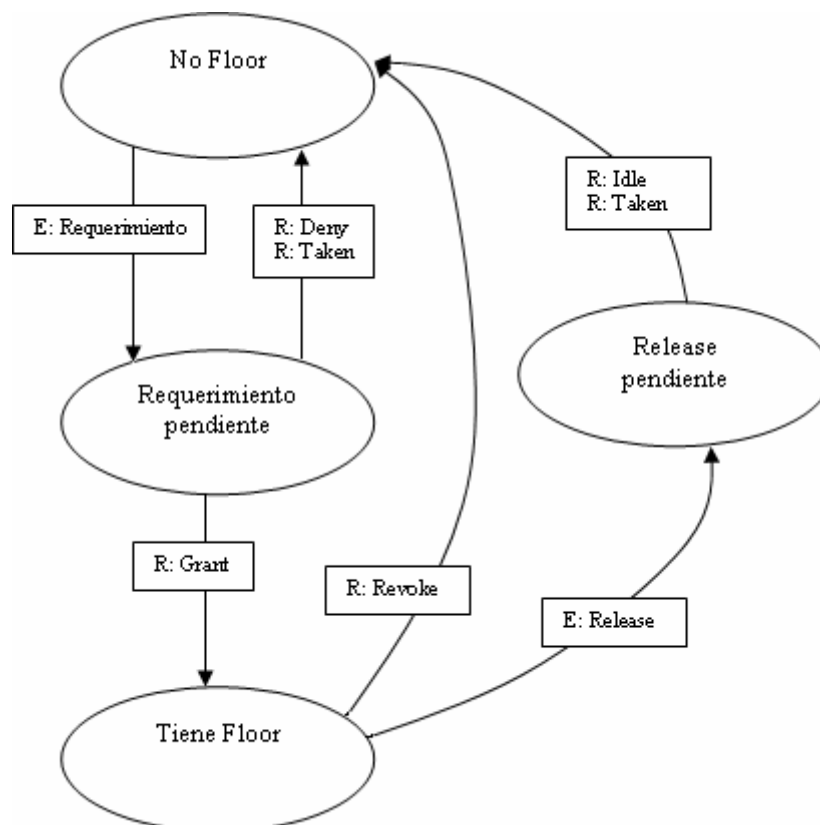
- Floor Request (requerimiento de piso) en la inicialización de la sesión.
- Floor Request
- Floor Release
- Floor Revoke

Existen además mensajes que colaboran en los procedimientos de control del piso. Estos mensajes se encuentran en la Tabla 3.8. Estos mensajes son transmitidos determinadas veces según las condiciones, por ejemplo un UE envía mensajes de Floor Release repetidamente hasta que un mensaje de Floor Taken o Floor Idle sea recibido.

Mensaje	Significado
Floor Idle	El servidor PoC indica al UE que el recurso (medio) o piso está disponible para ser requerido.
Floor Release	El UE indica al servidor PoC que está dejando libre el medio o piso.
Floor Request	El UE requiere que el medio o piso se le asigne.
Floor Grant	El servidor PoC indica al UE que se le asignó el piso y tiene permiso de utilizarlo.
Floor Taken	Indica a todos los UE que el piso ya fue asignado a una UE.
Floor Deny	El servidor PoC indica al UE que ha sido negado el permiso de utilizar el medio.
Floor Revoke	El servidor PoC puede retirar el uso del piso a un UE.

**Tabla. 3.8. Mensajes en control de piso.**

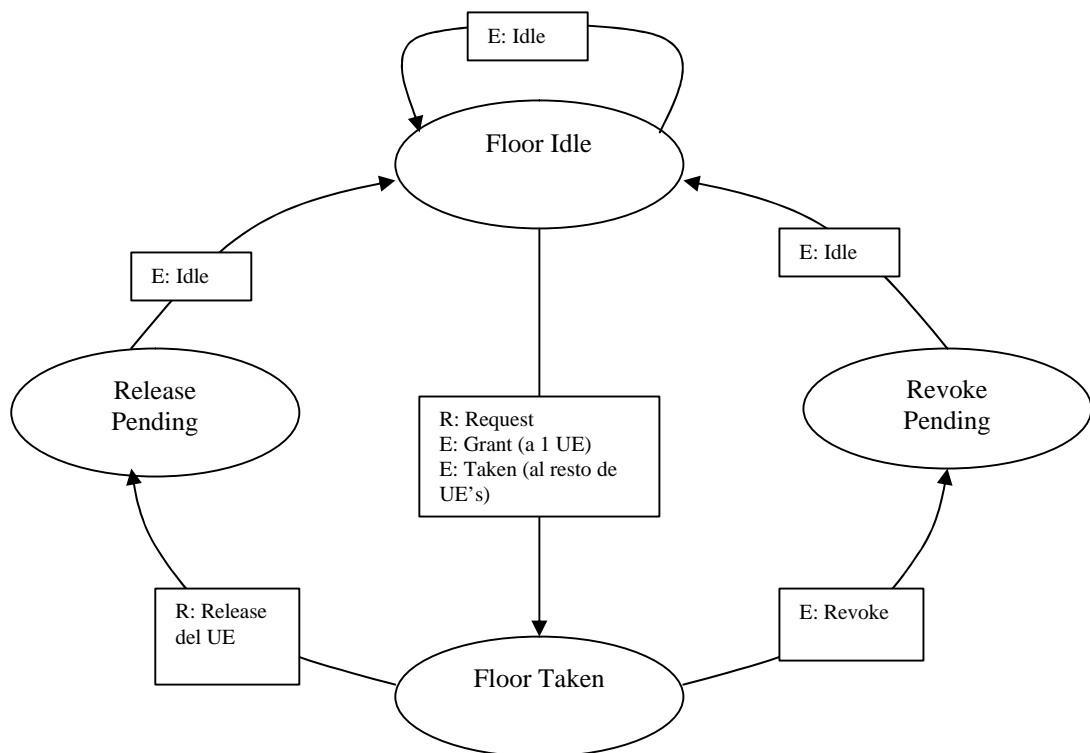
El flujo de mensajes enviados y recibidos por el UE se muestra en la Figura 3.7.



**Figura. 3.7. Diagrama de estados de transición del UE**

Se aprecia que el UE empieza en un estado de No Floor que significa que no tiene asignado el control del medio o el Floor. Una E significa que el UE envía el mensaje y una R que recibe. Cuando envía el requerimiento de control de floor pasa a un estado de requerimiento pendiente. Si recibe un mensaje de Deny o Taken, regresará al estado de No Floor y seguirá intentando el procedimiento.

Si recibe un mensaje de Grant pasa el siguiente estado y se le asigna el floor. En este estado se lleva a cabo la comunicación. Si se acaba la comunicación se envía un mensaje de Release, se pasa a un estado de Release pendiente y se liberará el floor. Posteriormente el UE recibirá mensajes de Idle o Taken dependiendo de si está a no ocupado el Floor. Si por alguna causa el servidor Poc decide quitar la asignación del floor, el UE recibe un mensaje de Revoke y pasa al estado inicial de No Floor para hacer el requerimiento otra vez. En la Figura 3.8 se representa el diagrama de estados de transición del Servidor PoC. Cuando el piso está disponible se envían mensajes de disponibilidad a todos los UE presentes. Cuando se recibe el requerimiento del primero se envía un mensaje de Grant al UE aceptado y al resto un mensaje de Taken.



**Figura. 3.8. Diagrama de estados de transición del servidor PoC**

Se establece la comunicación en el estado de Floor Taken. Luego cuando el UE envía un mensaje de Release, se pasa a un estado de Release Pending y finalmente se regresa al estado Idle y se envían mensajes de Idle nuevamente a todos los UE. El servidor puede inesperadamente enviar un mensaje de Revoke al UE, pasando a estado de Revoke Pending y finalmente se libera el Floor, regresando al estado de Floor Idle.

### 3.7.1 Requerimiento de Piso de Inicialización

El mensaje inicial SIP de INVITE es un requerimiento de Piso. Cuando el UE envía el mensaje INVITE pasa a un mensaje de Request Pending y no puede cambiar de estado hasta que reciba un mensaje de control de piso desde el Servidor. Si el UE recibe un mensaje de Grant significa que tiene el control de piso. Si recibe los mensajes Deny o Taken significa que el UE no tiene el control del piso.

Hay tres pasos fundamentales en este procedimiento:

- 1.- El servidor PoC asigna el Floor al UE #1 con el envío del mensaje de Floor Grant y además envía el mensaje de Floor Taken al UE #2. Este último mensaje contiene información sobre la identidad del usuario que origina la llamada.
- 2.- Se procede a notificar al UE #1 de que puede proceder con la llamada.
- 3.- Cuando el UE #2 recibe la identificación del UE #1, puede desplegar esta identidad al usuario. En la Figura 3.9 se representan estos pasos.

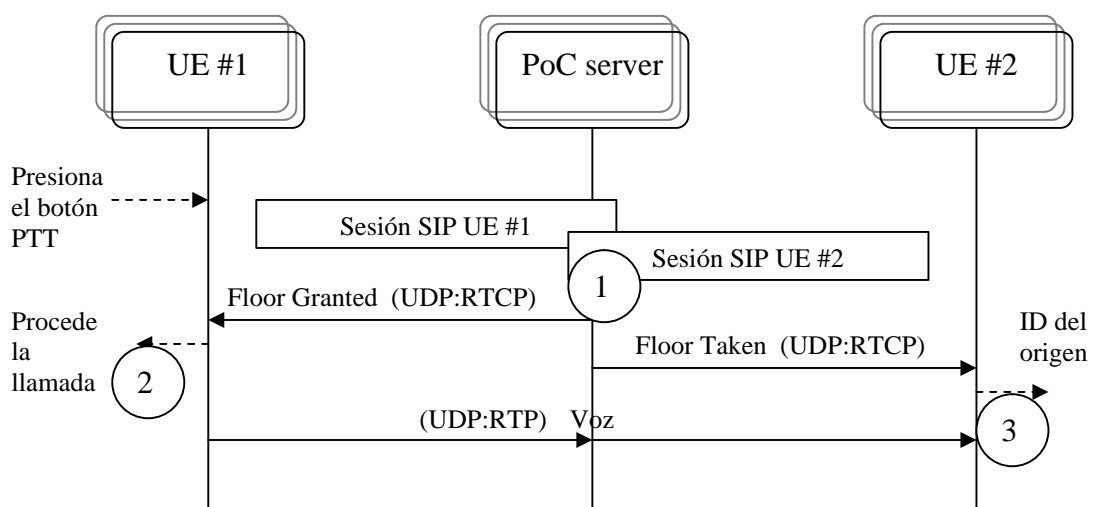
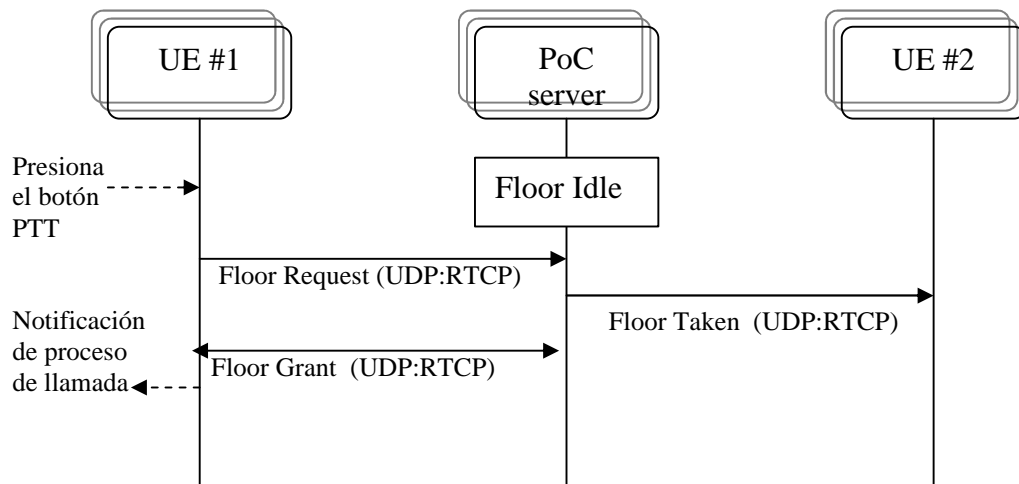


Figura. 3.9. Requerimiento de Floor en la inicialización de la llamada.

### 3.7.2 Requerimiento de Piso

En la Figura 3.10 se explica el procedimiento para el requerimiento de Piso por parte de un UE.



**Figura. 3.10. Requerimiento de Floor en estado Idle.**

Cuando el UE #1 presiona el botón PTT genera un Requerimiento de Piso y funciona un timer de requerimiento de piso. Si este timer expira mientras el UE #1 presiona el botón PTT y el UE no ha recibido un mensaje indicando el resultado del proceso se procede a enviar un nuevo mensaje de requerimiento de piso. En este caso si el UE #2 quiere hacer un requerimiento de piso, recibirá un mensaje de Floor Deny porque el piso está siendo usado por el UE #1. Cuando dos UE's hacen requerimientos casi al mismo tiempo, el servidor procesa el requerimiento que llegó primero.

### 3.7.3 Procedimiento de Release

En la Figura 3.11 se aprecia un ejemplo cuando el UE #1 presiona, espera un rato y libera el botón PTT. Se asigna el Floor al UE #1 hasta que deje de presionar el botón PTT.

Se envía el mensaje de Floor Taken al UE #2. Cuando se envía el último paquete de datos (se deja de presionar el botón PTT) se produce un mensaje de Floor Release hacia el servidor PoC. Después se envía el mensaje de Floor Idle a los dos participantes.



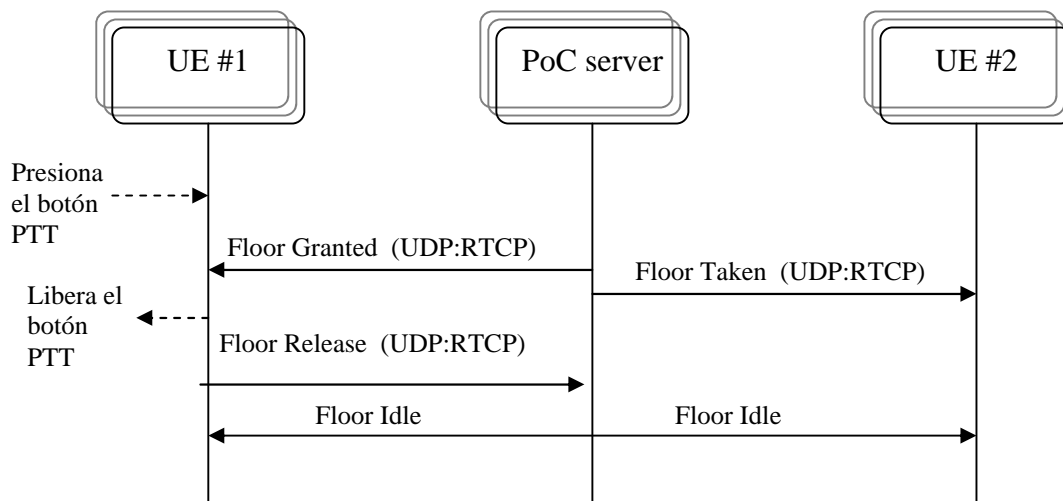


Figura. 3.11. Ejemplo de Requerimiento de Floor en la inicialización de la llamada.

### 3.7.4 Procedimiento de Revoke

Este procedimiento se realiza estando en un estado de Floor Granted. El servidor PoC envía un mensaje de Floor Revoke al UE #1, este entiende el mensaje y devuelve un mensaje de Floor Release. Se libera el piso y se envía el mensaje Floor Idle a todos los UE de la sesión.

En la Figura 3.12 se representa este procedimiento.

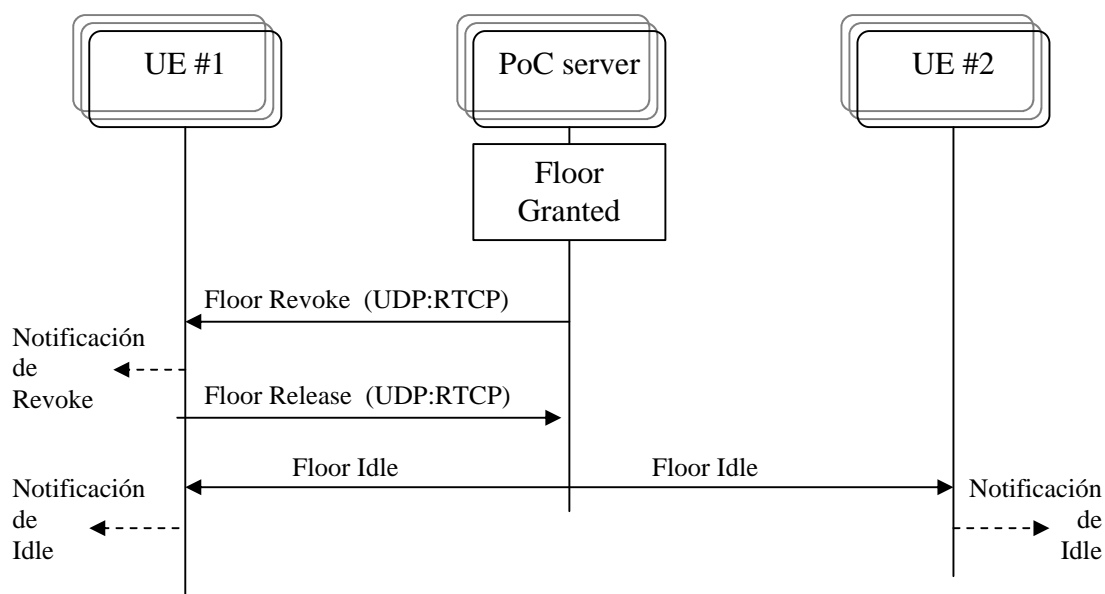


Figura. 3.12. Procedimiento Revoke

El UE puede saber información de su capacidad en el medio (throughput). Esta información la puede obtener de los atributos de calidad de servicio (QoS) en los enlaces de uplink y downlink de paquetes de datos. Inicialmente el UE no conoce la capacidad de otro UE en el inicio de una sesión. Debido a esto el UE debe reportar al servidor PoC sus características, las cuales deben ser almacenadas para todos los UE que se registren en ese servidor. Esta información se establece en el mensaje SIP INVITE.

Para establecer un grado alto de calidad en el servicio PoC, los elementos participantes (UE's y Servidor PoC) deben establecer parámetros del medio para utilizarlos en la sesión. Un ejemplo de estos parámetros es el ancho de banda. Si un mensaje RTP es enviado con una tasa de bits mayor que el ancho de banda del enlace de radio, se pueden perder paquetes IP. Al perder estos paquetes IP la calidad del servicio es baja. Se utiliza el protocolo SDP para el envío de estos parámetros.

El protocolo SDP (*Session Description Protocol*) tiene como fin anunciar sesiones, invitaciones y otras formas de inicio en sesiones multimedia, y su descripción viene recogida en la RFC 2327 definida por el IETF. Puede considerarse que SDP, más que un protocolo, es una descripción textual en lenguaje simple del estado de una sesión SIP. SIP hace uso de SDP para la negociación del camino y de las capacidades en las llamadas individuales, pudiendo transferir los parámetros que contienen la información relativa a la sesión, como el codificador de voz empleado, el puerto RTP o la dirección IP de los puntos finales que establecen la comunicación. Este protocolo fue desarrollado para transportar la descripción de las sesiones en flujos multimedia. Dicha descripción se realiza mediante mensajes de texto que incluyen:

- El nombre de la sesión y el propósito de la misma.
- El periodo de tiempo en el que la sesión está activa.
- El medio disponible para la sesión.
- El tipo de medio utilizado (vídeo, audio, etc.).
- El protocolo de transporte (RTP/UDP/IP u otros) y el número de puerto.
- El formato del medio (vídeo MPEG u otros).
- La información para recibir el medio (dirección, formato, etc.).
- La información sobre el ancho de banda a utilizar.
- La información de contacto del responsable de la sesión.

### 3.7.5 Timers

En el protocolo de transporte existen unos timers que ayudan en el envío de mensajes. Hay timers que actúan en el UE y otros que actúan en el servidor. En la tabla 3.9 se encuentran los timers especificando donde actúan.

Timers		Actúa en:	
Nombre	Representación	Servidor PoC	UE
Fin de medio RTP	T1	x	
Parar de hablar	T2	x	
Tiempo de gracia de Floor Revoked	T3	x	
Inactividad	T4	x	
Reporte envío	T5	x	
Reporte recibo	T6	x	
Floor Idle	T7	x	
Floor Revoke	T8	x	
Reintentar después	T9	x	
Floor release	T10		x
Floor request	T11		x
UE reintentar después	T12		x
BYE	T13		x
UE fin de medio RTP	T14		x

**Tabla. 3.9. Timers protocolo de transporte**

A continuación se explican los timers más importantes ya que algunos son opcionales y no tienen mucha influencia en el desenvolvimiento de las llamadas o control de ellas.

#### 3.7.5.1 Parar de Hablar (T2).

Este timer se inicia cuando se empieza una conversación (un UE comienza a hablar) y se para cuando se deja de hablar. Entonces con este timer se mide la longitud de tiempo que se habló en el UE. Si el tiempo de habla en un UE es mayor que el límite del timer T2, el servidor envía un mensaje de Floor Revoke pero la comunicación no se interrumpe todavía hasta que expire el timer T3. De esta manera se puede tener un control sobre el tiempo máximo de uso de cada presión del botón PTT.

#### 3.7.5.2 Tiempo de gracia de Floor Revoked (T3).

Este timer es un tiempo de 2 a 3 segundos que espera el servidor antes de pasar al estado de Idle y terminal el habla del UE. Después el servidor envía mensajes de Floor Idle para todos los UE.

### 3.7.5.3 Tiempo de Inactividad (T4).

Este timer se inicia después de terminada la conversación (con un mensaje de Floor Release) .Cuando este timer expira (unos 30 segundos) el servidor entra en un estado de inactividad hasta que reciba un nuevo mensaje de Request Floor.

### 3.7.5.4 Floor Idle Timer (T7).

Este timer se inicia cuando se finaliza una conversación (el servidor recibe un mensaje Floor Release) y se transmite el primer mensaje de Floor Idle a todos los UE participantes. Si no existen un Floor request antes de que expire este timer se envía de nuevo otro mensaje de Floor Idle. Una alternativa para la serie de tiempos de este timer es la serie de números de Fibonacci que se explica a continuación:

$$F_1 = 1$$

$$F_2 = 1$$

$$F_{n+2} = F_n + F_{n+1} \quad \text{para } n = 1$$

Entonces la forma de generar esta serie de números con  $n=1$  hasta  $n=11$  es la siguiente:

$$F_1 = 1$$

$$F_2 = 1$$

$$F_{n+2} = F_{1+2} = F_3 = F_1 + F_2 = 2$$

$$F_{2+2} = F_4 = F_{2+2} = F_2 + F_3 = 3$$

$$F_5 = 5 ; F_6 = 8 ; F_7 = 13 ; F_8 = 21 ; F_9 = 34 ; F_{10} = 55 ; F_{11} = 89$$

Entonces la primera vez el servidor esperará 1 segundo antes de transmitir de nuevo el mensaje. La segunda vez será después de 1 segundo también. La tercera transmisión será después de 2 segundos, la cuarta después de 3 y así según la serie.

### 3.7.5.5 Floor Revoke Timer (T8).

Este timer debe empezar cuando expira el timer T2. Cuando el timer T8 expira el servidor debe enviar otro mensaje de Floor Revoke al UE y el timer se resetea. El límite de timer T8 es de 0.5 a 2 segundos.

### **3.7.5.6 Intentar Después (T9).**

Este timer se inicia cuando expira el timer T2 que indica que se terminó el tiempo máximo de utilización del piso. Mientras este timer funciona el usuario que recibió el mensaje de Floor Revoked tiene que esperar y los mensajes de Floor Request son respondidos con Floor Deny. Cuando este timer expira el UE nuevamente puede pedir el control del piso.

### **3.7.5.6 Floor Release Timer (T10).**

Este timer actúa en el UE. Se inicia cuando el UE envía un mensaje de Floor Release al servidor. Cuando este timer expira (llega a su límite) y no se recibió un mensaje de Floor Idle, el UE vuelve a enviar un mensaje de Floor Release. El timer se para y se resetea cuando se recibe un mensaje de Floor Idle.

### **3.7.5.7 Floor Request Timer (T11).**

Este timer actúa en el UE. Cuando el UE inicia un requerimiento de piso envía un mensaje de Floor Request. En ese momento se inicia el timer T11. Si no se ha recibido un mensaje de respuesta (como Floor Granted o Floor Taken) por parte del servidor en un determinado tiempo que es el máximo valor del timer, el UE vuelve a enviar un mensaje de Floor Request.

## **3.8 ESTABLECIMIENTO DE SESIÓN**

### **3.8.1 Identificación**

Dentro de la identificación de usuarios se tienen los siguientes parámetros:

- Dirección (identidad pública de usuario).- cada usuario debe ser asignado con una identidad pública de usuario en forma de URI SIP (Universal Resource Identifier) y puede ser una cadena de texto alfanumérica. Un ejemplo de esta dirección es sip:user1@operadorA.net.
- La identidad de un usuario puede ser determinada por un número. Esta identificación se llama TEL URI.
- Identidad de usuario privada.- es una identidad privada que se le asigna a cada usuario con el objetivo de autenticación.

- Identidades de grupos.- son las identidades que se puede dar a un conjunto o grupo de contactos. Puede ser generado por el GLMS o por el usuario con aplicación en el teléfono.

Con respecto al direccionamiento cada usuario debe ser asignado una dirección IP (IP v4). A continuación se describen algunas características del funcionamiento del servicio PoC:

- Siempre se debe conocer la identidad de todos los participantes que desean iniciar una sesión y también la identidad de todos los participantes receptores de la comunicación. Así el servidor PoC sabe quien llama a quien.
- Siempre antes de iniciar con el servicio se necesita un procedimiento de registro SIP en el núcleo de IMS (SIP). Una vez registrado el usuario puede ser asignado una dirección.

### 3.8.1 Registro

El procedimiento de registro de un usuario es un requisito necesario antes de poder utilizar el servicio PoC. En Figura 3.12 se representa este procedimiento. Para que el UE se registre en el servidor SIP se deben seguir los siguientes pasos:

1.- El UE envía el requerimiento inicial (SIP REGISTER) de registro SIP a la dirección del Núcleo IMS. La información básica del mensaje SIP REGISTER se muestra en la Tabla 3.10.

Item	Cabecera	Obligatorio (M) Opcional (O)
1	Request- URI	M
2	To	M
3	From	M
4	Call-ID	M
5	Via	M
6	Route	M

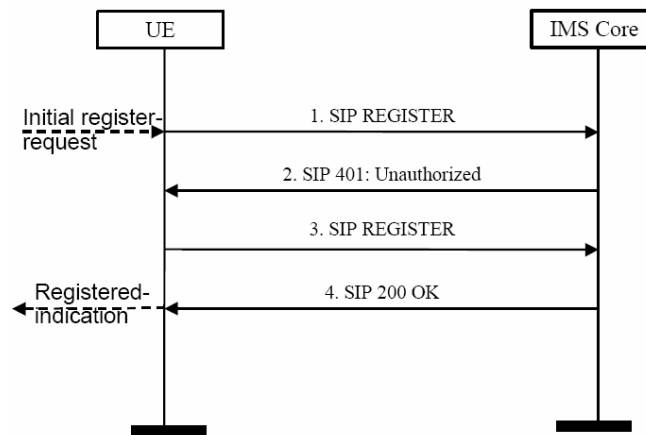
**Tabla. 3.10. Información en mensaje REGISTER**

Los valores de los campos se determinan de acuerdo a lo descrito en 3.6.3.

2.-En caso de identidades no existentes o fallas en el proceso de registro se envía un mensaje de SIP 401 Unauthorized.

3.- El UE envía de Nuevo un requerimiento de registro SIP con valores correctos de identificación.

4. El núcleo IMS envía un mensaje de Autorización SIP 200 OK.



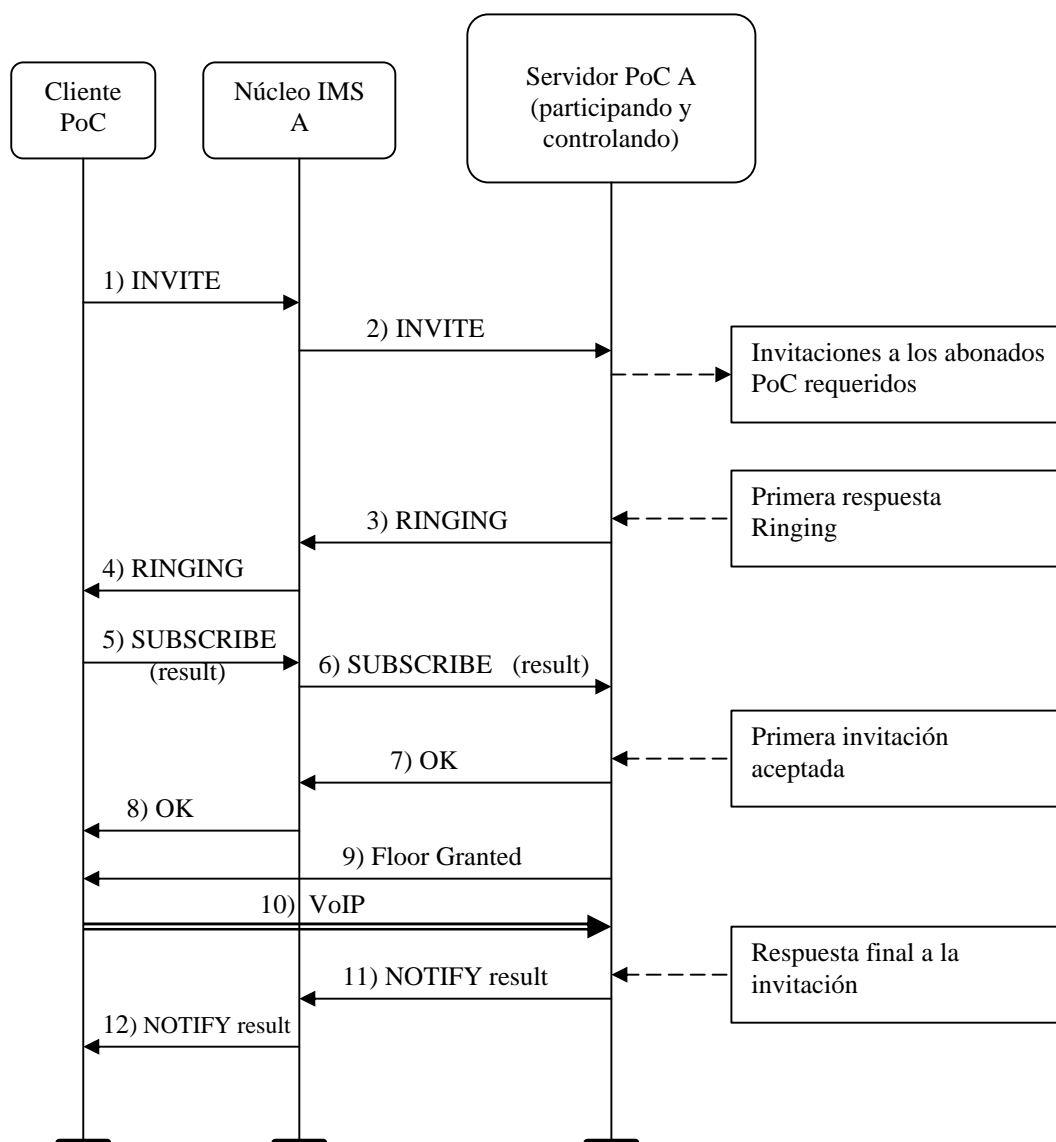
**Figura. 3.13. Procedimiento de Registro de UE.**

El usuario que inicia la comunicación sólo podrá hablar una vez que alguno de los invitados PoC haya aceptado la invitación, empleando el mecanismo de aceptación de sesión bajo demanda.

### 3.8.2 Sesión

A continuación se describe el procedimiento, a modo de ejemplo, de la solicitud y establecimiento de una sesión PoC de un usuario que invita a otros. La Figura 3.14 muestra el flujo de señalización para este escenario.

- 1) El cliente PoC A inicia una sesión uno a uno enviando una petición «INVITE» a la red PoC.
- 2) A continuación el núcleo SIP/IP de la red A enruta la petición «INVITE» al servidor PoC A, en función de la dirección del abonado PoC que invita y del servicio PoC.



**Figura. 3.14. Escenario de una petición de llamada PTT**

- 3) El servidor PoC toma el papel de la función de control PoC y de la función de participación PoC. A continuación el servidor PoC envía invitaciones a los clientes PoC de los abonados PoC invitados. El servidor PoC recibe la primera respuesta «RINGING».
- 4) El servidor PoC envía la respuesta «RINGING» hacia el cliente PoC A.
- 5) El cliente PoC A envía una petición «SUBSCRIBE» para recibir información acerca del resultado de las invitaciones al Núcleo IMS.
- 6) La petición «SUBSCRIBE» llega al servidor PoC. Estos mensajes son opcionales, y dependen de la configuración del cliente PoC A.



- 7) Cuando el primer cliente PoC acepta la petición de sesión, el servidor PoC A envía una respuesta «OK» hacia el cliente PoC A, en la que están incluidos los parámetros del servidor PoC.
- 8) Este mensaje «OK» llega al cliente PoC A.
- 9) Puesto que un participante PoC está conectado, el servidor PoC envía el mensaje de floor control, «Floor Granted» , al cliente PoC A
- 10) A continuación el cliente PoC A ya puede enviar la voz sobre IP del abonado que inició la comunicación al servidor PoC.
- 11) Si el cliente PoC A envió el mensaje «SUBSCRIBE» (5 y 6), el servidor PoC enviará un mensaje «NOTIFY» (11 y 12) a cada PoC invitado, con el resultado final del intento de sesión. Este resultado indicará si el abonado PoC ha aceptado o rechazado la invitación, si no está alcanzable (registrado), o si está ocupado o no respondió.

### 3.8.3 Escenario de una llamada personal

El escenario de una llamada uno a uno en PoC sigue el siguiente procedimiento: El usuario en el UE # 1 presiona el botón PTT, cuando el medio se ha establecido se recibe una alerta después de la cual el usuario puede empezar a hablar. Cuando termina libera el botón PTT. El equipo recibe una alerta de que el piso fue tomado por alguien más (Floor Taken). Recibe la comunicación del otro usuario en el UE # 2. Cuando este termina se recibe una alerta de que el piso está de nuevo disponible (Floor Idle).

En el caso del usuario en el UE # 2 se tienen dos opciones:

- El UE #2 está configurado para contestar automáticamente  
Se recibe una alerta de conversación y se escucha lo que transmitió el UE #1. Recibe una alerta de que el piso está disponible (Floor Idle). Se presiona el botón PTT y se recibe una alerta de que se puede empezar a hablar y el usuario habla en el UE # 2. Cuando termina de hablar libera el botón PTT.
- El UE #2 está configurado para contestar manualmente  
Se recibe una alerta de conversación y una pregunta de aceptar o no. Si se acepta se procede igualmente que en el caso anterior. Si no se acepta no se lleva a cabo la conversación.

### 3.8.3.1 Establecimiento del medio.

Con la descripción del establecimiento se unen los protocolos de señalización y transporte para llevar la voz de un UE a otro UE. En la Figura 3.15 se representa el establecimiento del medio cuando el UE receptor está configurado para una respuesta automática esto significa que la comunicación entrante será escuchada directamente por el usuario en el UE #2.

El usuario en el UE #1 presiona primero el botón PTT. Realiza un mensaje de INVITE que llega hasta el UE #2. Se asigna el piso al UE #1 y recibe la indicación de que puede hablar. AL UE #2 le llega una indicación de piso tomado (floor taken) y de escuchar. Se establece la comunicación usando el protocolo RTP para enviar la voz. Cuando se acaba el mensaje el usuario en el UE #1 libera el botón PTT y el piso queda libre. Se envía un mensaje de floor idle a los UE's. Se repite el proceso pero esta vez el UE #2 presiona el botón PTT y transmite su voz.

En el caso de que el UE #2 no tenga configurado una respuesta automática, el usuario en este UE deberá aceptar la invitación para poder llevar a cabo la comunicación. En la Figura 3.16 se muestra este proceso que difiere del anterior solo en la aceptación manual de la conversación

El usuario en el UE #1 presiona primero el botón PTT. Realiza un mensaje de INVITE que llega hasta el UE #2. Llega un mensaje de RINGING al UE #1 para indicarle que se está consultado al UE #2 que tiene una llamada entrante. Si el usuario en el UE #2 acepta la invitación, se asigna el piso al UE #1 y recibe la indicación de que puede hablar. AL UE #2 le llega una indicación de piso tomado (floor taken) y de escuchar. Se establece la comunicación usando el protocolo RTP para enviar la voz. Cuando se acaba el mensaje el usuario en el UE #1 libera el botón PTT y el piso queda libre. Se envía un mensaje de floor idle a los UE's. Se repite el proceso pero esta vez el UE #2 presiona el botón PTT y transmite su voz.

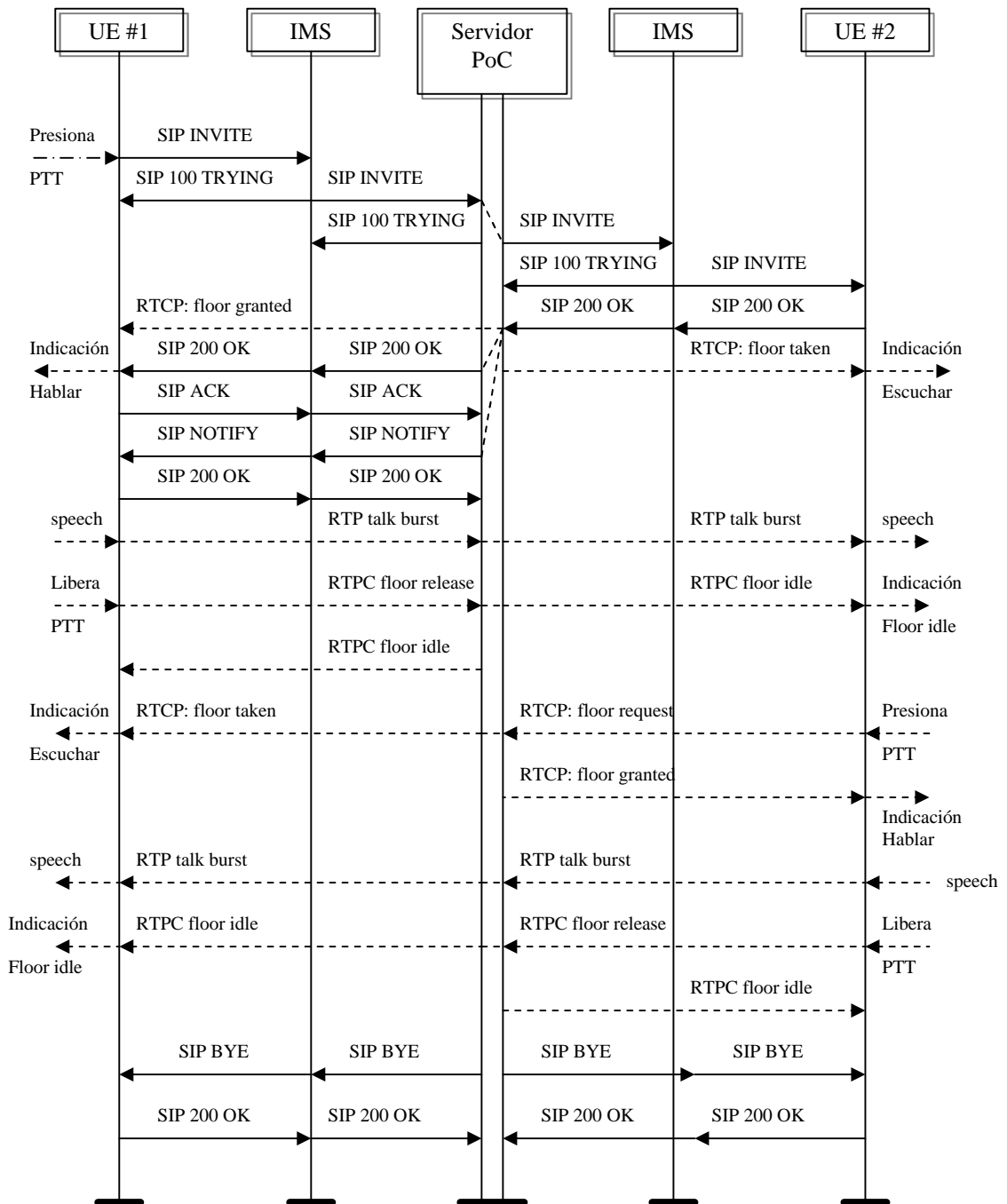


Figura. 3.15. Establecimiento de una llamada PoC con auto respuesta

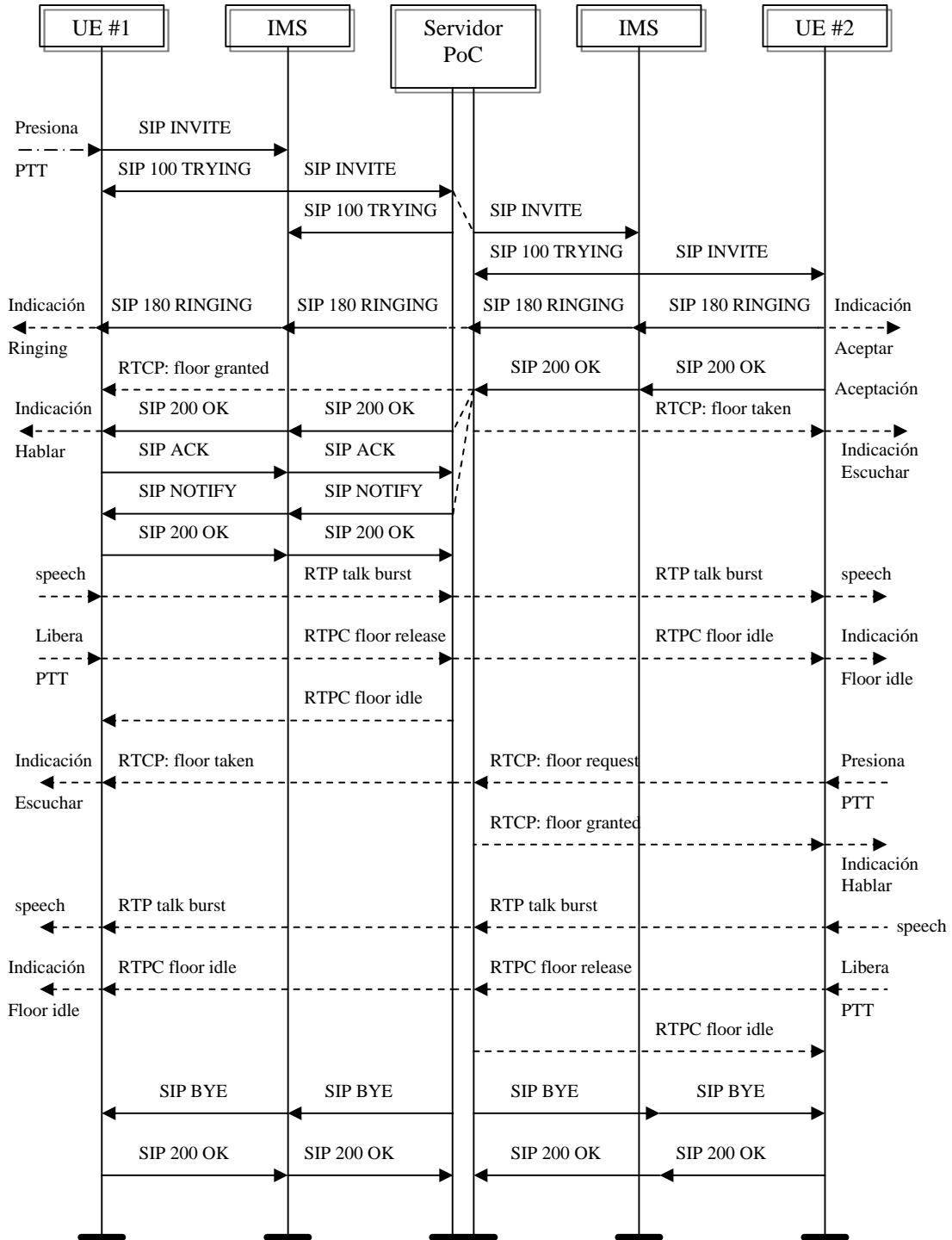


Figura. 3.16. Establecimiento de una llamada PoC con respuesta manual.

En la Figura 3.16, se representa el escenario de una llamada instantánea a un grupo. El usuario en el UE #1 presiona el botón PTT (en este caso el UE #2 y el UE #3 recibirán información desde el UE #1) y recibe una alerta de que se ha establecido el medio (piso) y

luego una indicación de que puede empezar a hablar. El UE #1 realiza la invitación para los UE #2 y UE #3 que en este caso tienen configurada la respuesta automática (aceptan la invitación automáticamente). Se envía un mensaje de Floor Taken a los UE's invitados y una indicación de escuchar la conversación.

El UE #1 empieza a hablar y cuando termina libera el botón PTT. Envía un mensaje de Floor Release al servidor y una vez liberado el piso se envían mensajes de Floor Idle a todos los UE's participantes.

El UE #3 desea hablar y presiona el botón PTT (en este caso el UE #1 y el UE #2 van a recibir información desde el UE #3) y le llega el mensaje de Floor Granted y también les llega un mensaje de Floor Taken a los otros UE's participantes. El UE #3 empieza a hablar hasta que libera el botón de PTT.

En ese momento el UE #3 envía un mensaje de Floor Release y una vez liberado el piso se envía un mensaje de Floor Idle a todos los UE's participantes.

En este punto, en el ejemplo de la Figura 3.17, se termina la comunicación y terminan la sesión los UE's participantes con mensajes de BYE.

Cabe destacar que los mensajes de INVITE tienen su respuesta con un 200 OK al igual que los mensajes de BYE.

Con esta descripción se hace posible la comunicación de una persona a un grupo. Cabe destacar que es posible que una persona ingrese a una conversación ya establecida o que esta persona sea invitada por un participante de la conversación. El procedimiento es el mismo que se ha visto en las figuras anteriores. Se invita al nuevo UE y se procede a intercambiar mensajes de aceptación y de asignaciones de piso.

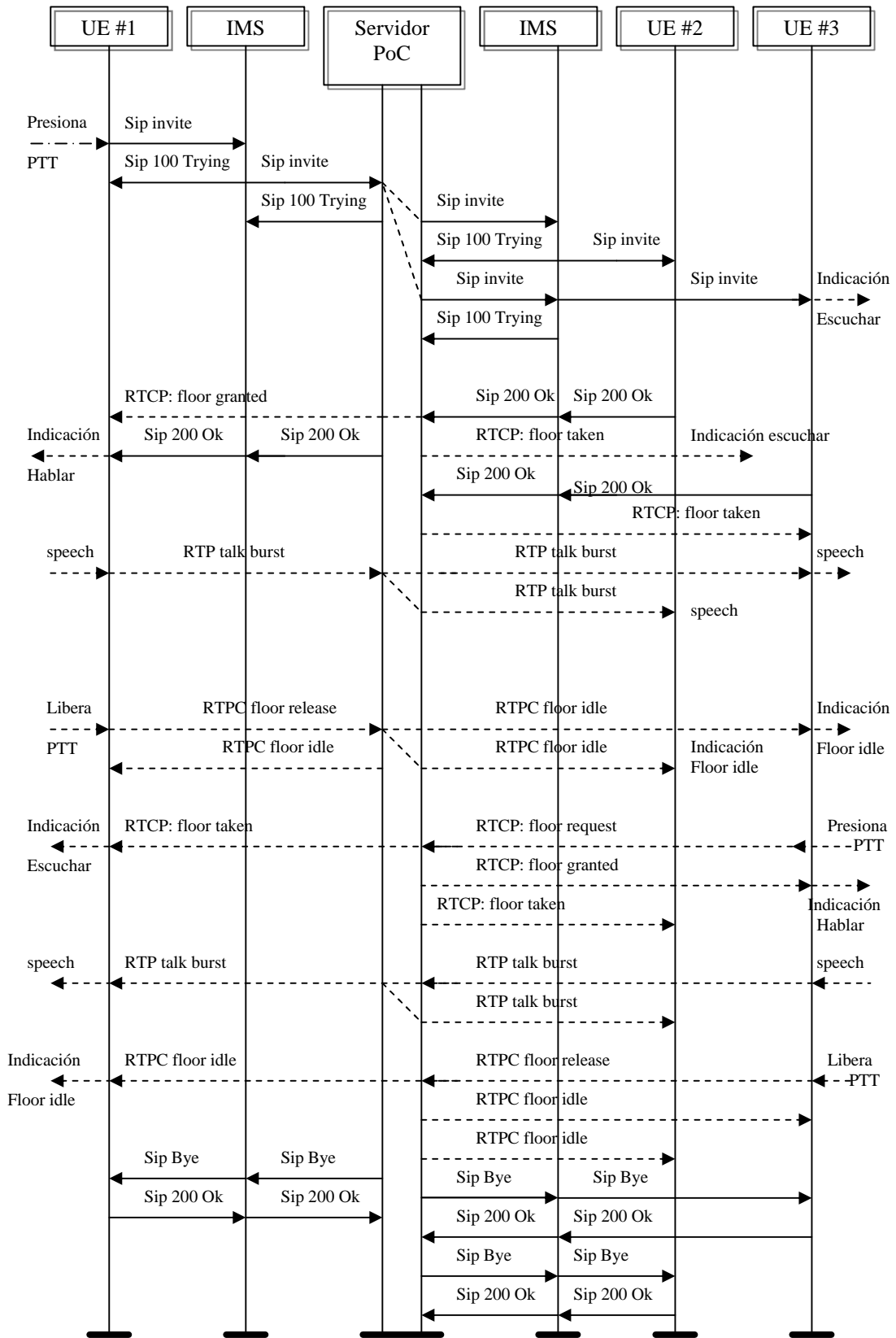


Figura. 3.17. Llamada instantánea a un grupo.

### 3.9 INTEGRACIÓN EN LA RED CDMA2000

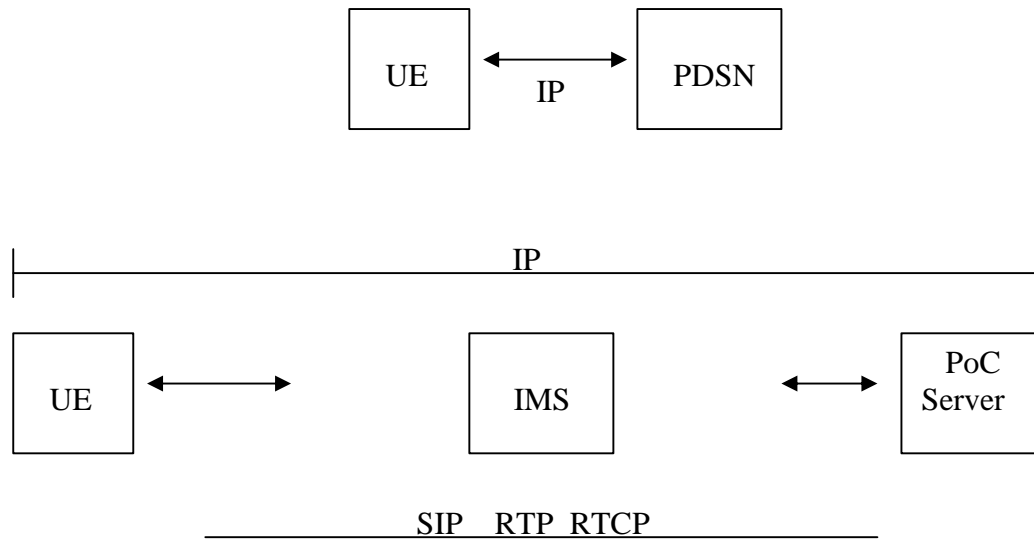
Con la solución de paquetes de datos de CDMA2000 (Red de Datos 3G) se puede ofrecer una gran variedad de servicios como PoC. La PDSN es el elemento de Red que provee una puerta de enlace entre el sistema celular (radio) y la red de datos por cable usando el protocolo IP. Conjuntamente con el AAA manejan la asignación de direcciones IP a los usuarios móviles. La PDSN transfiere el tráfico de paquetes de datos entre el sistema celular “aéreo” y la red “terrestre”. El AAA se encarga de aspectos de autenticación, autorización y facturación en general de todos los usuarios de la red de datos. Cuando a un usuario móvil se le asigna una dirección IP, esta no se pierde hasta que se termine la sesión. Si un usuario realiza un handoff, la sesión de datos debe continuar y la dirección IP debe mantenerse fija. Igualmente ocurre cuando la MS pasa a un estado de dormant.

El servidor PoC es quien administra los usuarios del servicio utilizando sus componentes. Con el establecimiento del enlace PPP se entre la MS y la PDSN se establece un tráfico de paquetes (protocolo IP), que es utilizado por el servidor de PoC y el núcleo de IMS para poder comunicarse con la aplicación PoC residente en el teléfono. El teléfono celular con capacidad PoC, realiza una llamada de datos constante (obteniendo una IP), recurso con el cual realiza todas las actividades de comunicación.

La PDSN una vez que asigna la dirección IP al móvil, se comporta como un router, entonces todo el tráfico de ese usuario móvil será dirigido a través de este elemento. Por lo cual para la conexión entre el móvil y el núcleo IMS se realiza a través de la PDSN.

Toda la comunicación a nivel de red se realiza utilizando el protocolo IP. En transporte se utiliza tramas UDP con RTP y RTCP. En el nivel de aplicación se utiliza el protocolo SIP que hace posible la interacción entre las aplicaciones instaladas en el servidor y el cliente que se encuentra instalado en el UE.

En la Figura 3.18 se aprecia un esquema de la integración del servidor PoC sobre una red celular CDMA.



**Figura. 3.18. Esquema de Integración servidor PoC en la red celular.**

De esta manera el UE queda conectado con otro UE a través de la PDSN utilizando además un núcleo IMS básico. En un futuro se tendrá a utilizar solo un IMS el cual contenga un HSS que haga las veces de HLR y AAA para el registro de usuarios de tal manera que en la pantalla del terminal aparezcan los servicios a los que el usuario tiene acceso como videoconferencias, Chat, PTT, MMS y se puede saber que usuarios de los contactos también dispongan de los mismos servicios.



## CAPITULO 4

### DISEÑO DE IMPLEMENTACIÓN DEL SERVICIO POC PARA UNA CELDA GENÉRICA

#### 4.1 INTRODUCCIÓN

Para considerar la utilización del servicio PoC es necesario realizar un diseño de implementación del servicio en una celda. En este diseño se debe tomar en cuenta varios parámetros influyentes como el número de usuarios posibles en cada sector y en una celda en general, segmentación de usuarios diferenciando usuarios de voz y usuarios de datos, tráfico máximo, entre otros. Además un análisis de demanda del servicio permitirá realizar un análisis sobre el impacto de tráfico que se tendría al ofrecer este servicio.

#### 4.2 ANÁLISIS DE DEMANDA

El análisis de demanda sirve para determinar el grado de aceptación de un servicio o un producto. En este caso se analizará la demanda que tendría el servicio PoC como servicio de valor agregado en una red celular CDMA. Para la obtención de datos se realiza una encuesta en una porción de población en la ciudad de Quito aproximada al número de habitantes promedio en una celda de cobertura. La encuesta (ver ANEXO 3) es anónima y tiene como objetivo determinar los siguientes parámetros:

- Edad.- este parámetro sirve para determinar los segmentos de mercado en los que impactará más el servicio.
- Utilización de servicio Celular.- este parámetro sirve para determinar el uso de un teléfono celular.
- Conocimiento de “walkie-talkie”.- es un parámetro que sirve para determinar el nivel de entendimiento del servicio.
- Experiencia.- este parámetro sirve para determinar el nivel de experiencia de las personas con respecto a servicios de PTT.(walkie-talkie)

- Utilización.- este parámetro sirve para determinar el grado de aceptación y utilización del servicio PTT en el celular por parte de las personas.
- Ventajas.- este parámetro sirve para conocer el criterio de los potenciales usuarios del servicio con respecto a las ventajas que encuentran en el servicio.

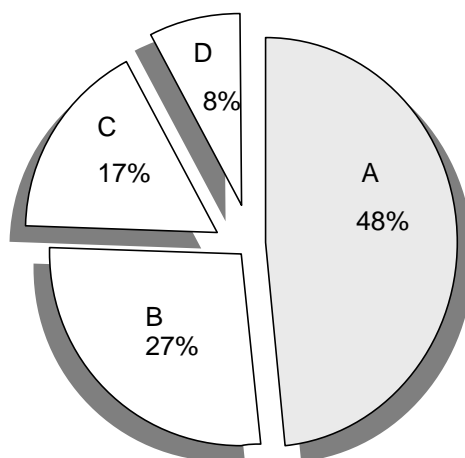
Esta encuesta fue realizada a 300 personas distintas entre 12 y 60 años de edad. A continuación se procede a explicar los resultados obtenidos. Estos resultados se pueden utilizar para tener una idea aproximada del grado de utilización del servicio con respecto a una celda genérica y de esta manera poder concluir sobre la utilización total que podría tener el servicio sobre la cobertura en una ciudad.

Para el entendimiento de aquellos gráficos que mencionen rangos de edades se utilizan las siguientes abreviaciones:

- A.- para edades entre 10 y 25 años.
- B.- para edades entre 26 y 35 años.
- C.- para edades entre 36 y 45 años.
- D.- para edades superiores a los 46 años.

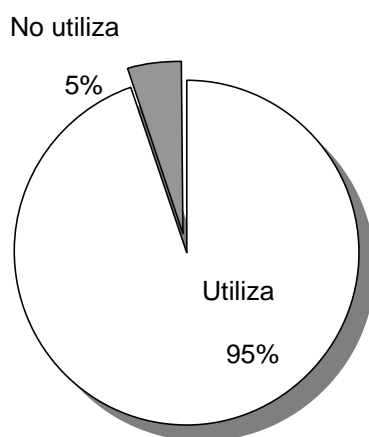
#### Utilización del celular

Sobre la utilización de un celular, la Figura 4.1 nos indica el resultado obtenido, segmentando por edades la cantidad de personas.



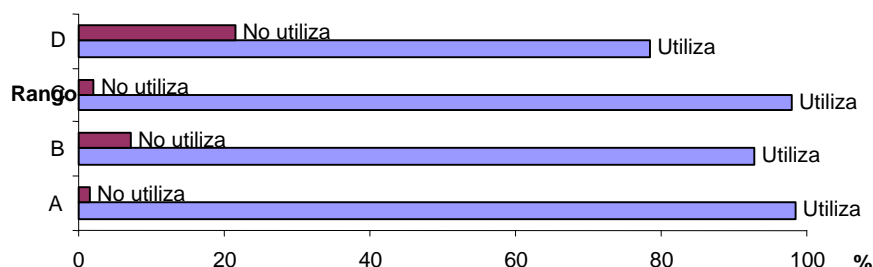
**Figura. 4.1. Utilización del celular segmentado por edades**

En la Figura 4.1 se aprecia que las personas en el rango A son las que utilizan más el celular. Esto se explica debido al impacto que tiene la nueva tecnología sobre la juventud que encuentra nuevas y mejores formas de comunicarse. El rango D es el que menos utiliza el celular. A pesar de estas distinciones, en la Figura 4.2 se puede apreciar el uso general del celular en la muestra de población tomada. Se concluye que la mayoría de las personas tienen un equipo celular.



**Figura. 4.2.** Utilización del celular en general en la muestra de población.

Cabe destacar que la información de la Figura 4.2 es específica para la muestra de población tomada en una parte de la Ciudad de Quito, y no representa la conducta de utilización del celular en toda la ciudad ni en el País. Hay que considerar que este nivel de uso está distribuido en la ciudad y no es constante debido a la movilidad de las personas ya que por lo general de día salen al trabajo o a estudiar y de noche regresan a las casas. En la Figura 4.3 se presentan los resultados del uso y no uso del celular dentro de cada rango de edades.



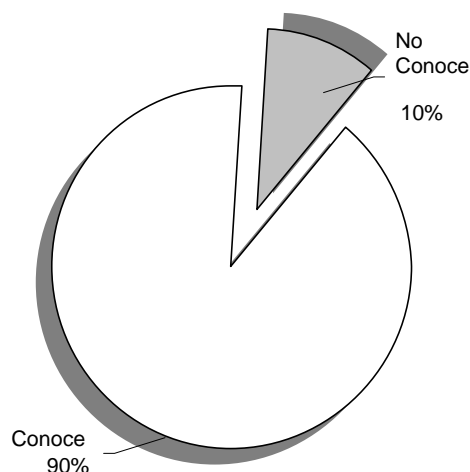
**Figura. 4.3.** Utilización del celular para cada rango de edad.

De la Figura 4.3 se observa que la población en el rango C utiliza más el celular que en el rango B, este resultado puede no ser cierto para la generalidad de la población pero es una estadística determinada en la muestra de población encuestada.

Al poseer varias personas un celular, se puede decir que están acostumbrados a los servicios que actualmente se ofrecen y saben como opera el servicio celular desde el punto de vista de cliente. Entonces si se añade un servicio de valor agregado las personas están en capacidad de entender lo que se ofrece. Para poder comprobar que el servicio de PoC será entendido por los “usuarios” se analiza la siguiente pregunta de la encuesta que tiene relación con el conocimiento del equipo walkie-talkie.

#### Conocimiento de Walkie-Talkie

El objetivo de analizar los datos de conocimiento de la existencia de un Walkie-Talkie es obtener el grado de conocimiento de un equipo que funcione con PTT. La Figura 4.4 muestra el resultado general del conocimiento del equipo PTT en la muestra de población.



**Figura. 4.4. Porcentaje de la muestra de población que conoce el Walkie-Talkie**

Se concluye que la mayoría de las personas conocen la existencia del equipo Walkie-Talkie (que a la final es un equipo de radio), lo cual es un buen indicativo sobre la cultura técnica de las personas con respecto a la existencia de este tipo de equipos.

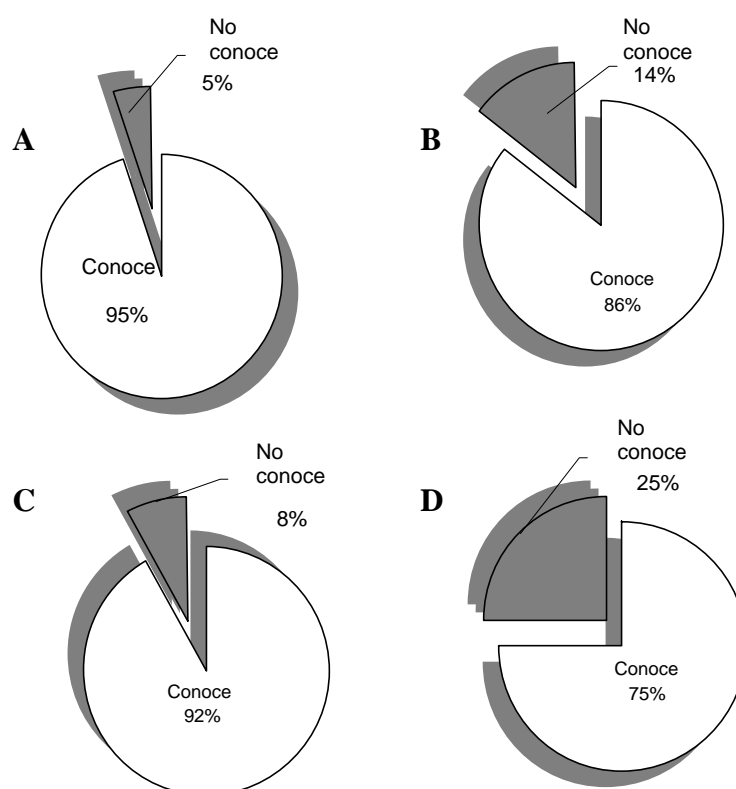


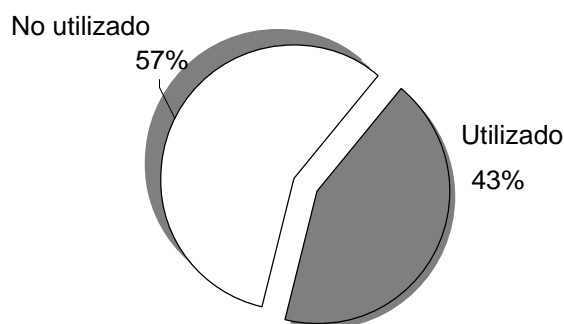
Figura. 4.5. Conocimiento del Walkie-Talkie por rango de edades

En general el conocimiento sobre la existencia del Walkie-Talkie es mayoritario.

#### Experiencia con un Walkie-Talkie

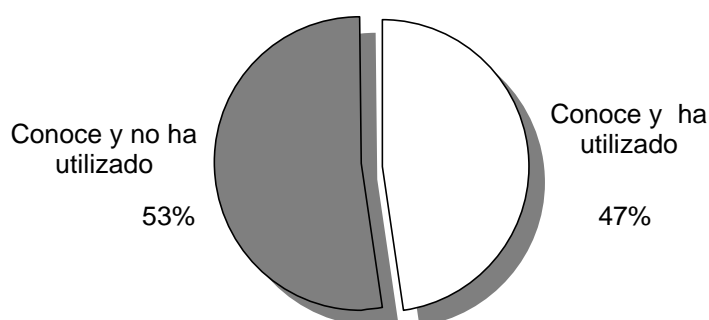
Los datos finales sobre las respuestas a esta pregunta sirven para poder determinar el nivel de familiaridad de los potenciales usuarios con el servicio PTT. Mientras mayor experiencia exista con el funcionamiento del servicio será mejor para el entendimiento del PoC.

Cabe mencionar que algunas de la personas de la muestra consultada tiene un mayor conocimiento sobre equipos de radio porque han trabajado en empresas que utilizan este medio de comunicación. En la Figura 4.6 se muestran los resultados generales sobre experiencia con el Walkie-Talkie.



**Figura. 4.6. Porcentaje de personas que han usado un Walkie-Talkie.**

En la Figura 4.6 se observa que casi la mitad de las personas han utilizado el Walkie-Talkie, es decir, tienen experiencia con un sistema de radio PTT. No todas las personas que conocen el Walkie-Talkie lo han utilizado. La Figura 4.7 muestra el porcentaje de personas que conocen el Walkie-Talkie y han tenido o no experiencia con su uso.



**Figura. 4.7. Conocimiento y experiencia con un Walkie-Talkie**

En porcentaje de personas que conoce el Walkie-Talkie y que lo han usado representa el 42% del total de personas de la muestra. Este valor indica que casi la mitad de personas han experimentado con un servicio PTT.

#### Utilizaría un celular con servicio de PTT

Esta es la última pregunta que se realizó a la muestra de personas. Sin duda alguna es la pregunta más importante debido a que se aborda directamente la demanda que tendría el servicio en los usuarios. En la Figura 4.8 se comparan los resultados de las respuestas sobre utilización de PoC. En la Figura 4.8 a) se ve el resultado del grado de aceptación del servicio PoC en el rango de edades de 10 a 25 años. La mayoría de las personas utilizarían el servicio PTT en el celular. Esto se debe a la utilización mayoritaria del celular que se

presenta en este rango de edades (48% del total de uso, en la Figura 4.1). Conforme aumenta el rango de edades hacia B, en la Figura 4.8 b) se observa la disminución de posible utilización del servicio. Hasta llegar a la Figura 4.8 d) que representa el rango de edades D, en el cual la utilización del servicio no es tan atractiva para las personas.

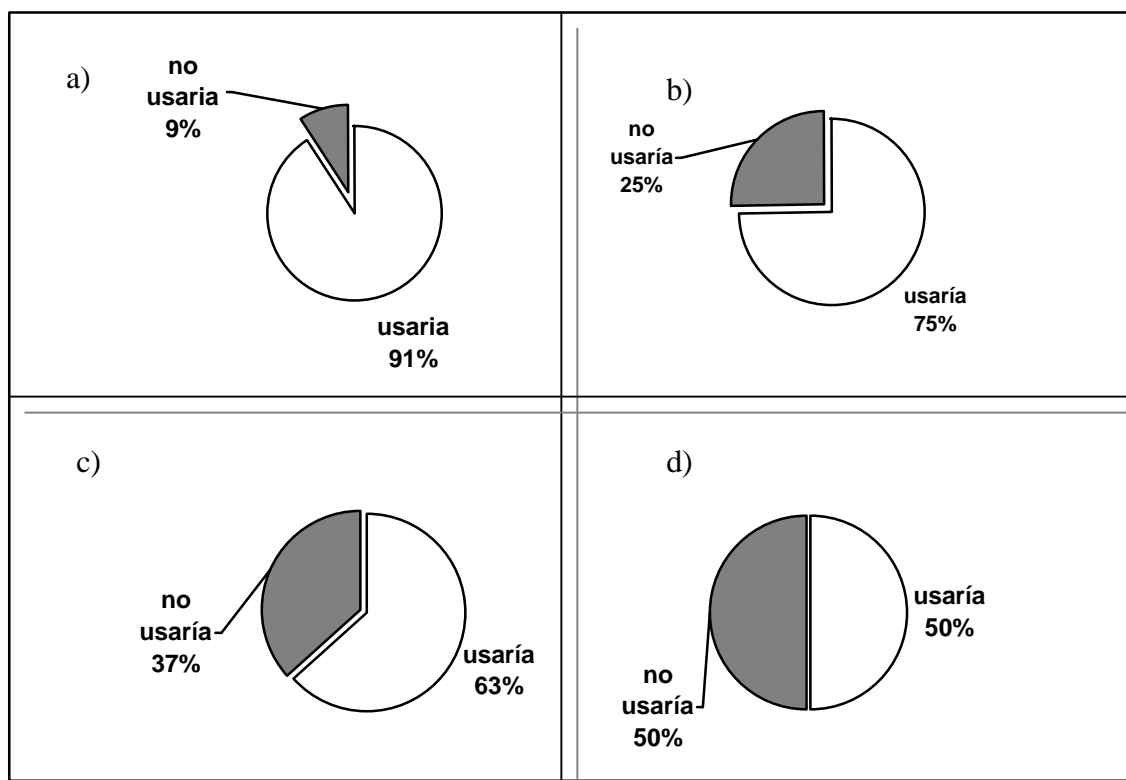


Figura. 4.8. Utilización de PoC según rango de edades. a) Rango A, b) Rango B, c) Rango C y d) Rango D.

En la Figura 4.9 se aprecia un gráfico total de aceptación del servicio en la muestra de población.

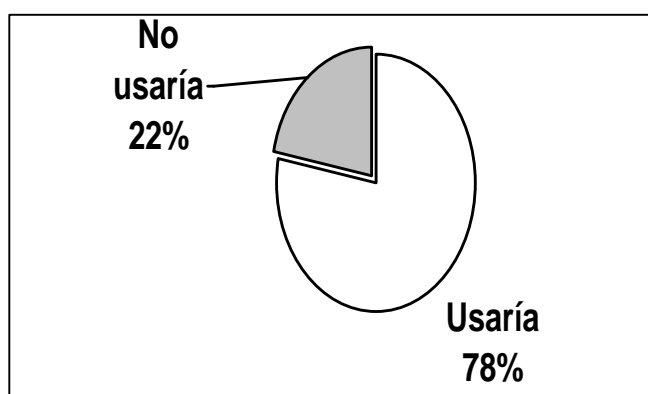
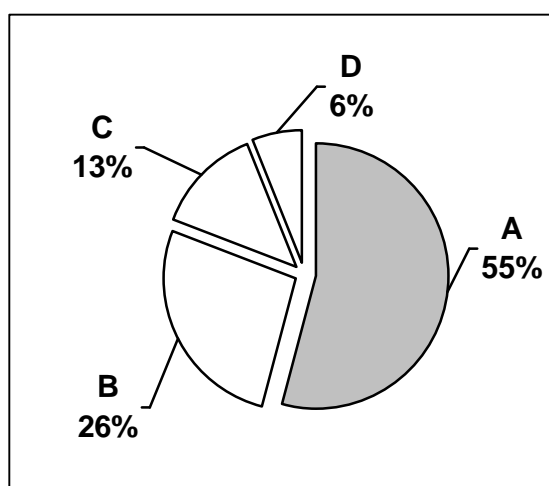


Figura. 4.9. Porcentaje total de aceptación del servicio PoC.

En la Figura 4.9 se ve que la mayoría de las personas, un 78% del total de la muestra, encuentran atractivo el servicio PTT en el celular. Sin embargo existe una diferencia entre la aceptación dependiendo de las edades.

La mayoría de los potenciales usuarios se encuentran dentro de los primeros rangos de edades A y B. La segmentación del mercado se la realizará de tal manera que los jóvenes y las empresas sean los principales usuarios de este tipo de servicio.

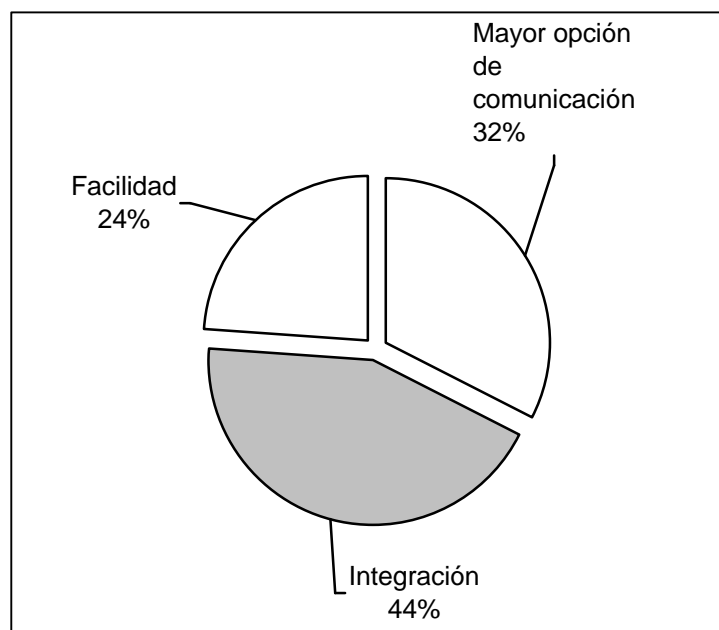
En la Figura 4.10 se representa el porcentaje de jóvenes que encontraron atractivo el servicio PoC del total de personas consultadas. Se compara este porcentaje con el porcentaje del resto de rango de edades.



**Figura. 4.10. Porcentaje de utilización del servicio PoC respecto a cada rango de edad.**

Finalmente en la encuesta se pregunta la principal ventaja que las personas encuentran en el servicio. Dentro de las ventajas que los potenciales usuarios encuentran en el servicio PoC están la integración de servicios en un solo terminal, la mayor opción de comunicación y la facilidad de la misma. La integración de servicio porque se pueden tener varios servicios como SMS, MMS, aplicaciones, etc. La Mayor opción de comunicación se refiere a que no solo se puede realizar comunicación por llamadas de larga duración o mensajes. La facilidad de comunicación porque con solo presionar un botón se puede realizar la comunicación sin necesidad de un marcado. En la Figura 4.11 se representa el resultado en porcentajes con respecto a estas ventajas.





**Figura. 4.11. Ventajas del servicio PoC.**

Como se puede observar en la Figura 4.11 el resultado de la consulta a las personas de la muestra comprueba que la integración de servicios en un solo terminal es la mayor ventaja del servicio PoC.

La segmentación del mercado se puede dividir en dos grupos: social y comercio. En el ámbito social se tiene un consumo entre amigos y familiares. En el ámbito de comercio se tendría este servicio como una infraestructura de comunicación rápida y móvil. En el ámbito comercial se puede utilizar este servicio con taxis, repartidores, conductores de camiones, etc.

### **4.3 DISEÑO DE UNA CELDA GENERICA**

En el punto anterior se verificó que los jóvenes constituyen el mercado directo del servicio PoC. También las empresas utilizarían este servicio como una solución de comunicación al reemplazar una serie de equipos grandes por un simple celular que daría a sus empleados una mayor cantidad de servicios.

El diseño para la implementación del servicio en una celda genérica se realizará a partir de que la infraestructura de la celda esta formada, es decir, se tiene ya la red celular

establecida y funcionando con servicio de datos y de voz. Entonces el diseño se basará en establecer un análisis de tráfico en una celda, en el cual se compare el tráfico generado solo por la utilización del servicio de voz con el tráfico generado por llamadas de datos y específicamente de PoC para poder saber si se podrá brindar el servicio sin ningún problema de saturación de la red.

El diseño de una celda genérica se abordará desde el punto de vista de cantidad de usuarios que se podría soportar en una celda, y funcionamiento del servicio con los argumentos que se han analizado en capítulos anteriores.

El máximo número de usuarios que pueden ser soportados en el enlace de Forward en un sistema CDMA es distinto del número de usuarios que pueden ser soportados en el enlace de Reverse. Normalmente la capacidad de un sistema CDMA depende de la capacidad del enlace de Reverse, es decir, el enlace desde la Estación Móvil hacia la Estación Base. La capacidad del enlace de Forward es gobernado por la potencia total transmitida en la celda y su distribución en los canales de tráfico y canales como el piloto, el de paging y el de sincronismo.

La demanda de tráfico de una celda está relacionada con la probabilidad de bloqueo que existe en la misma. Si existe mas demanda es mayor la posibilidad del bloqueo de las llamadas a usuarios debido a que los canales disponibles estarían llenos. Con menor demanda la probabilidad de bloqueo es menor.

#### **4.3.1 Intensidad de tráfico**

Para poder realizar un análisis de tráfico en una red, es necesario definir la intensidad de tráfico. La unidad de la intensidad de tráfico es el Erlang<sup>1</sup>. Un Erlang es definido como el número promedio de llamadas simultáneas. Otra definición es que el Erlang es uso total de llamadas durante un período de tiempo dividido para el período de tiempo. En la práctica el Erlang es usado para describir el volumen de tráfico total en una hora o 3600 segundos. Por ejemplo si un grupo de usuarios del sistema celular realizan 30 llamadas en una hora, y cada llamada tiene un tiempo promedio de duración de 5 minutos, el número de Erlangs se calcula de la siguiente manera:

---

<sup>1</sup> Erlang.- en honor a Agner Krarup Erlang (1878, Lønborg, Dinamarca).

Minutos de tráfico en una hora = número de llamadas x duración cada llamada

Minutos de tráfico en una hora = 30 x 5

Minutos de tráfico en una hora = 150

Tráfico = 150 / 60

Tráfico = 2.5

Tráfico en Erlangs = 2.5 Erlangs

Las mediciones o estimaciones de Erlangs de tráfico se utilizan para poder saber cuantos canales se necesitan para satisfacer una demanda de comunicación de usuarios.

El Erlang se aplica para algunos tipos de sistemas como el telefónico fijo o el telefónico móvil. Los modelos de tráfico mas utilizados son los siguientes:

Erlang B.- Este es el modelo más común que se utiliza para determinar el número de líneas o canales (en unidades de erlang) durante la hora pico. Este modelo asume que cuando una llamada es bloqueada no existen reintentos inmediatos por parte del usuario para establecer la llamada.

Erlang B Extendido.- Este modelo es similar al Erlang B pero toma en cuenta que un porcentaje de las llamadas bloqueadas son reintentadas por el usuario.

Erlang C.- Este modelo asume que todas las llamadas bloqueadas permanecen en el sistema hasta que puedan ser concluidas. Se puede utilizar un procedimiento de que cuando una llamada es bloqueada entre en una cola para luego ser aceptada.

Un parámetro importante para el análisis del tráfico en la hora pico de tráfico que representa la hora del día en el cual se tiene mayor utilización y tráfico. Sus siglas en inglés son BHT (Busy Hour Traffic) y representa la cantidad de tráfico expresada en Erlangs. El valor del BHT se puede estimar. Por ejemplo si se considera que se realizan 350 llamadas en la hora y cada llamada tiene una duración promedio de 180 segundos, el BHT será el siguiente:

$$\text{BHT} = \text{duración promedio de llamadas (segundos)} * \# \text{ llamadas} / 3600$$

$$\text{BHT} = 180 * 350 / 3600$$

$$\text{BHT} = 17.5 \text{ Erlangs}$$

La figura de bloqueo describe las llamadas que no pudieron ser completadas porque no había suficientes recursos de la red para proveer. Una figura de bloqueo de 0.01 significa que el 1% de las llamadas pueden ser bloqueadas.

El modelo de Erlang B realiza algunas consideraciones acerca de la naturaleza del arribo de llamadas al sistema. Específicamente asume que las llamadas entrantes tienen una distribución randómica de Poisson.

La carga de tráfico se puede dividir en dos: la real carga de tráfico que cursa por la red en un momento determinado y la carga total de tráfico requerida por los usuarios.

La relación entre este tipo de cargas de tráfico se muestra a continuación:

$$\text{Carga real} = (\text{carga total de demanda}) \times (1 - \text{tasa de bloqueo})$$

$$\text{Carga total de demanda} = (\text{carga real}) / (1 - \text{tasa de bloqueo})$$

De esta manera se puede estimar el tráfico total que es requerido por parte de los usuarios en la red. La carga real es la carga total disminuida por el bloqueo de llamadas.

### El grado de servicio

Hay una gran diferencia entre la tasa de bloqueo y la probabilidad de bloqueo. La probabilidad indica el nivel de posibilidades que tiene una llamada de ser bloqueada. En cambio la tasa de bloqueo es un valor real y medido que indica un porcentaje de cuantas llamadas son bloqueadas de un total. El grado de servicio esta relacionado con la probabilidad de bloqueo. El grado de servicio se abrevia como GoS y un valor promedio está en el 2%. El grado de servicio es utiliza en la hora de mayor ocupación.

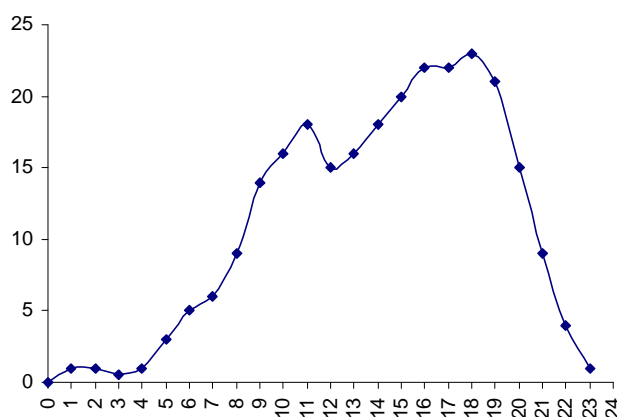
### Erlang B

El método de Erlang B asume que cuando una llamada es bloqueada el usuario intenta un tiempo después la llamada. La llamada no se reorigina inmediatamente. La probabilidad de bloqueo (o grado de servicio) está dada por:

$$P(\text{bloqueo}) = \frac{\frac{r^c}{c!}}{\sum_{i=0}^c \frac{r^i}{i!}}$$

donde  $c$  es el número de canales y  $r$  es la carga total de usuarios. El arribo de las llamadas se asume como un proceso de Poisson, es decir, el tiempo entre el arribo de llamadas tiene una distribución exponencial. Para que esto se cumpla el usuario bloqueado no debe reintentar inmediatamente.

Un ejemplo de tráfico durante un día se presenta en la Figura 4.12.

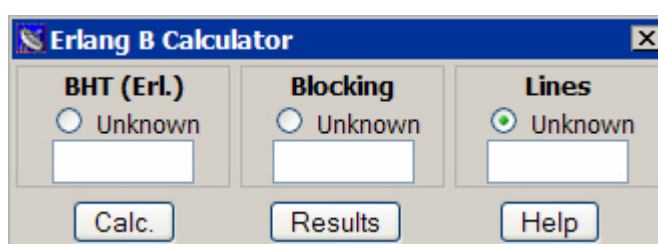


**Figura. 4.12. Distribución típica de tráfico durante un día.**

De acuerdo a la Figura 4.12 se puede concluir que durante la semana se tienen curvas parecidas de tráfico, detectándose picos que son necesarios para poder determinar el impacto de tráfico en la red celular CDMA al ofrecer el servicio de PoC.

La mayoría de las llamadas en PoC tienen una duración entre 15 y 25 segundos porque no son conversaciones largas por parte de cada usuario. Se presiona el botón y se habla frases o indicaciones. El problema con PoC es que el teléfono se mantiene en una sesión de datos siempre que está en modo PTT. Se hace un estimado que el usuario normal tendrá la mayor parte del tiempo su teléfono en modo de celular, es decir en el modo normal de cualquier celular. Activará el modo PTT cuando necesite comunicarse y en ese momento realizará una llamada de datos. Entonces el uso del servicio PTT no será constante durante todo el día. Además al ser un servicio de valor agregado no es el servicio con mayor atención de los clientes.

Existe en el Internet una página que proporciona el servicio de Telecom Traffic Online en el cual se tiene acceso a calculadoras gratuitas que ayudan en el cálculo del Erlang B y C. La página es [www.erlang.com](http://www.erlang.com) y es de de la compañía Westbay Engineers Limited. Esta empresa se dedica a proveer administración de proyectos de telecomunicación y servicios de diseños de redes desde 1989. Con la ayuda de la calculadora de Erlang B, se pueden calcular cualquiera de los tres parámetros involucrados en el análisis de tráfico. Esta calculadora online ayuda a determinar el número de canales necesarios para cubrir un determinado tráfico en la hora pico y con un determinado porcentaje de bloqueo. En la Figura 4.13 se aprecia la apariencia de esta calculadora.

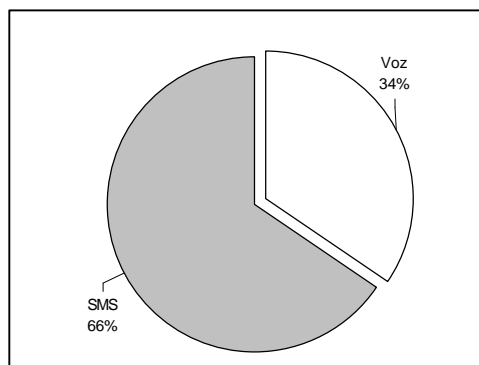


**Figura. 4.13. Calculadora de Erlang B. 1**

En la Figura superior se puede apreciar los tres campos que se tienen para ser utilizados. Dos son conocidos y el tercero es calculado. Los tres campos son el BHT, la probabilidad de bloqueo (Blocking) y en número de líneas necesarias. En nuestro caso el número de líneas es el número de canales. Cuando se introducen dos de los tres parámetros, el tercero señalado con la opción desconocido (Unknown) será calculado cuando se presione en el botón de Calc.

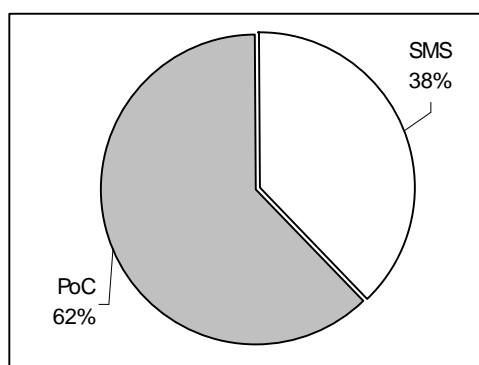
En otra encuesta realizada a otra muestra de 320 personas en la ciudad de Quito de rangos de edades entre 15 y 35 años que es el potencial mercado de PoC, se puede apreciar que la mayoría de ellas prefieren utilizar el servicio de SMS que realizar la llamada. Una parte significativa cambiaría el uso de este servicio por el servicio PoC. En la Figura 4.14 se representa el porcentaje de personas de la muestra que prefieren usar SMS o Voz.

<sup>1</sup> Fuente .- [www.erlang.com/calculator](http://www.erlang.com/calculator)

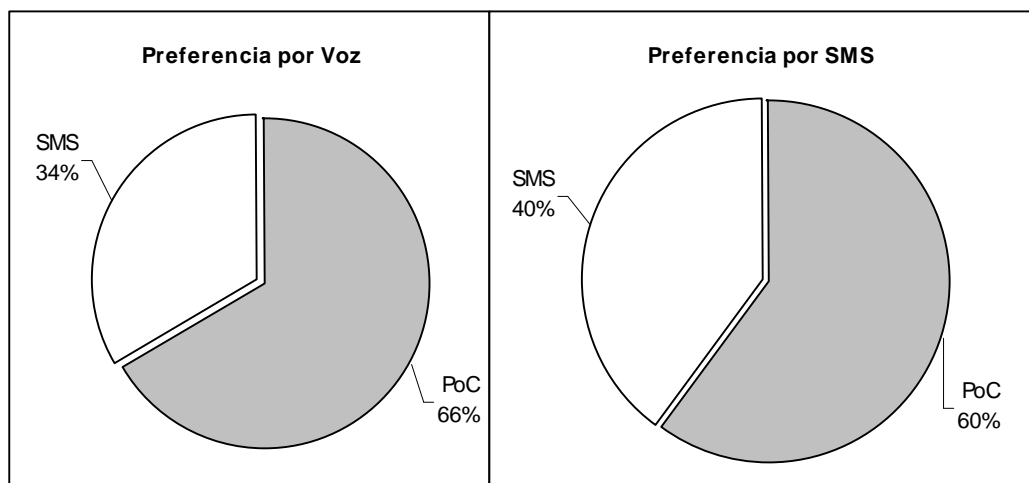


**Figura. 4.14. Preferencia de servicio (SMS vs. Voz).**

La primera conclusión es que las personas prefieren SMS. La principal razón es el precio. Un mensaje escrito cuesta menos que una llamada de voz. Para una comunicación normal se utiliza SMS y en casos de emergencias o urgencias se utiliza la llamada de voz. En la Figura 4.15 se aprecia el resultado sobre la preferencia estimada consultada entre PoC y SMS, ambos servicios de valor agregado. Si se comparan los valores de preferencia de SMS frente a Voz y de PoC frente a SMS, se concluye que el servicio PoC tiene buena acogida y es mayormente aceptado que el servicio de SMS. PoC podría ocupar el lugar que hoy ocupa el SMS en el mercado. Incluso dentro de las personas que prefieren el servicio Voz se encuentra una mayoría que preferiría el servicio de PoC sobre el SMS. En la Figura 4.16 se pueden apreciar los porcentajes de aceptación de PoC dentro de las personas que prefieren el servicio de Voz y que prefieren el servicio de SMS.



**Figura. 4.15. Preferencia de servicio (SMS vs. PoC).**



**Figura. 4.16. Preferencia de servicio (SMS vs. PoC).**

De las personas que tienen preferencia por el servicio de Voz, el 66% opina que PoC sería mejor que SMS y el 34% opina lo contrario. De las personas que tienen preferencia por el servicio de SMS, el 60% piensa que sería mejor utilizar el PoC que el SMS. Con estos valores se ratifica la conclusión que PoC ocuparía gran parte del mercado de los SMS. De esta manera en el diseño que se propone no haría falta aumentar las capacidades de las celdas debido a que con la incursión del nuevo servicio ocuparía el tráfico que representaba el otro. Cabe destacar el servicio de SMS puede utilizar canales de tráfico para el envío de los mensajes, esto reduce la capacidad de una red.

Un factor a tomar en cuenta con respecto al impacto de tráfico con la oferta del servicio PoC, es que el uso de la red no será duplicado ya que los usuarios no pueden utilizar al mismo tiempo los dos modos del teléfono, es decir, no podrá utilizar al mismo tiempo el servicio de voz convencional con el servicio de voz con PTT. Esto indica que no se duplica el uso de los recursos sino que se mantiene igual. Lo cual es beneficioso para el diseño de una celda genérica en la cual se dará mayor prioridad al servicio de voz que al servicio de datos.

Un valor típico de tráfico por abonado en una red de voz es de 0,015 Erlangs. Un sector de una celda CDMA tiene una capacidad promedio de 26,4 Erlangs. Entonces en 1 sector se puede ofrecer el servicio a 1760 ( $26,4 / 0,015$ ) usuarios en distintos tiempos. Con la ayuda de la calculadora de Erlang B se obtiene que el número de canales que representan el



número de usuarios con servicio al mismo tiempo en la hora mas ocupada de tráfico es de 35.

Para ofrecer el servicio de datos se necesitan más recursos de la red por cada usuario. Existen varios niveles de velocidades como son 2x, 4x, 8x y 16x. Para el cálculo de la velocidad se reemplaza la letra x con 9,6, entonces para 2x se tiene 19.2 Kbps, para 4x se tiene 38,4 Kbps, para 8x se tiene 76,8 Kbps y para 16x se tiene 153,6 que es la máxima velocidad para una conexión de datos. Pero cada una de estas velocidades tiene un nivel de utilización de recursos distinta en base a códigos walsh. Por ejemplo para un usuario de 8x se utilizan 8 códigos de walsh. De esta manera el tráfico promedio por abonado en una red de datos es de 8 veces el de un usuario normal de voz, esto es 0.120 Erlangs. Este valor hace posible ofrecer el servicio por sector a 220 usuarios en tiempos distintos. Si se tienen usuarios simultáneos el máximo número es de 35 y la velocidad disminuirá.

Se dispone de 200000<sup>1</sup> usuarios que utilizan los servicios de la red. Se estima que el 10% del total utilizará el servicio PoC. Este 10% representa 20000 abonados. El MOU (minutos de uso) se estima en 100 minutos por usuario al mes. Este MOU representa un valor de 1,66 erlangs (1 erlang es una llamada de 1 hora, entonces 100 minutos en erlangs es 100/60). Entonces el tráfico de cada usuario por mes es de 1,66 erlangs.

El tráfico total de usuarios en 1 mes es de 33200 erlangs (1,66 x 20000). Se divide para 4 para tener el tráfico total en una semana que es de 8300 erlangs. Se asume que el 20% del total de tráfico en la semana corresponde al tráfico del día pico. El tráfico en el día pico de la semana es de 1660 erlangs (8300 x 0,20). Se asume que el 10% del total del tráfico en el día pico corresponde al tráfico de la hora pico. El tráfico total en la hora pico es de 166 erlangs. El valor de erlangs por abonado en la hora pico es de 8,3 mErlangs.

Para realizar una distribución de tráfico se utilizan los valores de Erlang por usuario y se multiplica por el número de usuarios de cada servicio. Para obtener el total de tráfico en la red se suman los tráficos producidos por el uso de cada servicio. En la Tabla 4.1 se aprecia el resultado de la distribución de tráfico.

---

<sup>1</sup> Este número de usuarios es un estimado para el final del año 2005. La situación en agosto de 2005 según reporte de la Superintendencia de Telecomunicaciones del Ecuador ([www.supertel.gov.ec](http://www.supertel.gov.ec)) indica que existen 178.154 abonados en la red de Alegro PCS. En diciembre de 2004 Alegro PCS activo 27.721 líneas, por lo que en diciembre de 2005 se espera un número por lo menos igual a este número de líneas nuevas.

Servicio	Erlang por usuario (erlangs)	Número de usuarios	Tráfico (erlangs)
<b>Voz</b>	0.015	200000	3000
<b>Datos</b>	0.120	20000	2400
<b>PTT</b>	0.0083	20000	166
<b>Tráfico Total</b>			<b>5566</b>

**Tabla. 4.1. Distribución del tráfico de la red**

Con un tráfico total de erlangs de 5566, se divide este número de erlangs para la capacidad de un sector para encontrar el número de sectores necesarios. Se necesitan  $5566/26,4$  sectores que es igual a 211 sectores. Si se utilizan celdas de 3 sectores se necesitarían 71 celdas. La red está en condiciones de soportar este tráfico de usuarios PTT. Este diseño se ha realizado considerando que el mercado PTT ocuparía reemplazaría a gran parte del servicio SMS como se ha visto en gráficas anteriores.

Cabe destacar que los usuarios estimados están distribuidos en las ciudades del país así que la cobertura de 190 radio bases<sup>1</sup> de ALEGRO PCS es suficiente para abarcar el tráfico establecido.

Si el número de usuarios a lo largo de los años llegara a duplicarse, se duplicaría así la necesidad de recursos por parte de los usuarios, pero la capacidad de la red no se vería afectada debido al crecimiento de radio bases.

De darse el caso que los usuarios crezcan en forma exponencial de tal manera que se llegue a los límites de ocupación de las celdas, una solución para aumentar el número de usuarios es aumentar portadoras en las zonas de cobertura. CDMA2000 1x ofrece un máximo de 12 portadoras en todo el ancho de banda de 15 MHz asignados al servicio PCS.

<sup>1</sup> Valor obtenido del archivo *Situación Celulares mayo05.pdf* de la página de la Superintendencia de Telecomunicaciones del Ecuador, <http://www.supertel.gov.ec/principal.htm>. Ese valor seguirá creciendo conforme aumente la cobertura de la operadora.

## CAPITULO 5

### ANÁLISIS ECONÓMICO

#### 5.1 INTRODUCCIÓN

El ingreso del servicio PoC como un servicio de valor agregado, representa para la empresa una inversión inicial, la cual será recuperada dentro de un período de tiempo. En este caso al implementar el servicio PoC en la red celular CDMA2000 se tiene que adquirir un servidor de PoC para conectarlo con el resto de nodos de la red. La ventaja es que la infraestructura de toda la red ya esta creada y no se tienen que hacer modificaciones en este aspecto. A partir de la misma infraestructura se monta el nuevo servicio. Cuantificando la inversión inicial se debe crear una política de precios que permitan obtener ganancias del servicio ofrecido. Estas políticas, así como las consideraciones de inversión/ganancia se analizarán a continuación.

Del análisis de demande realizado en el capítulo anterior se observa que la aceptación del servicio es considerable y mayoritaria en el segmento joven de la población (15-25). Con esta información y con la explicación técnica del funcionamiento de PoC del capítulo 3, se llega a la conclusión de que la implementación del servicio PoC es totalmente factible técnicamente. Ahora el procedimiento del estudio de factibilidad indica la determinación de una factibilidad económica del proyecto.

#### 5.2 INVERSION

La inversión se define como la inmovilización de un capital con el propósito de obtener una rentabilidad. Las decisiones de inversión deben ofrecer una tasa de rentabilidad o tasa interna de retorno, superior al costo de los capitales que haya que emplear para su consecución. En una inversión hay dos parámetros a ser analizados: el riesgo y la rentabilidad. Generalmente la relación entre estos parámetros es de a mayor riesgo, mayor

rendimiento y alta rentabilidad. Como ejemplo un servicio novedoso puede ser aceptado o rechazado mayoritariamente por los usuarios.

Las inversiones se pueden clasificar en cuatro tipos principales:

- Inversiones de renovación.- el objetivo de este tipo de inversión es reemplazar equipo obsoleto y usado. Tienen un riesgo limitado.
- Inversiones de expansión.- su objetivo es servir a una demanda creciente de los servicios o producto ofrecidos. Implica decisiones de mayor riesgo que las anteriores.
- Inversiones de innovación.- consiste en mejorar los productos y servicios así como generar nuevos.
- Inversiones estratégicas.- abarcan a los programas de investigación y desarrollo de nuevos productos o servicios.

En el caso del servicio PoC se realizará una inversión de innovación puesto que se ofrecerá un nuevo servicio. Se necesita una inversión o gasto inicial que sirve para disponer de los equipos necesarios para ofrecer el servicio PoC.

### **5.3 ESTABLECIMIENTO DEL COSTO DEL SERVICIO**

Otro aspecto a decidir por parte de las operadoras es cómo tarifar este servicio. Entre las operadoras que tiene este servicio en otros países, hay quien cobra tarifa plana, quien cobra por número de minutos, o por el establecimiento de grupos. En cualquier caso este servicio es mucho más barato que la tarifa que tendrían los mismos mensajes de voz dados por telefonía móvil normal. La tarifa plana es un gran incentivo para la introducción en el mercado, pues fomenta el uso generalizado entre los que se suscriben y “obliga” a los demás a apuntarse al servicio, bajo riesgo de quedar aislado si no lo hacen.

Esta política es especialmente eficaz entre los adolescentes que valoran fuertemente la vinculación al grupo, y que terminan “enseñando” a los adultos la utilidad y uso del servicio, como pasó con los móviles.

Se considera que el precio del servicio debe ser una tarifa plana para tener impacto comercial, con la condición de contrato del mismo de mínimo 2 años. El teléfono será subsidiado por la operadora, esto significa que el precio del teléfono lo pagará el operador.

De tarifas encontradas en otros países un promedio de precio del servicio es de \$20 mensuales, el cual incluye llamadas ilimitadas a personas y a grupos. Posteriormente se podrán establecer otro tipo de planes por minutos y la llamada a un grupo específico sería gratis.

#### 5.4 ANALISIS DE INVERSIÓN, TIR Y VAN

El objetivo de este tipo de análisis es comparar la inversión con los beneficios futuros. El concepto de VAN (Valor Actual Neto) permite actualizar flujos futuros de capitales para poder restarles la inversión inicial. Si el resultado de ese VAN es negativo, entonces el proyecto no tendrá una factibilidad económica. Para actualizar esos flujos futuros se debe utilizar una tasa nominal que represente el costo del capital para el inversor, es decir, responder a la pregunta cuanto cuesta tener inmovilizado el capital.

La tasa que actualiza el flujo de fondos futuros de tal forma de igualar la inversión inicial se denomina Tasa Interna de Retorno (TIR).

En la Tabla 5.1 se puede observar los gastos de inversión inicial. Dentro de estos gastos iniciales se considera el Hardware (la plataforma que incluye el servidor PoC), Software (la aplicación que se ejecutará en el servidor PoC) y servicios de instalación.

<b>Inversión inicial</b>	
Hardware	\$ 300.000,00
Software y servicios	\$ 300.000,00
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 600.000,00</b>

**Tabla. 5.1. Gastos de inversión inicial**

Con la inversión inicial propuesta se procede a determinar los gastos adicionales en una proyección a 5 años. Se considera el cuarto año como el de 20000 usuarios en el servicio. El quinto año se proyecta la duplicación de usuarios a unos 40000. La Tabla 5.2 refleja estos gastos adicionales y la proyección a 5 años. Se toma en cuenta el precio del handset, el precio de publicidad promedio por usuario, el precio de comisión por la venta de terminales y el costo de soporte que ofrece el proveedor de la plataforma. Este valor se considera desde el segundo año.

<b>Gastos adicionales</b>	<b>Año 1</b>	<b>Año 2</b>	<b>Año 3</b>	<b>Año 4</b>	<b>Año 5</b>
Costo del handset	\$ 180	\$ 170	\$ 150	\$ 100	\$ 60
Costo de comisión/usuario	\$ 20	\$ 20	\$ 20	\$ 20	\$ 20
Costo de publicidad/usuario	\$ 20	\$ 20	\$ 20	\$ 20	\$ 20
Soporte anual	\$ 0	\$ 80.000	\$ 80.000	\$ 80.000	\$ 80.000
Costo por usuario al año	\$ 220	\$ 218,89	\$ 195	\$ 144	\$ 102
Costo total por año	\$ 1.100.000	\$ 1.970.000	\$ 2.930.000	\$ 2.880.000	\$ 4.080.000

**Tabla. 5.2. Gastos de inversión inicial**

El costo del handset va disminuyendo de acuerdo a los años. El equipo se deprecia y en 5 años un mismo equipo puede llegar a valer incluso menos de la tercera parte de su costo inicial. En este caso se asume constante los costos de publicidad y comisión por cada usuario. El soporte anual también es una constante para los 5 años de proyección. Cada usuario le cuesta inicialmente a la empresa \$220 pero este valor se reduce con respecto a un mismo tipo de teléfono. Hay que tomar la consideración que en el transcurso del tiempo aquí señalado aparecerán nuevos equipos mas caros como se presenta en la realidad. Estos precios utilizados en el análisis son valores promedio del mercado actual.

<b>Valores</b>	<b>Año 1</b>	<b>Año 2</b>	<b>Año 3</b>	<b>Año 4</b>	<b>Año 5</b>
<b>Número de usuarios</b>	5000	9000	15000	20000	40000
<b>Costos</b>	\$ 1.100.000	\$ 1.970.000	\$ 2.930.000	\$ 2.880.000	\$ 4.080.000
<b>Ingresos</b>	\$ 1.200.000	\$ 2.160.000	\$ 3.600.000	\$ 4.800.000	\$ 9.600.000

**Tabla. 5.3. Costos vs. Ingresos para la proyección del servicio PoC en 5 años**

En la Tabla 5.3 se encuentran los valores de costos o egresos y de los ingresos para los 5 años de proyección. Se utiliza el número de usuarios promedio en cada año llegando a un máximo de 40000 usuarios en los 5 años. En el diseño del capítulo 4 se analizó que la red está en capacidad de soportar este número de usuarios.

Para el análisis VAN y TIR se utilizan las funciones del Microsoft Excel llamadas VNA.NO.PER y TIR.NO.PER. La función VNA.NO.PER devuelve el valor neto actual para un flujo de caja que no es necesariamente periódico. Para el análisis se considera el 1 de enero de 2006 para empezar con la inversión inicial y el egreso de costos para el primer

año. Al terminar ese mismo año, es decir, el 31 de diciembre de 2006 se tendrá un total de ingresos por el año. De esta manera se realiza al cálculo para los cinco años totales.

La sintaxis de la función VNA.NO.PER es la siguiente:

VNA.NO.PER (tasa;valores;fechas)

Tasa es la tasa de descuento que se aplica a los flujos de caja. Valores es una serie de flujos de caja que corresponden a ingresos y egresos de la empresa en un rango de fechas determinado. Si los valores son de ingresos tendrán el signo positivo, si son de egresos serán de signo negativo. Todos los pagos sucesivos se descuentan basándose en un año de 365 días. Fechas son las fechas en las que se realizan los ingresos o egresos. Un ejemplo de formato de una fecha es 01-01-2006 que representa el 1 de enero de 2006.

Se calcula en VAN para todos los períodos conforme aumentan los años. Al final del último año se obtiene un VAN total positivo, lo cual indica que el proyecto es rentable.

La función TIR.NO.PER devuelve la tasa interna de retorno para un flujo de caja que no es necesariamente periódico. La sintaxis de la función es:

TIR.NO.PER (valores;fechas;estimar)

Valores es una serie de flujos de caja. Si el primer valor es un costo o un pago, debe ser un valor negativo. Todos los pagos sucesivos se descuentan basándose en un año de 365 días. La serie de valores tienen signo positivo si son ingresos y signo negativo si son gastos o inversiones. Fechas es un calendario de fechas de pago que corresponde a los pagos del flujo de caja. Un ejemplo de una fecha es 31-12-2006, que representa al 31 de diciembre de 2006. Estimar es un número que el usuario estima que se aproximará al resultado de TIR.NO.PER. Si no se incluye este parámetro se asume que es de 10%.

Cada vez que existe un VAN positivo existe una TIR. Al final del cálculo TIR para este diseño se obtiene una TIR de 34% la cual es mayor que la tasa nominal de 15%. Esto indica que el proyecto es viable y rentable.

En la Tabla 5.4 se pueden apreciar los resultados del análisis VAN y TIR en el proyecto. Se utiliza una tasa nominal de 15% y se tiene un VAN positivo al final de 5 años.

ANALISIS TIR-VAN					
Fecha	Concepto	Cantidad	VAN(0)	TIR	VAN(TN)
01/01/2006	Inversión inicial	\$ -600.000,00	\$ -600.000,00		\$ -600.000,00
01/01/2006	egreso año 1	\$ -1.100.000,00	\$ -1.700.000,00		\$ -1.700.000,00
31/12/2006	ingreso año1	<b>\$ 1.200.000,00</b>	\$ -500.000,00		\$ -656.122,10
01/01/2007	egreso año 2	\$ -1.970.000,00	\$ -2.470.000,00		\$ -2.369.165,58
31/12/2007	ingreso año2	<b>\$ 2.160.000,00</b>	\$ -310.000,00		\$ -735.269,75
01/01/2008	egreso año 3	\$ -2.930.000,00	\$ -3.240.000,00		\$ -2.950.770,69
31/12/2008	ingreso año3	<b>\$ 3.600.000,00</b>	<b>\$ 360.000,00</b>	<b>4,69%</b>	\$ -583.712,26
01/01/2009	egreso año 4	\$ -2.880.000,00	\$ -2.520.000,00		\$ -2.476.634,05
31/12/2009	ingreso año4	<b>\$ 4.800.000,00</b>	<b>\$ 2.280.000,00</b>	<b>18,13%</b>	<b>\$ 267.781,53</b>
01/01/2010	egreso año 5	\$ -4.080.000,00	\$ -1.800.000,00		\$ -2.064.078,65
31/12/2010	ingreso año5	<b>\$ 9.600.000,00</b>	<b>\$ 7.800.000,00</b>	<b>34,53%</b>	<b>\$ 2.708.818,01</b>

**Tabla. 5.4. Cálculo de VAN y TIR.**

En la Tabla 5.4 se incluye un cálculo de VAN para la tasa nominal aplicada. El resultado es menor al obtenido usando una tasa de 0%.

Con los resultados obtenidos en el cálculo del análisis VAN y TIR se determina que la implementación y funcionamiento de PoC es rentable para un tiempo de análisis de 5 años.



---

## CAPITULO 6

### APLICACIONES PoC

#### 6.1 INTRODUCCIÓN

PoC o Push over celular es la tecnología que funciona con una aplicación residente en el teléfono del usuario para poder comunicarse pulsando un botón sin ningún tipo de marcado. En general Push over Cellular no solo se limita a voz. Push to Talk over Cellular o Presionar para Hablar sobre la red celular es un de muchas aplicaciones que se pueden ofrecer. La tendencia a futuro por parte de las operadoras celulares será de ofrecer el servicio Push-to-X, dentro del cual se tendrán varios servicios no solo de voz sino de datos en general como fotos, etc..

#### 6.2 APLICACIONES DE PoC

Push over Cellular (PoC) se puede interpretar como Push-to-X. El servicio de voz es el servicio más conocido y utilizado actualmente (Orange, Nextel) dentro del conjunto de Push-to-X. Las aplicaciones y funcionalidades de este servicio se basan en la ausencia de marcado por parte del usuario hacia un contacto. Simplemente se sabe si el usuario esta conectado y se empieza una comunicación.

Cada teléfono con capacidad de Push to talk, le permite al usuario establecer listas de contactos y grupos de contactos. Las listas son datos específicos de cada usuario para poder realizar una comunicación uno a uno. Los grupos son un número de contactos asociados con un nombre los cuales por lo general comparten una situación o característica determinada. Por ejemplo un grupo puede llamarse familia, dentro del cual una persona puede tener contactos como mamá, papá, tío, etc.

Los principales tipos de llamadas son uno a uno y uno a grupo. En la comunicación uno a uno la comunicación se realiza entre dos usuarios. La comunicación uno a grupo, se realiza cuando una persona envía un mensaje de voz y todos los miembros de un grupo pueden escuchar el mensaje. Respectivamente el usuario que inició la comunicación de grupo puede escuchar a cada uno de los participantes llamados pero entre ellos no se podrán oír. Esta es una gran ventaja de comunicación con un mayor número de personas al mismo tiempo (tomando en cuenta que no es una comunicación full duplex). En el servicio de voz típico celular se tiene el servicio 3-way que puede comunicar hasta a 3 personas al mismo tiempo (en comunicación full duplex). Con el sistema PTT se puede tener grupos típicamente entre 2 a 10 personas, haciendo posible comunicarse como más personas pero en turnos para poder enviar mensajes. En vez de tener que llamar individualmente a cada contacto, la pulsación de un botón es todo lo que se necesita para contactar con un grupo de amigos ó compañeros de trabajo.

Otra opción de comunicación de voz es el Chat. En este modo todas las personas de un grupo se pueden comunicar “al mismo tiempo”, es decir, el mensaje de una persona llega a todas y todos los usuarios puede enviar mensajes como un broadcast. En otras palabras se tiene varios usuarios participando de la conversación como en un salón de foros o un chat de Internet.

Existe una característica importante que diferencia al servicio PoC to talk del servicio troncalizado normal y es la información de presencia de los contactos. Para el efecto el teléfono se conecta y desconecta a la red de datos con períodos de tiempo determinados para poder actualizar la lista con el estado de los usuarios. En la pantalla del teléfono se tiene una interfaz gráfica que permite ver a través de íconos el estado de los contactos. Por ejemplo si el contacto A tiene el teléfono apagado, en la pantalla del usuario B, el contacto A aparecerá con un icono distintivo de este estado.

El servicio PTT tiene una directa aplicación en los siguientes lugares como ejemplo, que a su vez ofrecen otro tipo de servicios:

- Hoteles.- para llamar a empleados cuando se los necesite en algún lugar específico del hotel.
- Cooperativas de Taxis.- para lo comunicación y asignación de carreras de servicio.

- Transportación pública.- para comunicación entre conductores con respecto al tráfico y usuarios.
- Aeropuertos.- para ofrecer información a los viajeros o para la comunicación interno de los empleados. Para las compañías de seguridad que trabajan en los aeropuertos.
- Industrias.- para la comunicación de los empleados.
- Empresas.- para la comunicación entre departamentos y entre jefes, gerentes y empleados de oficina y operativos.
- Hospitales.- para la comunicación con ambulancias, información de los usuarios.
- Familia.- para la comunicación familiar en viajes o en días comunes.
- Compañías de construcción.- para la comunicación de jefes y empelados.
- Distribución de comida rápida.- para localización de sitios.
- Control en una empresa de transporte.- para tener comunicación con toda la flota de transporte a lo largo del país.

Estos casos son sólo uno pocos ejemplos de los campos de acción del servicio PTT sobre la red celular.

A continuación se describen y se explican algunos de los servicios que se pueden integrar como Push-to-X, los cuales funcionan en la plataforma diseñada para PoC utilizando los mismos protocolos de transporte y señalización.

### **6.2.1 Push-to-View**

Una aplicación de PoC es el Push to View, en el cual una persona mientras mantiene una comunicación push to talk puede tomar una fotografía y enviarla al usuario que se encuentra en la conversación. Esta aplicación tiene su diferencia con el sistema de mensajes multimedia debido a que no es necesario guardar la fotografía para luego enviarla como un mensaje sino que se toma la fotografía y se envía presionando el botón PTT. Entonces simultáneamente se tiene una conversación de voz y se envía la fotografía incluso a varios usuarios si es una llamada de grupo. Esto se logra gracias al protocolo RTP (Real Time Protocol) el cual facilita el envío de la información en tiempo real.

El proceso de tomar la fotografía se facilita con el diseño del teléfono que dispone de una cámara fotográfica que captura la imagen. El tamaño en bits depende del tipo de archivo que soporte el teléfono. Este archivo puede tener la extensión .jpg. Posteriormente el archivo es enviado utilizando el protocolo SIP (a través de IP) para que llegue al destinatario.

### **6.2.2 Push-to-Find**

El push-to-find es una aplicación de PoC que permite a las personas seguir las indicaciones utilizando el teléfono para poder llegar a una ubicación específica. En un futuro se podrán tener mapas que se puedan visualizar en el teléfono y con la ayuda del servidor PoC se podrá visualizar una ruta para poder alcanzar el objetivo. Todo esto se lo realizaría presionando el botón PTT. Por ejemplo, para llegar a un sitio A desde un sitio B se necesitarían de 3 instrucciones. Se necesita tener la opción de búsqueda de ubicación en la aplicación residente en el teléfono. Se presiona el botón PTT para realizar la solicitud de búsqueda. Se le indica al usuario su posición inicial y se procede a enviar al teléfono una imagen de la movilización que necesita realizarse utilizando flechas y mapas aproximados de las ciudades.

Esta aplicación se podría limitar a la simple ubicación del móvil a manera de localizador debido a que la cantidad de procesamiento para dar instrucciones de movilización de un sitio a otro es compleja. Los usuarios con sólo presionar el botón PTT tendrían conocimiento de su ubicación.

### **6.2.3 Push-to-Ask**

Push to Ask es una aplicación de PoC en la cual las personas que necesiten cierto tipo de información la soliciten presionando su botón PTT. Dentro del teléfono se establecen contactos de información. Por ejemplo se establece el contacto del canal del clima. El usuario se conecta con este contacto y realiza la pregunta que necesita saber sobre el clima (por ejemplo si lloverá en la tarde). La respuesta llegará automáticamente al usuario con el reporte del clima. Se puede tener una gran variedad de información disponible como noticias al día o de última hora.

Un ámbito de operación de esta aplicación es un aeropuerto. La persona que está en un aeropuerto puede tener información sobre el estado de un vuelo o alguna información que necesite para su movilización. Es posible realizar roaming para poder utilizar el servicio en

otros países. Esta facilidad se presenta por la utilización de IP. Para ubicar un servidor se necesita tener una IP asignada y por medio de la nube de Internet se puede alcanzar servidores con direcciones IP en cualquier parte del mundo.

Los sistemas de radio modernos tienen también un canal que se refiere a la información el estado del clima.

#### **6.2.4 Push-to-Video**

Un servicio que podrá ser implementado como un servicio Push-to es el Push-to-Video, en el cual las personas que establecen una sesión podrán verse de la misma manera que hacen para hablar: presionando el botón PTT. El servicio es denominado como “mira lo que veo” y establece una especie de videoconferencia por turnos. Por ejemplo el usuario A presiona el botón PTT y el terminal tiene una comarca incluida frente a él que captura el video (imágenes consecutivas) para luego ser procesado y enviado casi en tiempo real. Hay que recordar que los paquetes IP viajan en desorden y se introduce un tiempo de retardo de aproximadamente unos 2 segundos. El usuario B recibe el video del usuario A. De esta manera se lleva a cabo la comunicación.

De la misma manera que los mensajes escritos han evolucionado a mensajes multimedia, el servicio PoC evolucionará a PTX dentro del cual se transmitirá todo tipo de datos incluyendo imágenes, video, sonido, voz, etc.

## CAPITULO 7

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 7.1 CONCLUSIONES

- La comunicación hoy en día tiene un contexto amplio en el cual se encuentra una gran variedad de servicios como videoconferencias, llamadas de voz, mensajes multimedia, fax entre otros.
- La utilización de aire como un medio de propagación de ondas electromagnéticas ha hecho posible el desarrollo de la telecomunicación móvil, haciendo uso de frecuencias del espectro radioeléctrico y creando nuevas tecnologías de comunicación.
- La telecomunicación se ha desarrollado gracias a la necesidad que ha tenido la humanidad de expandir fronteras y poder comunicarse sin importar los límites geográficos del planeta. En tal virtud cada vez se ha podido llegar mas lejos no sólo en comunicación terrestre sino también aérea como comunicación con aviones o comunicación vía satélite.
- Los sistemas móviles de radiotelefonía privada, o sistemas trunking, se pueden considerar también como pertenecientes a la familia de la telefonía móvil debido a la portabilidad del equipo de comunicación por parte del usuario y la existencia de zonas de cobertura para el servicio.
- La diferencia principal de los sistemas trunking con los sistemas celulares convencionales es que el servicio se ofrece a un grupo cerrado de usuarios y por tanto

son redes privadas mientras que en los sistemas celulares se puede ofrecer este servicio a una mayor cantidad de usuarios.

- En los sistemas trunking los canales radio se comparten entre todos los usuarios y se asignan canales libres bajo demanda. Esta es una ventaja respecto a los sistemas de radio común, debido a que se hace un uso eficiente del espectro radioeléctrico.
- El servicio PoC simula a un sistema troncalizado pero utilizando la infraestructura de una red celular (GSM, CDMA), con la ventaja que se puede ofrecer mayores servicios con el equipo terminal.
- La convergencia de servicios en un solo terminal es una diferencia notable de un terminal celular con un sistema de radio. El terminal celular es más amigable y ofrece mayores capacidades de aplicaciones como por ejemplo agendas, juegos, navegadores de Internet para páginas WAP entre otras aplicaciones que se pueden instalar adicionalmente en el equipo.
- Aunque la arquitectura básica es parecida con celdas y estaciones controladoras, los sistemas celulares tienen mayor cobertura que los sistemas troncalizados, porque los sistemas celulares son públicos y tienen cobertura nacional, mientras que los servicios de radio son localizados en áreas específicas y de difícil expansión.
- Con la introducción de los radios digitales, se pueden ofrecer mejores servicios en los sistemas troncalizados, como la introducción de los mensajes escritos entre abonados, la llamada en espera, el desvío de llamadas, pero aún así los terminales siguen siendo grandes y con menos aplicaciones y funcionalidades que los equipos celulares.
- No hace falta tener varios dispositivos o equipos de comunicación para tener varios servicios si se puede tener solo un terminal en el cual se tengan todos los servicios deseados.
- Las comunicaciones móviles han sido una gran ventaja y ayuda para el desarrollo de la humanidad debido a la reducción de distancias reflejada en la comunicación en

cualquier lugar y en cualquier momento. Específicamente en un entorno nacional las comunicaciones móviles modifican la forma de vida de las personas ya que tienen la opción de una comunicación remota con miembros de su familia o con compañeros de trabajo en una empresa.

- La comunicación móvil es un acelerador de una sociedad de la información en la cual las personas están plenamente comunicadas con sus entornos familiares y laborales. La vida se facilita al poder desplazarse de un lado a otro y tener comunicación clara y presente.
- El principal problema de las comunicaciones móviles ha sido la cobertura, el número de usuarios y la calidad del servicio. El objetivo es ofrecer servicios en mayores zonas geográficas para poder satisfacer las necesidades de más clientes con una calidad de servicio excelente.
- Desde el punto de vista de los servicios ofrecidos por PCS no hay diferencias con los celulares digitales. Ambas modalidades tecnológicas que tienen asignados sus respectivas bandas de operación, poseen las potencialidades, para el desarrollo de servicios nuevos y diversificados que compiten por satisfacer al cliente sus necesidades. La diferencia radica en el tipo de servicio que pueden ofrecer dependiendo de los permisos legales que son otorgados por las entidades de control de las telecomunicaciones en cada País.
- La introducción de la telefonía digital ha mejorado la calidad en el servicio de voz. Se han desarrollado técnicas de codificación y detección/corrección de errores para mejorar la calidad de las señales que se someten a varios procesamientos. Además las tasas de transmisión de datos se han mejorado desde unos pocos Kbps hasta picos de 2 Mbps.
- La arquitectura de una red inalámbrica (CDMA) es parecida a la de una red fija debido a la existencia de elementos específicos para determinadas funciones y las interfaces para comunicar estos elementos. Las estructuras lógicas interactúan con las físicas para llevar a cabo las conexiones a través de mensajes de señalización y tramas de bits.



- La potencialidad de una red CDMA 1x radica en la cantidad de servicios que se pueden brindar a los suscriptores y la calidad de los mismos. Los equipos de tercera generación que operan en CDMA son terminales inteligentes que están en comunicación continua con la red y además poseen varias funcionalidades y mejoras como colores, radio y hasta cámara de fotos.
- La tendencia a nivel mundial es la convergencia tecnológica de redes, software y hardware como un proceso de agregación y combinación de los sectores de las telecomunicaciones. La clave de la convergencia es la digitalización debido a que las señales digitales (1's y 0's) son más manejables y poseen mayores ventajas de procesamiento que las señales analógicas.
- El avance de la tecnología a nivel de telefonía celular hace posible que hoy en día existan teléfonos capaces de navegar en el Internet desarrollando el concepto de Internet móvil. La evolución de CDMA (al igual que otras tecnologías como GPRS) permite la navegación y transmisión de datos a alta velocidad (2Mbps).
- Existe una fuerte influencia de IP en las telecomunicaciones actuales, de tal manera que se tiende a proveer servicios basados en IP (Voz sobre IP VoIP), debido a que es una manera eficiente de administrar y controlar los servicios. El concepto de IP que fue aplicado en las redes de computadoras se ha extendido hacia la comunicación obteniendo equipos funcionales como teléfonos y elementos de la industria operantes bajo IP. Sobre una red IP se pueden brindar servicios con diferentes niveles de Calidad de Servicio (QoS).
- El segmento del mercado que más fuertemente es impactado por la tecnología son los jóvenes. Además se tiene una demanda considerable de teléfonos celulares y utilización de servicios por parte de este segmento. El servicio PoC es un servicio de valor agregado con una perspectiva de satisfacción de necesidades actuales con la utilización de una comunicación rápida y llena de aplicaciones adicionales.
- Con la integración de PoC se podrán ofrecer una gran variedad de aplicaciones no solo de audio sino también de video. Los servicios ofrecidos a los usuarios se incrementan haciendo posible que la información llegue más lejos y menor tiempo.

- La inversión inicial es costosa para la implementación de PoC en la red pero esta inversión se ve recuperada dentro de los tres primeros años de una proyección de 5 años. Al tener una VAN positivo el proyecto es viable económicamente porque representa una rentabilidad al final de período calculado. Igualmente un TIR superior a la tasa nominal anual representa una rentabilidad sobre el proyecto.

## 7.2 RECOMENDACIONES

- El segmento del mercado que tiene mayor acogida para el servicio PoC son los jóvenes. Se debe orientar este servicio para tratar de satisfacer las expectativas de este segmento. Se debe establecer una política de precios accesible para este segmento ya que a su vez se subdivide en estudiantes y trabajadores.
- Los equipos de usuario que se consigan para el funcionamiento del servicio no deben ser muy caros y sería bueno que exista una variedad para poder elegir modelos de acuerdo a gustos y necesidades. Además se debe prestar una adecuada atención al cliente para poder ayudarlo y orientarlo en la utilización del servicio y del equipo.
- Se necesita realizar una capacitación a los futuros operadores del servicio para que puedan operar y administrar adecuadamente las distintas opciones como creaciones de grupos, funcionamiento de los terminales y conocimiento de las limitaciones y aplicaciones generales.
- Se recomienda, previa la implementación, realizar nuevas encuestas sobre el nivel de impacto del servicio, en virtud del gran crecimiento de la telefonía celular y sus servicios.
- La garantía en mantenimiento y repuestos de los equipos debe ser de por lo menos 10 años. El proveedor del servidor PoC debe proveer el respaldo suficiente y el soporte adecuado para solucionar cualquier tipo de problema por ejemplo el caso de falla de equipos.

---

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

GARG, Vijay, **IS-95 CDMA and cdma2000 Cellular/PCS Systems Implementation**, Primera Edición, Prentice Hall, Estados Unidos, Indianapolis, 2000, págs 133-151, 229-233, 353-386.

YANG, Samuel, **CDMA RF System Engineering**, Artech House, Estados Unidos, Massachusetts, 1998, págs 75-85, 105-147, 217-234.

GARCÍA, Javier; GARCÍA, Verónica; SALVARREDY, Julián, **Gerenciamiento de Proyectos con Excel y Project**, Omicron Systems S.A., Buenos Aires, Argentina, 2004, Pág. 63.

[http://www.csi.map.es/csi/silice/1.6\\_TRNK.html](http://www.csi.map.es/csi/silice/1.6_TRNK.html), *Servicio Trunking*.

<http://www.zetron.com/pages/english/tutorial/trnkprot.html>, *Trunked Radio Protocols*.

[http://www.cdmauniversity.com/ELearning/evolution\\_3g\\_evolution\\_map.html](http://www.cdmauniversity.com/ELearning/evolution_3g_evolution_map.html), *Evolución de las tecnologías desde 1G hasta 3G*.

<http://www.cdg.org/technology/index.asp>, *Tecnología CDMA (CDMA Development Group CDG)*.

<http://www.radcom.com/Technologies>, *Introduction to cdma2000*.

<http://www.itu.int/ITU-T/imt-2000/network.html>, *IMT-2000 Network Aspects*.

<http://www.tiaonline.org/standards/sfg/imt2k/cdma2000/TIA-2000-1-D.pdf> ,  
*C.S0001 Introduction to cdma2000® Spread Spectrum Systems, TIA-2000.1-D, Rev. D, Mar. 2004, 3GPP2 C.S0001-D.*

<http://www.tiaonline.org/standards/sfg/imt2k/cdma2000/TIA-EIA-IS-2000-2-D.pdf>, *C.S0002 Physical Layer Standard for cdma2000® Spread Spectrum Systems, Rev. D, Feb. 2004 3GPP2 C.S0002-D.*

<http://www.tiaonline.org/standards/sfg/imt2k/cdma2000/TIA-1030.pdf>, *C.S0057-0 Band Class Specification for cdma2000® Spread Spectrum Systems, Mar. 2004 3GPP2 C.S0057-0.*

[http://www.openmobilealliance.org/release\\_program/poc-archive.html](http://www.openmobilealliance.org/release_program/poc-archive.html), *OMA-AD-PoC-V1\_0-20050502-C.pdf, Arquitectura de PoC.*

[http://www.openmobilealliance.org/release\\_program/poc-archive.html](http://www.openmobilealliance.org/release_program/poc-archive.html), *OMA-TS-PoC-ControlPlane-V1\_0-20050428-C.pdf, Plano de Control en PoC.*

[http://www.openmobilealliance.org/release\\_program/poc-archive.html](http://www.openmobilealliance.org/release_program/poc-archive.html), *OMA-RD-PoC-V1\_0-20050329-C.pdf, Requerimientos para PoC.*

<http://www.motorola.com/content/0,,2647-4398,00.html>, *Push-To-Talk over Cellular Consortium Phase 2 Specifications and Documentation.*

<http://www.rfc-archive.org/getrfc.php?rfc=3261>, *RFC 3261 SIP: Session Initiation Protocol.*

<http://www.rfc-archive.org/getrfc.php?rfc=3550>, *RFC 3550 RTP: A Transport Protocol for Real-Time Applications.*

## **ANEXO 1**

### **CLASES DE BANDAS PARA TELEFONÍA CELULAR**

## CLASES DE BANDAS PARA TELEFONÍA CELULAR

BANDA	UTILIZACION
<b>CLASE 0</b>	North American Cellular Band (800), also in Korea, Australia, Hong Kong, Taiwan, and others.
<b>CLASE 1</b>	North American PCS Band (1900)
<b>CLASE 2</b>	Total Access Communications System (TACS) Band (900)
<b>CLASE 3</b>	JTACS Band (Japanese 800 reversed)
<b>CLASE 4</b>	Korean PCS (Band)
<b>CLASE 5</b>	Nordic Mobile Telephone (NMT)- 450 Band
<b>CLASE 6</b>	IMT-2000 Band (1900-2100)
<b>CLASE 7</b>	North American Cellular Band (700)
<b>CLASE 8</b>	1800
<b>CLASE 9</b>	900
<b>CLASE 10</b>	Specialized Mobile Radio (SMR) – 900 Band

*Fuente.- Qualcomm, CDMA University 2002*

## **ANEXO 2**

### **ESTRUCTURA DE CAPAS DE CDMA 2000**

## ESTRUCTURA DE CAPAS DE CDMA 2000

3GPP2 C.S0001-C

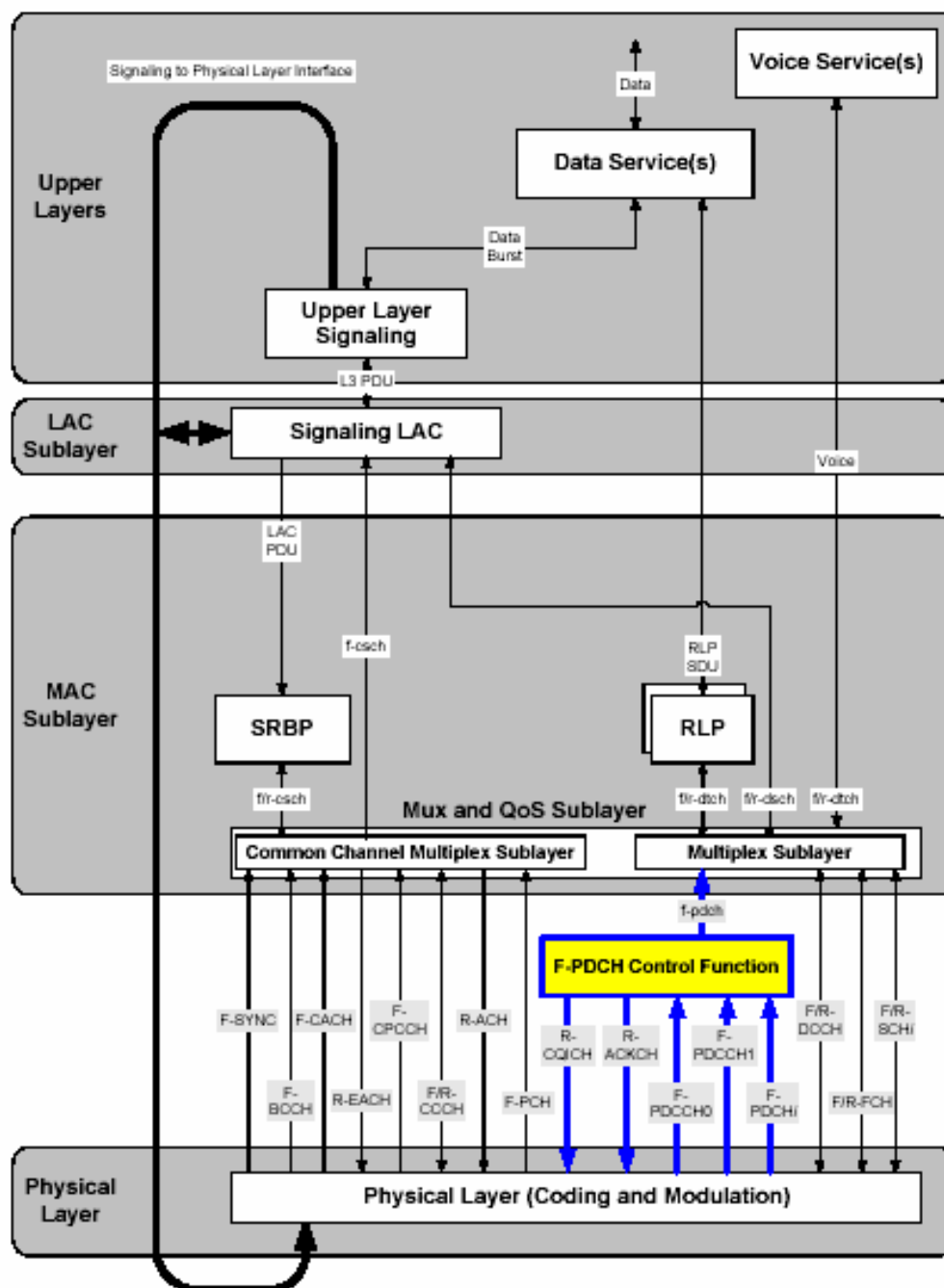


Figure 2 cdma2000 Architecture (Mobile Station)



## **ANEXO 3**

### **FORMATO DE LAS ENCUESTAS REALIZADAS EN LA CIUDAD DE QUITO**

## **PRIMERA ENCUESTA**

<b>Edad :</b>		
<b>PREGUNTAS</b>	<b>si</b>	<b>no</b>
Utiliza celular	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Conoce un walkie-talkie :	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ha utilizado un walkie-talkie :	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Utilizaría un celular con servicio PTT	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>Qué ventaja encuentra al servicio:</b> a) Mayor opción de comunicación b) Integración de servicios en un solo equipo c) Facilidad de utilización d) Otros		

## **SEGUNDA ENCUESTA**

<b>Edad:</b> <b>Que servicio utiliza más?</b> a) llamadas de voz b) envío de mensajes  <b>Prefiere PoC en vez de SMS?</b> a) si          b)no
---

---

**INDICE DE FIGURAS**

Figura. 1.1. La comunicación entre un transmisor, el medio físico y el receptor. ....	1
Figura. 1.2. Diferentes maneras de comunicación .....	2
Figura. 1.3. Espectro electromagnético .....	4
Figura. 1.4. Espectro Radioeléctrico .....	4
Figura. 1.5. Representación Longitud de Onda.....	5
Figura. 1.6. Sistema convencional de radio.....	7
Figura. 1.7. Sistema Troncalizado.....	8
Figura. 1.8. Efecto de un repetidor. ....	11
Figura. 1.9. Elementos del servicio Trunking sin utilizar un repetidor.....	12
Figura. 1.10. Troncalizado Monoemplazamiento.....	13
Figura. 1.11. Troncalizado Miltiemplazamiento .....	14
Figura. 1.12. Historia del Servicio Troncalizado hasta 1997 .....	14
Figura. 1.13. Representación de una llamada individual.....	17
Figura. 1.14. Representación de una llamada a un grupo.....	17
Figura. 2.1. Banda de frecuencia para la Telefonía Móvil Celular en Ecuador .....	23
Figura. 2.2. Banda de frecuencia para Sistemas PCS en Ecuador.....	24
Figura. 2.3. Bandas Celular y PCS .....	24
Figura. 2.4. Ejemplo de separación de frecuencias Bandas de Operación sistema PCS y Celular .....	26
Figura. 2.5. Desarrollo de tecnología celular hacia la tercera generación. ....	29
Figura. 2.6. Acceso Múltiple por División de Frecuencia.....	30
Figura. 2.7. Acceso Múltiple por División de Tiempo.....	31
Figura. 2.8. Acceso Múltiple por División de Código .....	32
Figura. 2.9. Espectro Ensanchado Secuencia Directa. ....	33
Figura. 2.10. Espectro Ensanchado con salto de Frecuencia.....	34
Figura. 2.11. Espectro Ensanchado con salto de Tiempo.....	34
Figura. 2.12. Modos de Operación Redes Inalámbricas.....	36

---

Figura. 2.13. Evolución de CDMA .....	37
Figura. 2.14. Aplicaciones en evolución de CDMA .....	38
Figura. 2.15. Soft Handoff.....	43
Figura. 2.16. Handoff ente celdas y sectores de cada celda. ....	44
Figura. 2.17. Handoff entre portadoras de CDMA.....	45
Figura. 2.18. Comparación del modelo OSI con CDMA (capas) .....	49
Figura. 2.19. Capas Arquitectura CDMA.....	50
Figura. 2.20. Representación de Reverse y Forward.....	53
Figura. 2.21. Canales Forward .....	56
Figura. 2.22. Canales de Reverse .....	58
Figura. 2.23. Celdas y sectores de cada celda. ....	61
Figura. 2.24. Estructura básica CDMA .....	62
Figura. 2.25. Estructura CDMA .....	64
Figura 2.26. Estados de un móvil en una llamada.....	66
Figura. 2.27. Procedimiento de una llamada de voz.....	67
Figura. 2.28. Estado de canal de tráfico. Origen de una llamada .....	69
Figura. 2.29. Estado de canal de tráfico. Recibo de una llamada.....	70
Figura. 2.30. Representación básica de una llamada de datos.....	71
Figura. 2.31. Sesión R-P origen en BSC .....	72
Figura. 2.32. Representación sesión R-P origen en PCF.....	72
Figura. 3.1. Botón PTT en un celular .....	74
Figura. 3.2. Comparación de una llamada normal con una PTT.....	78
Figura. 3.3. Servicio básico PoC .....	79
Figura. 3.4. Elementos básicos de la arquitectura de PoC.....	80
Figura. 3.5. Modelo de SIP .....	84
Figura. 3.6. Representación de las interfaces en PoC.....	86
Figura. 3.7. Diagrama de estados de transición del UE.....	97
Figura. 3.8. Diagrama de estados de transición del servidor PoC.....	98
Figura. 3.9. Requerimiento de Floor en la inicialización de la llamada.....	99
Figura. 3.10. Requerimiento de Floor en estado Idle. ....	100
Figura. 3.11. Ejemplo de Requerimiento de Floor en la inicialización de la llamada.....	101
Figura. 3.12. Procedimiento Revoke .....	101
Figura. 3.13. Procedimiento de Registro de UE.....	107
Figura. 3.14. Escenario de una petición de llamada PTT .....	108

Figura. 3.15. Establecimiento de una llamada PoC con autorespuesta .....	111
Figura. 3.16. Establecimiento de una llamada PoC con respuesta manual. ....	112
Figura. 3.17. Llamada instantánea a un grupo.....	114
Figura. 3.18. Esquema de Integración servidor PoC en la red celular. ....	116
Figura. 4.1. Utilización del celular segmentado por edades.....	118
Figura. 4.2. Utilización del celular en general en la muestra de población.....	119
Figura. 4.3. Utilización del celular para cada rango de edad.....	119
Figura. 4.4. Porcentaje de la muestra de población que conoce el Walkie-Talkie.....	120
Figura. 4.5. Conocimiento del Walkie-Talkie por rango de edades .....	121
Figura. 4.6. Porcentaje de personas que han usado un Walkie-Talkie. ....	122
Figura. 4.7. Conocimiento y experiencia con un Walkie-Talkie.....	122
Figura. 4.8. Utilización de PoC según rango de edades. ....	123
Figura. 4.9. Porcentaje total de aceptación del servicio PoC. ....	123
Figura. 4.10. Porcentaje de utilización del servicio PoC respecto a cada rango de edad..	124
Figura. 4.11. Ventajas del servicio PoC. ....	125
Figura. 4.12. Distribución típica de tráfico durante un día.....	129
Figura. 4.13. Calculadora de Erlang B. ....	130
Figura. 4.14. Preferencia de servicio (SMS vs Voz). ....	131
Figura. 4.15. Preferencia de servicio (SMS vs PoC).....	131
Figura. 4.16. Preferencia de servicio (SMS vs PoC).....	132

---

## INDICE DE TABLAS

Tabla. 1.1. Tabla de Radiofrecuencias .....	5
Tabla. 1.2. Algunos Protocolos usados para Trunking.....	8
Tabla. 1.3. Comparación entre Troncalizado y PoC .....	20
Tabla. 2.1. Bandas de Operación sistema PCS y Celular .....	25
Tabla. 2.2. Resumen de las generaciones celulares.....	27
Tabla. 2.3. Evolución de las generaciones celulares. ....	29
Tabla. 2.4. Comparación entre tecnologías de acceso múltiple.....	35
Tabla. 2.5. Tecnología CDMA y Tasa de datos Pico. ....	38
Tabla. 2.6. Canales de distintos tipos de Tecnologías Celulares.....	39
Tabla. 2.7. Nomenclatura para los canales lógicos .....	54
Tabla. 2.8.- Canales físicos CDMA.....	54
Tabla. 2.9. Canales Físicos de Forward.....	56
Tabla. 2.10. Canales Físicos de Reverse .....	59
Tabla. 3.1. Mensajes de response .....	89
Tabla. 3.2. Mensajes de response 1xx .....	89
Tabla. 3.3. Mensajes de response 2xx .....	90
Tabla. 3.4. Mensajes de response 3xx .....	90
Tabla. 3.5. Mensajes de response 4xx .....	91
Tabla. 3.6. Mensajes de response 5xx .....	91
Tabla. 3.7. Mensajes de response 6xx .....	92
Tabla. 3.8. Mensajes en control de piso. ....	97
Tabla. 3.9. Timers protocolo de transporte.....	103
Tabla. 3.10. Información en mensaje REGISTER .....	106
Tabla. 4.1. Distribución del tráfico de la red.....	134
Tabla. 5.1. Gastos de inversión inicial .....	137
Tabla. 5.2. Gastos de inversión inicial .....	138
Tabla. 5.3. Costos vs. Ingresos para la proyección del servicio PoC en 5 años.....	138
Tabla. 5.4. Cálculo de VAN y TIR.....	140

Sangolquí, Octubre de 2005

## **HOJA DE LEGALIZACION**

**ELABORADO POR:**

---

**Sr. Esteban Mauricio García Eljuri**

**AUTORIDADES:**

---

**TCRN. DE E.M. Ing. Xavier Martínez C.**  
**Decano de la Facultad de Ingeniería Electrónica**

---

**Ab. Jorge Carvajal**  
**Secretario Académico de la Facultad de Ingeniería Electrónica**