



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**Anteproyecto de Norma Mexicana
sobre calidad en el servicio de
telefonía celular y PCS**

TESIS

Que para obtener el título de

Ingeniero Eléctrico Electrónico

P R E S E N T A N

Julio César Jiménez Jiménez
Carlos Alberto Mendivil Rosales
Carlos Vázquez Cruz

DIRECTOR DE TESIS

Ing. Juan F. Solórzano Palomares



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2003

	Pág.
OBJETIVO	I
INTRODUCCIÓN	II
CAPÍTULO 1 ANTECEDENTES	
1.1 Comunicaciones Móviles	1
1.2 Arquitecturas de Comunicación	1
1.2.1 Punto a Punto	1
1.2.2 Punto-Multipunto	2
1.3 Modos de Operación de las Comunicaciones Móviles	2
1.3.1 Sistemas Símplex.	2
1.3.2 Sistemas Semi-Dúplex.	2
1.3.3 Sistemas Dúplex.	2
1.4 Características de Propagación de las Ondas Electromagnéticas	3
1.5 Limitaciones Fundamentales en las Comunicaciones	4
1.5.1 Limitación del Ancho de Banda	5
1.5.2 Limitación del Ruido	5
1.6 Fuentes de Ruido e Interferencia	6
1.6.1 Fuentes de Señales no Deseadas	7
1.6.2 Fuentes de Ruido	7
1.7 Relación Señal a Ruido	8
1.8 Telefonía Móvil	9
1.8.1 Reseña Histórica de la Telefonía Móvil	9
1.9 Telefonía Celular en México	12
1.9.1 Regiones Celulares del País	13
1.9.2 Mercado Futuro en México	16

CAPÍTULO 2 TELEFONÍA CELULAR Y PCS

2.1 Telefonía Celular	18
2.2 Tipos de Células	18
2.2.1 Célula Omnidireccional	18
2.2.2 Célula Sectorial	19
2.3 Tamaños de Células	20
2.3.1 Picocélulas	20
2.3.2 Microcélulas	20
2.3.3 Minicélulas	20
2.3.4 Macrocélulas	20
2.4 Cluster	21
2.5 División Celular	21
2.6 Handover	25
2.7 Reutilización de Frecuencias	27
2.8 Canales de Radio	27
2.8.1 Canales Comunes	28
2.9 Descripción de los Bloques de la Red Celular	28
2.9.1 Estación Móvil	28
2.9.2 Tipo de Llamada (Call Type)	29
2.9.3 Unidades Funcionales de la Estación Móvil	29
2.9.4 Estación Base	30
2.9.5 Centro de Conmutación de Servicios Móviles (MSC)	31
2.9.6 Red de Telefonía Pública Conmutada (PSTN)	32
2.10 PCS (Personal Communications Services)	32
2.10.1 DCCH (Control Digital de Canales)	32
2.10.2 Doble Banda y Doble Modo de Operación	32
2.10.3 Comportamiento y Capacidades de PCS	33
2.10.4 Cuadro Comparativo del Espectro de un Celular y PCS	34
2.10.5 Modo Sleep y Modo Stand By	34
2.10.6 Mensajería PCS	35
2.10.7 Entrega del Mensaje	36

2.10.8 Relación de Células Jerárquicas	37
2.10.9 Sistema de Identificación	39
CAPÍTULO 3 CALIDAD Y NORMALIZACIÓN	
3.1 Calidad	41
3.2 Servicio	42
3.3 Calidad del Servicio	
3.3.1 Definición de la Calidad del Servicio	42
3.3.2 Componentes Básicos de la Calidad del Servicio	42
3.3.3 Elementos de Evaluación de la Calidad del Servicio	43
3.3.4 Dimensiones de la Calidad del Servicio	
3.4 Calidad del Servicio de Telefonía Móvil	44
3.4.1 Calidad de los Sistemas Móviles	45
3.5 Normalización	48
3.5.1 Marco Teórico de la Normalización	48
3.5.2 Ventajas de la Normalización	49
3.6 Clasificación Geográfica de las Normas	49
3.6.1 Normas Nacionales	49
3.6.2 Normas Regionales	50
3.6.3 Normas Extranjeras	50
3.6.4 Normas Internacionales	50
3.7 Clases de Normas que Existen en México	50
3.7.1 Norma Oficial Mexicana	50
3.7.2 Norma Mexicana	51
3.7.3 Normas de Referencia	52
3.8 Normas de Calidad	52
3.8.1 Norma de Calidad del Servicio de Telefonía Móvil	52
3.9 Órganos Integrantes del Proceso de Normalización en México	53
3.9.1 Comisión Nacional de Normalización (CNN)	53
3.9.2 Comité Consultivo Nacional	54

3.9.3 Organismos Nacionales de Normalización	54
3.9.4 Comités Técnicos de Normalización Nacional	54
3.10 Procesos de Normalización	55
CAPÍTULO 4 NORMAS DE CALIDAD DEL SERVICIO DE TELEFONÍA MÓVIL DE ALGUNOS PAÍSES	
4.1 América Latina	58
4.1.1 Argentina	58
4.1.2 Colombia	60
4.1.3 Perú	62
4.1.4 Nicaragua	64
4.1.5 Brasil	64
4.2 Asia	76
4.2.1 Malasia (norma)	77
4.2.2 Malasia (estudio)	81
4.3 Europa	83
4.3.1 Inglaterra	83
4.3.2 Francia	84
4.3.3 Portugal	90
4.4 México	94
CAPÍTULO 5 PARÁMETROS PARA EVALUAR LA CALIDAD DE SERVICIO EN MÉXICO	
5.1 Cobertura	99
5.1.1 Medición de la Cobertura	99
5.2 Índice de Llamadas Caídas	100
5.2.1 Medición del Índice de Llamadas Caídas	101
5.3 Grado de Servicio	107
5.3.1 Medición del Grado de Servicio	107

5.4 Índice de Llamadas Bloqueadas	108
5.4.1 Medición del Índice de Llamadas Bloqueadas	109
5.5 Índice de Llamadas Conectadas	109
5.5.1 Medición del Índice de Llamadas Conectadas	109
5.6 Índice de Llamadas Completadas	109
5.6.1 Medición del Índice de Llamadas Completadas	110
5.7 Tiempo Promedio de Duración de Llamadas	111
5.8 Tiempo de Establecimiento de Llamada	111
5.9 Calidad de Diálogo (voz)	111
5.9.1 Medición de la Calidad del Diálogo	115
5.10 Tiempo de Respuesta de los Servicios de Emergencia	115
5.10.1 Medición del Tiempo de Respuesta a los Servicios de Emergencia	116
5.11 Equipo de Medición	116
5.11.1 Medición del Enlace de Subida (uplink)	116
5.11.2 Medición del Enlace de Bajada (downlink)	117
5.11.3 Programa de Post-proceso	117

CAPÍTULO 6 ANTEPROYECTO DE NORMA OFICIAL MEXICANA SOBRE LA CALIDAD EN EL SERVICIO DE TELEFONÍA CELULAR Y PCS

6.1 Anteproyecto de Norma Oficial Mexicana Sobre la Calidad en el Servicio de Telefonía Celular y PCS	118
---	-----

CONCLUSIONES	129
---------------------	-----

APÉNDICE A	131
-------------------	-----

APÉNDICE B	133
-------------------	-----

BIBLIOGRAFÍA	136
---------------------	-----

INTRODUCCIÓN

La percepción de los abonados sobre la calidad de un servicio de telecomunicaciones ha sido siempre un tema de controversia por la propia subjetividad con la que puede ser tratada. De hecho, aún para la telefonía alámbrica, menos sujeta a las condiciones de aleatoriedad de la radio-propagación, los índices de sonoridad o de inteligibilidad de la comunicación, siguen provocando discusión entre los especialistas. Sin embargo, objetivamente, a nadie escapa que la telefonía celular se ha transformado radicalmente en cuanto a patrones de uso se refiere, de un servicio poco diversificado utilizado principalmente a bordo de vehículos, se ha convertido en pocos años en un servicio de telecomunicaciones masivo, cuyos abonados lo utilizan para estar en contacto en todo momento y en todo lugar. Ha sido tal la rapidez de crecimiento de este servicio que los especialistas coinciden en que las empresas operadoras están más ocupadas en hacer frente a la demanda con mayor y mejor infraestructura tecnológica, que en analizar el cambio de comportamiento de uso entre sus abonados.

La presencia del servicio telefónico celular se inició en México en 1990, con la asignación de 18 concesiones a 10 empresas de tal forma que, en cada una de las nueve regiones (capítulo 1) en que se dividió el país, existieran dos operadores. Durante los primeros años, el servicio creció a un ritmo moderado y en diciembre de 1994 se tenían únicamente 572 mil usuarios.

A partir de la implementación de la modalidad “el que llama paga” (1° de mayo de 1999), el número de usuarios a nivel nacional creció de aproximadamente 4.2 millones a 11.3 millones lo cual sin duda ha contribuido al crecimiento de la teledensidad en nuestro país y la percepción de la calidad del servicio de las redes celulares por parte de los abonados se deterioró notablemente, provocando esto una gran caída de llamadas, demora en el tiempo de realizar una llamada, distorsión y otros factores que se analizarán en el capítulo 5.

A partir del mes de julio de 1999, se empezaron a realizar reuniones con los operadores de redes celulares, con el fin de identificar los factores que estaban afectando la calidad de sus servicios, así como para tratar de establecer algunos parámetros de calidad susceptibles de ser medidos en dichas redes.

Los principales factores identificados durante dichas reuniones, son entre otros, el incremento en el número de abonados, la diversidad de aparatos terminales, los cambios efectuados en las redes para su actualización tecnológica y la saturación de las células por la dificultad para instalar radio bases debido a las disposiciones acerca del uso del suelo.

De acuerdo a la Procuraduría Federal del Consumidor, en meses recientes se mantiene una tendencia creciente en el número de quejas de abonados de teléfonos celulares, situación que cuestiona la calidad de esos servicios. Estas denuncias fueron por cobros indebidos, incumplimiento de servicios y servicios deficientes.

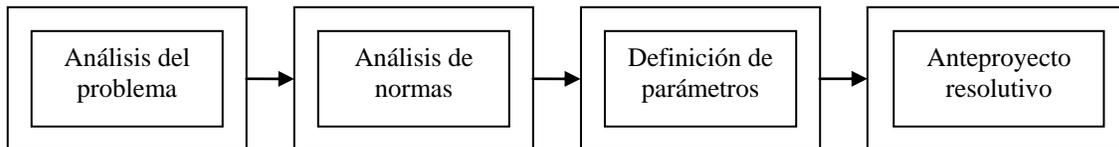
Actualmente, las compañías que ofrecen servicios de telefonía celular, como Telcel, Telefonica MoviStar, Iusacell entre otras, son evaluadas por organismos gubernamentales y

por los propios abonados, de cara a las innovaciones en tecnología de comunicaciones que auguran mejores oportunidades de interacción comunicativa. Sin embargo, los resultados contrastan con las promesas.

Todo este conjunto de factores nos lleva a la necesidad de tener una norma adecuada para nuestro país, máxime cuando las inversiones hacia esta industria están a la puerta sin la exigencia del cumplimiento de una ley que obligue a un operador a mejorar sus servicios y a su vez el alentar la competitividad, aunque cabe señalar que la COFETEL ha estado desarrollando estudios de calidad, con el objetivo de promover mejorías en los servicios y fomentar la competencia entre las compañías operadoras.

La expectativa de entrada de nuevos competidores y el desarrollo de instrumentos de comercialización, impulsan a los operadores existentes a una agresiva estrategia de expansión para cubrir amplios segmentos del mercado que no habían sido suficientemente atendidos, lo que significa el poner más opciones al público usuario.

El procedimiento que se siguió para la elaboración de este anteproyecto de norma consiste en partir de un análisis global para posteriormente aterrizarlo en un objetivo particular que en nuestro caso es calificar la calidad del servicio de telefonía móvil. Para un mejor entendimiento es necesario el que se vea el siguiente diagrama:



Dentro del análisis del problema nos abocamos al estudio del entorno que envuelve a la telefonía móvil tanto desde el punto de vista histórico como técnico.

Posteriormente al analizar las normas extranjeras e internacionales (ya que en México únicamente se cuenta con estudios) nos percatamos de cuales eran los parámetros más empleados a nivel mundial para determinar una buena calidad del servicio en la telefonía móvil (capítulo 4). Esto nos sirvió a su vez para definir los índices empleados y especificar la medición de cada uno de ellos para el anteproyecto de norma oficial mexicana (capítulo 6).

OBJETIVO

El presente trabajo surge con la necesidad de contar con una norma oficial mexicana que permita la regulación y evaluación de la calidad del servicio en la Telefonía Celular y los Servicios de Comunicación Personal (PCS) en nuestro país, además busca enfatizar la eliminación de la subjetividad inherente del ser humano, a través de una medición totalmente automatizada y el análisis de parámetros e índices de algunas normas y estudios tanto de México como del resto del mundo.

Asimismo justificar matemática y técnicamente el valor de los indicadores establecidos y adoptados para satisfacer las expectativas de los usuarios, que a su vez permitirán calificar por medio de los organismos encargados, el servicio ofrecido por las compañías celulares a los mismos usuarios.

CAPÍTULO 1 ANTECEDENTES

1.1 Comunicaciones Móviles

Desde el principio de las telecomunicaciones, dos han sido las opciones principales para llevar a cabo una comunicación: por cable o por el aire. En realidad ambas pueden participar en un mismo proceso comunicativo. Por ejemplo la transmisión de un evento deportivo por televisión, en el que una cámara recoge la señal y la transmite, generalmente por cable, a una unidad móvil encargada de comunicarse vía radio con el centro emisor, que a su vez se comunica por cable con una antena emisora que la distribuye por el aire a la zona que cubra la cadena de televisión. De todas formas, en este caso se trata fundamentalmente de una transmisión vía radio, pues es así como se distribuye la señal que previamente ha producido la emisora (captar la señal con la cámara, llevarla al centro emisor y procesarla).

La "comunicación móvil" se define como cualquier enlace de radiocomunicación entre dos terminales, de las cuales al menos una está en movimiento o estática, en localizaciones indeterminadas, pudiendo la otra ser una terminal fija, tal como una estación base. Esta definición es de aplicación a todo tipo de enlace de comunicación, ya sea móvil a móvil o fijo a móvil. De hecho, el enlace móvil a móvil consiste muchas veces en un enlace móvil a fijo a móvil. El término móvil puede referirse a vehículos de todo tipo - automóviles, aviones, trenes... - o, sencillamente, a personas paseando por las calles.

El Reglamento de Radiocomunicaciones define el servicio móvil como un servicio de radiocomunicaciones entre estaciones móviles y estaciones terrestres (fijas) o entre estaciones móviles únicamente. Además, en función de dónde se sitúa habitualmente la terminal móvil, el Reglamento diferencia los siguientes tipos de servicio:

- Servicio móvil por satélite.
- Servicio móvil terrestre.
- Servicio móvil marítimo.
- Servicio móvil aeronáutico.

Es importante destacar que al hablar de comunicaciones móviles, se está pensando generalmente, en un sistema de comunicaciones punto a punto. Aunque también es posible en algunas circunstancias efectuar comunicaciones punto a multipunto, se trata de una configuración especial del servicio que sirve a aplicaciones particulares, a continuación ahondamos más en estos tipos de arquitectura de comunicación.

1.2 Arquitecturas de Comunicación

1.2.1 Punto a Punto

La comunicación punto a punto, como su nombre bien lo indica, se da estrictamente entre dos puntos. En cada uno de éstos puede haber una o más personas, y equipos de diferentes

tecnologías, desde las señales más simples (de humo, telefónicas, etc.) hasta las más cargadas de información (videoconferencia).

1.2.2 Punto-Multipunto

Las comunicaciones punto-multipunto ocurren entre un emisor central y un número mayor que uno de receptores. Los receptores pueden o no tener capacidad propia de emisión. En otras palabras es un intercambio de información entre más de dos usuarios separados geográficamente.

1.3 Modos de Operación de las Comunicaciones Móviles

Otra posibilidad de clasificar las comunicaciones móviles es según su capacidad de comunicación, en uno o ambos sentidos. Con este criterio, los sistemas móviles se clasificarían en: símplex, semi-dúplex y dúplex.

1.3.1 Sistemas Símplex.

La transmisión y la recepción se efectúan en forma secuencial, en un sentido cada vez. Para hablar, se debe "solicitar permiso", lo que se hace pulsando el botón del terminal denominado PTT (*Push To Talk*). Dentro de los sistemas símplex se encuentran los que funcionan a una o a dos frecuencias. Los primeros son aquellos que utilizan la misma frecuencia para transmisión y recepción. Presentan como principal inconveniente la alta probabilidad de captura de una comunicación por otra, debido a una alta interferencia cocanal; sin embargo, permiten la comunicación entre móviles, sin pasar por la base. Este tipo de sistemas se utiliza para soportar las comunicaciones de seguridad en los servicios móviles marítimo y aeronáutico. Los sistemas a dos frecuencias separan la transmisión de la recepción. Ofrecen mayor protección a la interferencia cocanal pero obligan a que todas las comunicaciones pasen necesariamente por la estación base, al no poder los móviles hablar entre sí.

1.3.2 Sistemas Semi-Dúplex.

Este sistema utiliza frecuencias diferentes de transmisión y de recepción. Es una mejora del sistema símplex a dos frecuencias, donde se incorpora un duplexor a la estación de base. En este caso, la estación base funciona en dúplex y los terminales móviles lo hacen en símplex. La estación base se limita a retransmitir las comunicaciones que recibe, a lo que se denomina TT (*Talk Through*). Para identificar una solicitud de comunicación frente a posibles interferencias, se manejan tonos de control a frecuencias "sub-audio" (< 300 Hz) que acompañan a la comunicación. Así, sólo se activará la estación base cuando reciba una señal, en la frecuencia de recepción adecuada, acompañada del tono "sub-audio"

1.3.3 Sistemas Dúplex.

En estos sistemas la estación base transmite en una frecuencia f_1 y recibe en una frecuencia f_2 mientras que el móvil transmite en una frecuencia f_2 y recibe en f_1 . Tanto la estación base como el móvil disponen de un duplexor que permite la transmisión y recepción

simultáneas. En este sistema no es posible tampoco la comunicación directa móvil - móvil, sin pasar por la estación base. La implementación de estos sistemas es más cara y compleja que la de los anteriores.

1.4 Características de Propagación de las Ondas Electromagnéticas

El mecanismo de propagación de las ondas depende fuertemente de la longitud de onda de las frecuencias de propagación. En un ambiente urbano, existen edificios y casas de gran variedad en ancho y altura; sin embargo, como las dimensiones de estos obstáculos son equivalentes a varias longitudes de onda de las frecuencias de propagación, estos edificios se comportan como dispersores naturales de ondas electromagnéticas, creando ondas reflejadas.

La longitud del enlace entre el móvil y la estación base es generalmente menor a 25 km, por lo que no es necesario considerar pérdidas debido a la curvatura de la tierra.

Por otra parte, la altura física de las antenas en las estaciones base se encuentra entre los 30 a 91 m, en áreas suburbanas, y mayores a 91 m en ciudades grandes. Además, la altura promedio de la antena del móvil, es alrededor de 2 m sobre el nivel de la tierra. Lo anterior implica que la antena de la estación base esté libre de obstáculos a su alrededor aunque la antena del móvil esté rodeada de obstáculos. Entonces, las características del terreno así como las del medio ambiente creado por el hombre, influyen en las peculiaridades del patrón de pérdida por propagación.

En el espacio libre, las causas del patrón de pérdida por propagación son únicamente función de la frecuencia f y la distancia d , como se muestra en la ecuación (1.1).

$$\frac{P_r}{P_t} = \frac{1}{(4\pi)^2 (d/\lambda)^2} \text{-----} (1.1)$$

Donde: λ es la longitud de onda, P_t es la potencia transmitida y P_r es la potencia recibida.

Esta ecuación puede obtenerse basándose en el principio de la conservación de la energía y de la geometría elemental. Sin embargo, en el medio ambiente urbano, donde existen atenuaciones y reflexiones por los edificios y calles, el patrón de pérdida por propagación se describe con la ecuación (1.2).

$$\frac{P_r}{P_t} = \frac{k}{d^n} \text{-----} (1.2)$$

Donde el exponente n se ha encontrado experimentalmente que tiene un valor de alrededor de 4, y k es una constante que tiene diferentes valores dependiendo del medio ambiente, de la frecuencia y de la altura de la antena.

Si promediamos el valor de la potencia recibida sobre varias longitudes de onda, llamaremos a este promedio media local, la cual no sigue con exactitud la predicción. Esto se debe principalmente a la configuración del terreno y al medio ambiente creado por el hombre que rodea al móvil, los cuales no pueden predecirse.

Al experimentar se encontró que la media local posee una distribución de tipo log-normal, cuyo valor medio está dado por la ley k/d^n y su desviación estándar es de alrededor de 8 dB.

Además, debe considerarse el efecto causado por las múltiples reflexiones que sufre la onda a causa de los edificios, casas y otros obstáculos naturales. Esto ocasiona que la señal recibida no provenga únicamente de la trayectoria por línea de vista, sino por una suma de muchas señales recibidas de amplitud y fase aleatorias. Esta situación puede describirse estadísticamente como una señal cuya amplitud tiene distribución Rayleigh.

Resumiendo el patrón de pérdidas por propagación instantáneo puede considerarse compuesto de la suma (en decibeles) de tres componentes:

$$10 \log (P_r/P_t) = 10 \log (k/d^n) + X + Y \text{ ----- (1.3)}$$

Donde: la dependencia de la distancia se tiene en el primer término, X es una variable aleatoria con distribución del tipo log-normal, media 0 dB y desviación estándar 8 dB, mientras que Y es proporcional al logaritmo de una variable aleatoria de Rayleigh con media 0 dB y con cambios rápidos sobre fracciones de longitud de onda

1.5 Limitaciones Fundamentales en las Comunicaciones

En el diseño de un sistema de comunicación o de cualquier sistema para esta materia, el ingeniero se coloca frente a dos clases generales de restricciones: por un lado, los factores tecnológicos, es decir, los factores vitales de la ingeniería y por otra parte, las limitaciones físicas fundamentales impuestas por el propio sistema, o sea, las leyes de la naturaleza en relación con el objetivo propuesto.

Puesto que la ingeniería es, o debe ser, el arte de lo posible, ambas clases de restricciones deben ser analizadas al diseñar el sistema. Hay más de una diferencia, pues los problemas tecnológicos son problemas de practicidad que incluyen consideraciones tan diversas como disponibilidad del equipo, interacción con sistemas existentes, factores económicos, etc., problemas que pueden ser resueltos en teoría, aunque no siempre de manera práctica. Pero las limitaciones físicas fundamentales son justamente eso; cuando aparecen en primer plano, no existen recursos, incluso en teoría. No obstante, los problemas tecnológicos son las limitaciones que en última instancia señalan si pueden o no ser salvadas. Las limitaciones fundamentales en la transmisión de la información por medios eléctricos son: el ancho de banda y el ruido.

1.5.1 Limitación del Ancho de Banda

La utilización de sistemas eficientes conduce a una reducción del tiempo de transmisión, es decir, que se transmite una mayor información en el menor tiempo. Una transmisión de información rápida se logra empleando señales que varían rápidamente con el tiempo. Pero estamos tratando con un sistema eléctrico, el cual cuenta con energía almacenada y cualquier cambio en ella requiere una cantidad definida de tiempo. Así, no podemos incrementar la velocidad de la señalización en forma arbitraria, ya que en consecuencia el sistema dejará de responder a los cambios de la señal.

Una medida conveniente de la velocidad de la señal es su ancho de banda, o sea, el ancho del espectro de la señal. En forma similar, el régimen al cual puede un sistema cambiar energía almacenada, se refleja en su respuesta de frecuencia útil, medida en términos del ancho de banda del sistema. La transmisión de una gran cantidad de información en una pequeña cantidad de tiempo, requiere señales de banda ancha para representar la información y sistemas de banda ancha para acomodar las señales. Por lo tanto, dicho ancho de banda surge como una limitación fundamental.

Cuando se requiere de una transmisión en tiempo real, el diseño debe asegurar un adecuado ancho de banda del sistema. Si el ancho de banda es insuficiente, puede ser necesario disminuir la velocidad de señalización, incrementándose así el tiempo de transmisión. A lo largo de estas mismas líneas debe recalarse que el diseño de equipo no es con mucho un problema de ancho de banda absoluto o fraccionario, o sea, el ancho de banda absoluto dividido entre la frecuencia central. Si con una señal de banda ancha se modula una portadora de alta frecuencia, se reduce el ancho de banda fraccional y con ello se simplifica el diseño del equipo. Esta es una razón porque en señales de TV cuyo ancho de banda es de cerca de 6 MHz se emiten sobre portadoras mucho mayores que en la transmisión de AM, donde el ancho de banda es de aproximadamente 10 kHz.

Asimismo, dado un ancho de banda fraccionario, resultado de las consideraciones del equipo, el ancho de banda absoluto puede incrementarse de manera notable hasta frecuencias portadoras mayores. Un sistema de microondas de 5 GHz puede acomodar 10,000 veces más información en un periodo determinado que una portadora de radiofrecuencia de 500 kHz, mientras que un rayo láser cuya frecuencia sea de 5×10^{14} Hz tiene una capacidad teórica de información que excede al sistema de microondas en un factor de 10^5 , o sea, un equivalente aproximado de 10 millones de canales de TV. Por ello es que los ingenieros en comunicaciones están investigando constantemente fuentes de portadoras de altas frecuencias nuevas y utilizables para compensar el factor ancho de banda.

1.5.2 Limitación del Ruido

El éxito en la comunicación eléctrica depende de la exactitud con la que el receptor pueda determinar cual señal es la que fue realmente transmitida, diferenciándola de las señales que podrían haber sido transmitidas. Una identificación perfecta de la señal sería posible sólo en ausencia de ruido y otras contaminaciones, pero el ruido existe siempre en los

sistemas eléctricos y sus perturbaciones sobrepuestas limitan nuestra habilidad para identificar correctamente la señal que nos interesa y así, la transmisión de la información.

¿Pero es inevitable el ruido? La respuesta proviene de la teoría cinética. Cualquier partícula a una temperatura diferente de cero absoluto, posee una energía térmica que se manifiesta como movimiento aleatorio o agitación térmica. Si la partícula es un electrón, su movimiento aleatorio origina una corriente aleatoria. Luego, si esta corriente aleatoria ocurre en un medio conductor, se produce un voltaje aleatorio conocido como: ruido térmico o ruido de resistencia. Mientras el ruido de resistencia es sólo una de las posibles fuentes en un sistema, muchos otros están relacionados, en una u otra forma, al movimiento electrónico aleatorio. Más aún, como era de esperarse de la dualidad onda partícula, existe ruido térmico asociado con la radiación electromagnética. En consecuencia, como no podemos tener comunicación eléctrica sin electrones u ondas electromagnéticas, tampoco podemos tener comunicación eléctrica sin ruido.

Las variaciones de ruido típicas son muy pequeñas, del orden de los microvolts. Si las variaciones de la señal son sustancialmente mayores, digamos varios volts pico a pico, el ruido puede ser ignorado. En realidad, en sistemas ordinarios bajo condiciones ordinarias, la relación señal a ruido es bastante grande para que el ruido no sea perceptible. Pero en sistemas de amplio régimen o de potencia mínima, la señal recibida puede ser tan pequeña como el ruido o más. Cuando esto suceda, la limitación por ruido resulta extraordinariamente necesaria.

Es importante señalar que si la intensidad de la señal es insuficiente, añadir más pasos de amplificación en el receptor no resuelve nada; el ruido sería amplificado junto con la señal, lo cual no mejora la relación señal a ruido. Aumentar la potencia transmitida ayuda, pero la potencia no se puede incrementar en forma indefinida por razón de problemas tecnológicos. En forma alterna, podemos permutar el ancho de banda por la relación señal a ruido por medio de técnicas de modulación y codificación. No es de sorprender que la más efectiva de estas técnicas generalmente sea la más costosa y difícil de instrumentar. Nótese también que el trueque del ancho de banda por la relación señal a ruido puede llevarnos de una limitación a otra.

En el análisis final, dado un sistema con ancho de banda y relación señal a ruido fija, existe un límite superior definido, al cual puede ser transmitida la información por el sistema. Este límite superior se conoce con el nombre de capacidad de información y es uno de los conceptos centrales de la teoría de la información. Como la capacidad es finita, se puede decir con apego a la verdad, que el diseño del sistema de comunicación es un asunto de compromiso; un compromiso entre tiempo de transmisión, potencia transmitida, ancho de banda y relación señal a ruido; compromiso de lo más restringido por los problemas tecnológicos.

1.6 Fuentes de Ruido e Interferencia

Durante la transmisión de la señal ocurren ciertos efectos no deseados. Uno de ellos es la atenuación, la cual reduce la intensidad de la señal; sin embargo, son más serios la distorsión, la interferencia y el ruido, los cuales se manifiestan como alteraciones de la

forma de la señal. Al introducirse estas contaminaciones al sistema, es una práctica común y conveniente imputárselas, pues el transmisor y el receptor son considerados ideales. En términos generales, cualquier perturbación no intencional de la señal se puede clasificar como "ruido", y algunas veces es difícil distinguir las diferentes causas que originan una señal contaminada. Existen buenas razones y bases para separar estos tres efectos, de la manera siguiente:

Distorsión: es la alteración de la señal debida a la respuesta imperfecta del sistema a ella misma. A diferencia del ruido y la interferencia, la distorsión desaparece cuando la señal deja de aplicarse.

Interferencia: es la contaminación por señales extrañas, generalmente artificiales y de forma similar a las de la señal. El problema es particularmente común en emisiones de radio, donde pueden ser captadas dos o más señales simultáneamente por el receptor. La solución al problema de la interferencia es obvia; eliminar en una u otra forma la señal interferente o su fuente. En este caso es posible una solución perfecta, si bien no siempre práctica.

Ruido: por ruido se debe de entender las señales aleatorias e impredecibles de tipo eléctrico originadas en forma natural dentro o fuera del sistema. Cuando estas señales se agregan a la señal portadora de la información, ésta puede quedar en gran parte oculta o eliminada totalmente. Por supuesto que podemos decir lo mismo en relación a la interferencia y la distorsión y en cuanto al ruido que nunca puede ser eliminado completamente.

1.6.1 Fuentes de Señales no Deseadas

Las señales pueden ser tanto de fuentes internas como externas. Las fuentes internas usualmente están presentes de un modo u otro, exista señal o no, y no cambian abruptamente al menos que suceda algo extraño dentro del equipo o en las interconexiones. Las fuentes externas tienen dos formas para ser introducidas dentro del sistema. Una es a través de la antena y la otra es a través de la potencia de entrada. Las señales no deseadas pueden estar o no presentes todas las veces. Éstas pueden ocurrir momentánea, intermitente o periódicamente. Todo lo anterior es importante cuando se trata de eliminar las señales no deseadas para conocer si están entrando al sistema de fuentes externas o si están presentes sin cualquier entrada externa.

1.6.2 Fuentes de Ruido

Ruido térmico (*Thermal Noise*)

Todos los objetos cuya temperatura está por encima del cero absoluto (0 grados Kelvin) generan ruido eléctrico en forma aleatoria debido a la vibración de las moléculas dentro del objeto. Este ruido es llamado ruido térmico. La potencia de ruido generada depende sólo de la temperatura del objeto, y no de su composición. Ya que esta es una propiedad fundamental, el ruido frecuentemente se define por su temperatura equivalente de ruido. La temperatura equivalente de ruido puede darse tanto en grados Kelvin como en decibeles. A continuación se presenta una fórmula para convertir grados Kelvin a dB.

$$T \text{ (dB)} = 10 \cdot \log_{10}(1 + K/120) \text{ ----- (1.4)}$$

Donde: T es la temperatura equivalente de ruido en dB.

K es la temperatura en grados Kelvin.

La temperatura del aire alrededor de nosotros es aproximadamente 300 K (27°C), y la temperatura del sol es muy alta (alrededor de 5,700 K). Es posible construir un amplificador cuya temperatura equivalente de ruido esté por debajo de su actual temperatura, y para así agregar el menor ruido posible al receptor.

1.7 Relación Señal a Ruido

La potencia S de la señal desempeña un papel dual en la transmisión de información. Primero, S está relacionada con la calidad de la transmisión. Al incrementarse S, la potencia de la señal, se reduce el efecto del ruido de canal, y la información se recibe con mayor exactitud, o con menos incertidumbre. Una mayor relación de señal a ruido (S/N, *Signal to Noise*) permite también la transmisión a través de una distancia mayor. En cualquier caso, una cierta S/N mínima es necesaria para la comunicación.

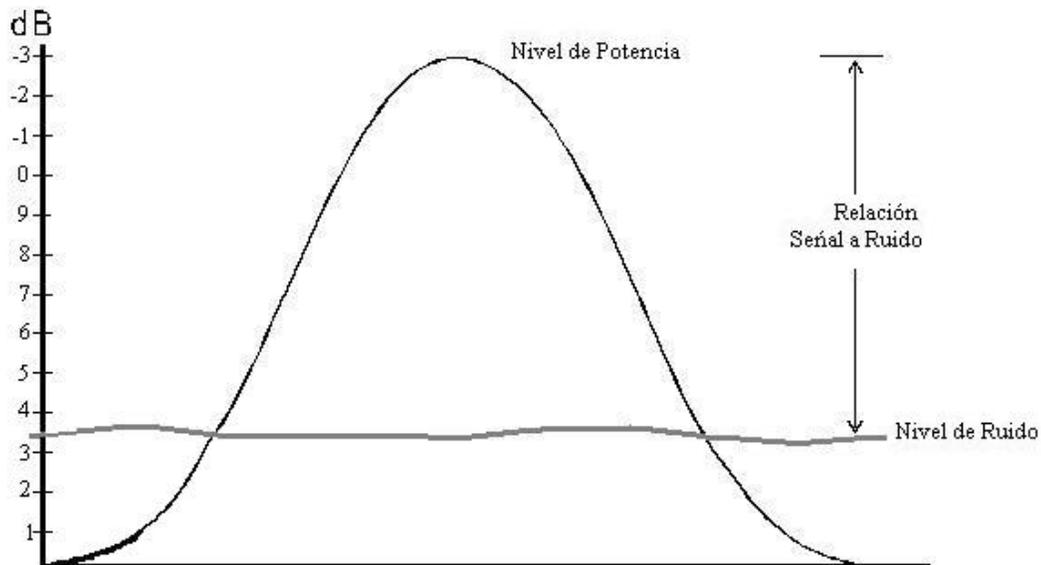


Figura 1.1 Relación señal a ruido (S/N)

1.8 Telefonía Móvil

1.8.1 Reseña Histórica de la Telefonía Móvil

En 1887 Heinrich Rudolph Hertz, un físico alemán, demostró que existían las ondas electromagnéticas y que éstas podrían ser usadas para mover información a muy grandes distancias (esto le valió que la unidad con las que son medidas las frecuencias del espectro lleve su apellido Hertz o Hz). La base teórica de las ondas electromagnéticas fue desarrollada mucho antes por el físico escocés James Clerk Maxwell en 1864. El primer uso de las ondas electromagnéticas fue la telegrafía inalámbrica. Este relevante acontecimiento sería el predecesor de la propagación electromagnética o transmisión de radio.

Utilizando estos conceptos, el italiano Guglielmo Marconi inventa la radio en 1901. La radio fue el primer medio masivo de comunicación inalámbrica y a poco más de 100 años de su invención, las comunicaciones móviles han demostrado ser una alternativa a las redes cableadas para ofrecer nuevos servicios que requieren gran ancho de banda, pero con otros beneficios como la movilidad y la ubicuidad, estar comunicado en cualquier lugar, en cualquier momento.

Conforme a las investigaciones y al avance de la tecnología, AT&T introdujo el primer servicio telefónico móvil en los Estados Unidos el 17 de junio de 1946 en San Luis, Missouri. El sistema operaba con 6 canales en la banda de 150 MHz con un espacio entre canales de 60 kHz y una antena que radiaba una gran potencia. Este sistema se utilizó para interconectar usuarios móviles (usualmente autos) con la red telefónica pública, permitiendo así, llamadas entre estaciones fijas y usuarios móviles. Un año después, el servicio telefónico móvil se ofreció en más de 25 ciudades de los EE.UU., a unos 44,000 usuarios en total, aunque por desgracia había 22,000 más en una lista de espera de cinco años. Estos sistemas telefónicos móviles se basaban en una transmisión de Frecuencia Modulada (FM). La mayoría de estos sistemas utilizaban un solo transmisor muy poderoso para proveer cobertura a más de 80 km desde la base. Los canales telefónicos móviles de FM evolucionaron a 120 kHz del espectro para transmitir la voz con un ancho de banda de 3 kHz, aún así se esperaban mejoras en la estabilidad del transmisor, en la figura de ruido y en el ancho de banda del receptor.

La demanda para el servicio de telefonía móvil creció rápidamente y permaneció por detrás de la capacidad disponible en muchas de las ciudades de gran tamaño. Es increíble que a pesar de la demanda hayan pasado más de 30 años para cubrir las necesidades de telefonía móvil. La capacidad del sistema era menor que el tráfico que tenía que soportar, por ello, la calidad del servicio era terrible, las probabilidades de bloqueo eran del 65% o más altas. La inutilidad del teléfono móvil disminuyó la frecuencia de su uso, ya que los usuarios encontraron que era mejor prevenir no hablando en horas pico. Los usuarios y las compañías telefónicas se dieron cuenta que un conjunto de canales no sería suficiente para desarrollar un servicio telefónico móvil útil. Se necesitarían grandes bloques del espectro para satisfacer la demanda en áreas urbanas.

En 1949, la FCC (Federal Communications Commission) dispuso más canales y la mitad se los dio a la compañía Bell System y la otra mitad a compañías independientes como la RCC (Radio Common Carriers), con la intención de crear la competencia y evitar los monopolios.

Fue a mediados de los 50's cuando se creó el primer equipo para viajar en auto de menor tamaño. Esto sucedió en Estocolmo, en las oficinas centrales de Ericsson, pero no fue sino 10 años después cuando los transistores redujeron su peso, tamaño y potencia para poder introducirlos al mercado.

En 1956, la Bell System comenzó a dar servicio en los 450 MHz, que era una nueva banda para tener una mayor capacidad. En 1958, la Richmond Radiotelephone Co. mejoró su sistema de marcado conectando rápidamente las llamadas de móvil a móvil. A mediados de los 60's el Sistema Bell introdujo el Servicio Telefónico Móvil Mejorado (IMTS por sus siglas en inglés) con características mejoradas como su nombre lo indica. Dichas mejoras en el diseño del transmisor y del receptor permitieron una reducción en el ancho de banda del canal de FM de 25-30 kHz.

A finales de los 60's y principios de los 70's el trabajo comenzó con los primeros sistemas de telefonía celular. Las frecuencias no eran reutilizadas en células adyacentes para evitar la interferencia en estos primeros sistemas celulares.

En enero de 1969 la Bell System aplicó por primera vez la reutilización de frecuencias en un servicio comercial para teléfonos públicos de la línea del tren de N.Y. a Washington, D.C. Para desarrollar este sistema se utilizaron 6 canales en la banda de 450 MHz en nueve zonas a lo largo de una ruta de 380 km.

Se debe reconocer que la primera generación de radio celular analógico no fue una nueva tecnología, pero sí una nueva idea, la de reorganizar la tecnología existente IMTS a gran escala. Mientras que las comunicaciones de voz utilizaron el mismo FM analógico que se había estado usando desde la Segunda Guerra Mundial, dos mejoras importantes hicieron el concepto celular realidad. A principios de los 70's se inventó el microprocesador; aunque los algoritmos complejos de control se implantaban en lógica con cables, el microprocesador hizo más fácil la vida de todos. La segunda mejora fue en el uso de un enlace de control digital entre el teléfono móvil y la estación base. No fue sino hasta marzo de 1977 cuando la FCC aprobó que Bell probara un sistema celular en Chicago.

En 1978, en EE.UU. comenzó a operar el Servicio Telefónico Móvil Avanzado (AMPS, *Advanced Mobile Phone Service*). En ese año, 10 células cubrían 355000 km² en el área de Chicago, operando en las nuevas frecuencias en la banda de 800 MHz. Esta red utilizaba circuitos integrados de gran escala (LSI, *Large Scale Integrated*), una computadora dedicada y un sistema de conmutación, lo que probó que los sistemas celulares podían funcionar.

Martin Cooper fue el pionero en esta tecnología, a él se le considera como "el padre de la telefonía celular" al introducir el primer radioteléfono en 1973 en los Estados Unidos

mientras trabajaba para Motorola; pero no fue hasta 1979 en que aparece el primer sistema comercial en Tokio Japón por la compañía NTT (Nippon Telegraph & Telephone Corp.)

El desarrollo de AMPS fue muy rápido, un sistema comenzó a operar en mayo de 1978 en Arabia Saudita, otro en Tokio en diciembre de 1979 y el primero en nuestro país en 1981. Entonces, surgió por parte de la FCC otro requisito de competencia. Un proveedor de servicio celular tenía que coexistir con la Bell System en el mismo mercado (Bandas A y B). Así, Ameritech entró en Chicago el 12 de octubre de 1983.

AT&T desarrolló un modelo junto con Motorola conocido como Dyna-TACS o TACS (*Total Access Communications System*), el cual se puso en marcha en Baltimore y en Washington D.C. por la compañía Celular One el 16 de diciembre de 1983.

Otro sistema que surgió fue el de AURORA-400 en Canadá en febrero de 1983, utilizando equipo de GTE y NovAtel. Este sistema llamado descentralizado operó en los 420 MHz y utilizaba 86 células, funcionando mejor en áreas rurales por su poca capacidad pero cobertura amplia. En Europa, el Sistema Nórdico de Telefonía Móvil (*Nordic Mobile Telephone System NMT450*) inició operaciones en Dinamarca, Suecia, Finlandia y Noruega en el intervalo de 450 MHz. En 1985 la Gran Bretaña empezó a usar TACS en la banda de 900 MHz. Más tarde, Alemania Occidental implementó C-Netz, los franceses Radiocom 2000, y los italianos RTMI/RTMS. Todos ellos ayudaron a que hubiera nueve sistemas incompatibles, a diferencia de los EE.UU. que no sufrían de este problema. Desde aquí se pensó en un plan para crear un sistema digital único para Europa.

Para ejemplificar el desarrollo del mercado, la industria celular creció de menos de 204,000 suscriptores en 1985 a 1, 600,000 en 1988 en EE.UU.

A finales de los 80's el interés emergió hacia los sistemas celulares de tipo digital, donde tanto la voz y el control fueran digitales. El uso de tecnología digital para reproducción de discos compactos popularizó la calidad del audio digital. La idea de eliminar el ruido y proveer el habla clara hasta los límites de cada área de servicio fueron atractivos para los ingenieros y usuarios comunes.

En 1990, el sistema celular en EE.UU. agregó una nueva característica, el tráfico de la voz se convirtió en digital. Esto triplicó la capacidad con el muestreo, digitalización y multicanalización de las conversaciones. Para 1991, el servicio celular digital comenzó a emerger reduciendo el costo de las comunicaciones inalámbricas y mejorando la capacidad de manejar llamadas de los sistemas celulares analógicos.

En 1989 surge GSM (*Global System for Mobile Communications*) primero conocido como Grupo Especial Móvil y luego como Sistema Global para Comunicaciones Móviles. Lo más destacado de él es que unifica los sistemas europeos. Desde 1993 los sistemas se estaban desbordando de usuarios en EE.UU., estos crecieron de medio millón en 1989 a más de trece millones en 1993. En 1994, Qualcomm, Inc. propuso un escenario de espectro disperso para incrementar la capacidad. Con base en los conocimientos anteriores, el Acceso Múltiple por División de Código (*CDMA, Code Division Multiple Access*), sería en todos sus elementos digital, además de que prometía de 10 a 20 veces mayor capacidad. En

estos días más de la mitad de los teléfonos en el mundo operaban de acuerdo a los estándares de AMPS, y en su inicio más humilde nadie pensó que sería el que conviviría con TDMA o CDMA para obtener sistemas duales con tecnología analógica y digital.

El 14 de enero de 1997, la FCC abrió un nuevo grupo de frecuencias inalámbricas que permitiría el desarrollo de las tecnologías como CDMA: la banda de 1900 MHz. El PCS 1900 es la contraparte en frecuencia de GSM.

1.9 Telefonía Celular en México

Los sistemas celulares trabajan en la banda de los 800 MHz, específicamente de los 825 a los 845 MHz y de los 870 a los 890 MHz, de acuerdo con la norma NOM-081-SCT1-1993 de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, emitida en nuestro país.

En las figuras 1.2 y 1.3 se observa la distribución de las frecuencias de las bandas A y B para usos de telefonía celular. Cada banda dispone de 333 canales para diversos usuarios. El ancho de banda de cada canal telefónico es de 30 kHz.

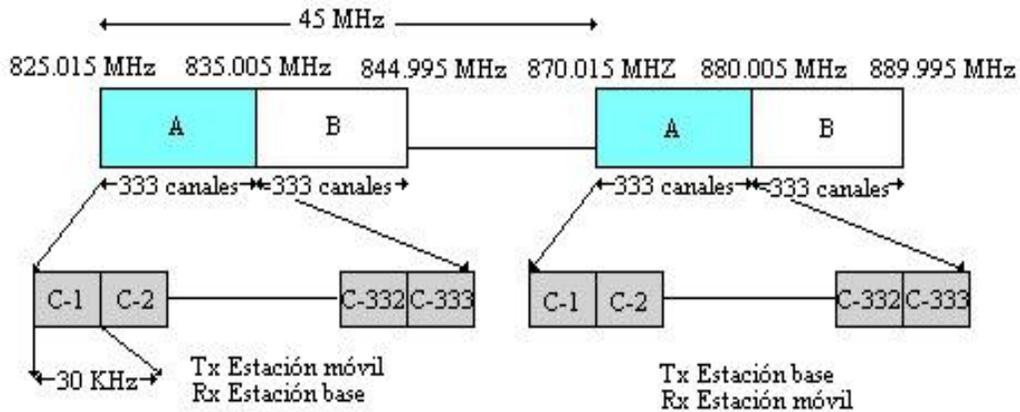


Figura 1.2 Distribución de frecuencias de la banda A

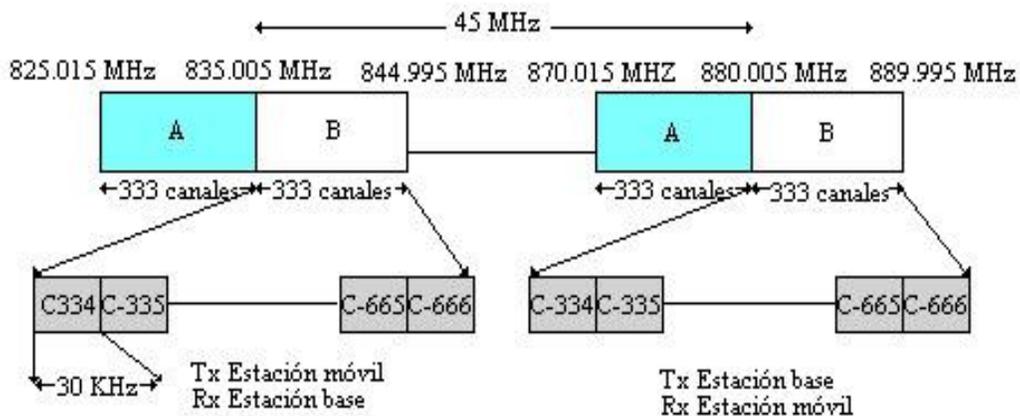


Figura 1.3 Distribución de frecuencias de la banda B

La banda celular A comienza a los 825.015 MHz para el canal 1, el cual transmite de la estación móvil a la estación base, mientras que la transmisión inversa se efectúa en forma simultánea a partir de los 870.015 MHz, es decir a una separación de 45 MHz. Cada canal

tiene un ancho de banda de 30 kHz, por lo que el canal 333 de esta banda termina a los 835.005 MHz. Mientras que la banda celular B comienza a los 835.005 MHz, esta frecuencia es el punto interior del canal 334, es decir, el canal 1 de la banda B, al igual que en la banda A, y corresponde al primer canal de transmisión de la banda B de la estación móvil a la recepción de la banda base, mientras que el primer canal de transmisión de la banda base corresponde a 880.005 MHz, también a una separación de 45 MHz, terminando el último canal de esta banda, el 666, en los 899.995 MHz.

La ITU (Internacional Telecommunications Union) ha dividido al mundo en tres regiones dentro de las cuales toda América cae en la Región 2. En nuestro país las regiones celulares se encuentran concesionadas por la Comisión Federal de Telecomunicaciones (COFETEL) en las bandas A y B.

1.9.1 Regiones Celulares del País

Las regiones celulares, como se muestra en la figura 1.4, son áreas de circunscripción en las cuales se dividió al país para tener un mejor control sobre el uso de la telefonía celular concesionadas a las siguientes compañías:

Concesionarios de radiotelefonía móvil con tecnología celular en la Banda A

- Telefónica Móviles, S.A. de C.V. (Región 1 a 4).
- Comunicaciones Celulares de Occidente, S.A. de C.V. IUSACELL (Región 5).
- Sistemas Telefónicos Portátiles Celulares, S.A. de C.V. IUSACELL (Región 6).
- Telecomunicaciones del Golfo, S.A. de C.V. IUSACELL (Región 7).
- Portatel del Sureste, S.A. de C.V. IUSACELL (Región 8).
- SOS Telecomunicaciones, S.A. de C.V. IUSACELL (Región 9).

Concesionarios de radiotelefonía móvil con tecnología celular en la banda B

- Radio Móvil Dipsa, S.A. de C.V. TELCEL (Región 1 a 9).

Concesionarios de Telefonía Móvil PCS (1900 MHz)

- Telefónica MoviStar S.A. de C.V (Región 1 a 9).
- Radiomóvil Dipsa S.A de C.V. (Región 1 a 9).
- Iusacell PCS, S.A de C.V. (Región 1 y 4).
- Servicio de Acceso Inalámbrico, S.A de C.V (Región 8).
- Operadora Unefón S.A. de C.V. (Región 1 a 9).

A continuación se muestra la distribución de las regiones en el país:



Fig. 1.4 Regiones celulares

Es importante mencionar que las compañías telefónicas celulares no cubren todo el territorio nacional, solamente se enfocan a las regiones pobladas, autopistas y carreteras, lugares en los cuales el usuario puede comunicarse en cualquier instante. En las regiones turísticas marinas, las compañías ofrecen una región de cobertura marítima, a unos cuantos kilómetros de distancia de la costa.

La telefonía celular en México es un mercado atractivo, debido al gran incremento en la demanda. La Comisión Federal de Telecomunicaciones (COFETEL) estimó que para el 2001 hubo aproximadamente 19 millones de abonados y que la cifra se elevará a 30 millones para el 2004. No es extraño, por eso, que los jugadores tradicionales de la telefonía móvil mexicana (Telcel, Iusacell, y Unefón) estén enfrentando la llegada de competidores extranjeros de alto vuelo: el grupo español Telefónica y el inglés Vodafone. Ante esto, las estrategias cambian y se anuncian posibles alianzas y compras cruciales para cada uno de los participantes.

En el 2001 se cerraron dos grandes operaciones: en abril el grupo Vodafone compró 34,5% de las acciones del Grupo Peralta (Iusacell). En julio, Telefónica Móviles adquirió cuatro operadoras del norte del país que pertenecían a Motorola: Bajacel, Movitel, Norcel y Cedetel.

De 1999 al 2000, el número de miles de usuarios se incrementó en 89%, como lo muestra la figura 1.5, gracias a los sistemas de prepago, la reducción en términos reales de las tarifas, la aceptación positiva de los usuarios y la modalidad conocida como "el que llama paga".

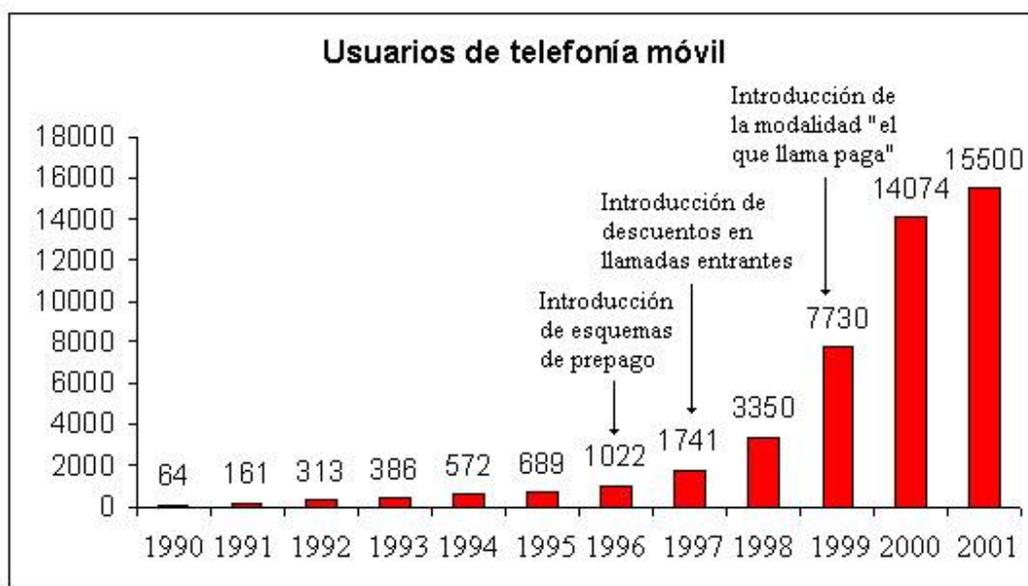


Figura 1.5 Gráfico de miles de usuarios en México de 1990 a 2001

Si bien ambos esquemas incrementaron la base de usuarios, no sucedió lo mismo con la calidad del servicio. Tantos fueron los problemas que en 1999 las autoridades exigieron a los operadores que encontrarán las causas de la baja calidad del servicio. La conclusión: las redes eran insuficientes para el número de usuarios; las células estaban saturadas debido a

la dificultad para instalar radio bases, además de que surgieron problemas relacionados con el sistema de señalización de la interconexión, por mencionar algunos.

El modelo de prepago tiene gran fuerza en naciones como México, donde gran parte de la población es de escasos recursos. De los clientes de Telefonía Móvil en América Latina el 62 % usan el sistema de prepago.

El mundo celular se mide mediante el ingreso promedio por usuario (ARPU, por sus siglas en inglés). Mientras que en México el ARPU promedio de Telcel es de quince dólares en prepago, en Estados Unidos va de 50 a 55 dólares. Con un ARPU más alto y un volumen de usuarios mayor, el costo por minuto de una llamada puede ser menor.

El diez por ciento de los mexicanos opta por el pospago. Hay que tomar en cuenta que se trata de un público acostumbrado a las privaciones y los problemas, que finalmente tiene acceso a este tipo de comunicación gracias a un esquema de prepago. El prepago, es el modelo para países con una distribución de ingresos desbalanceada.

El servicio se convierte en un tema controvertido, sobre todo en un mercado en el que un solo jugador acapara 75% de los clientes (TELCEL). Pero controvertido o no se tendrá que hacer entrar en razón a los empresarios para que brinden la misma calidad del servicio que en un país de primer mundo.

1.9.2 Mercado Futuro en México

Sería difícil imaginar una situación peor: despidos en masa, asombrosas depreciaciones de activos y escandalosos acuerdos de financiamiento desgarran literalmente a algunos favoritos del negocio global de los equipos de telecomunicaciones. Ericsson, líder de la telefonía inalámbrica, vio bajar las ventas en América Latina el 50% en el tercer trimestre del año 2002. Lucent sufre una reestructuración multimillonaria, a pesar de haber alertado que habría una declinación trimestral del 35% en los ingresos mundiales. Incluso Cisco, el gigante del hardware, líder del sector, tuvo una baja del 38% en el primer trimestre fiscal de 2002.

Si se agrega la súbita desaceleración económica mundial y los mercados de capital a la baja, el resultado es una pesadilla. Sin embargo, los proveedores de equipo de telecomunicaciones en América Latina no saben de dónde sale tanta negatividad.

Los mercados más activos serán los de tecnologías basadas en Protocolo de Internet (IP) y telefonía empresarial en Internet con economía de costo.

Las empresas de comunicación satelital y de cable submarino, como Telefónica, han hecho cuantiosas inversiones para crear una enorme capacidad de banda ancha. Pero hay que llevar esa capacidad de la costa a la ciudad, y ahí es donde la mayoría de los suministradores de equipos se concentran: en el mercado de los servicios, donde una combinación de hardware, software y experiencia en asesoría puede ayudar a crear una envidiable cuenta de resultados en momentos en que las grandes empresas tradicionales en toda América Latina se preparan para una batalla de negocios a escala mundial.

A pesar de los lazos de México con la abrumada economía norteamericana, el crecimiento del sector telefónico es un hecho, la telefonía celular en México aumentará de 22 millones de líneas a fines de 2001 a 39 millones en 2006. Las líneas fijas deben aumentar de 13.5 millones a unos 25 millones. Eso significa prácticamente que el mercado en México se duplicará.

CAPÍTULO 2 TELEFONÍA CELULAR Y PCS

2.1 Telefonía Celular

El término celular se debe a que la cobertura radioeléctrica de una zona geográfica completa se realiza cubriendo pequeñas regiones llamadas células. Esto es lo que permite que millones de personas compren teléfonos celulares sin tener problemas.

En cada una de estas células existe una Estación Base (BSR, *Base Station Radio*) que controla el tráfico de los teléfonos móviles que se desplazan en la zona correspondiente. A su vez estas estaciones están enlazadas con el Centro de Conmutación de Servicios Móviles (MSC, *Mobile Switching Center*) y éste a su vez está conectado a la Red Telefónica Pública (PSTN, *Public Switched Telecommunications Network*). El Centro de Conmutación de Servicios Móviles a su vez se divide en un conmutador telefónico (PABX, *Private Automatic Branch Exchange*) y en el Subsistema de Telefonía Móvil (MTS, *Mobile Telephony Subsystem*). La figura 2.1 muestra en forma gráfica la explicación anterior.

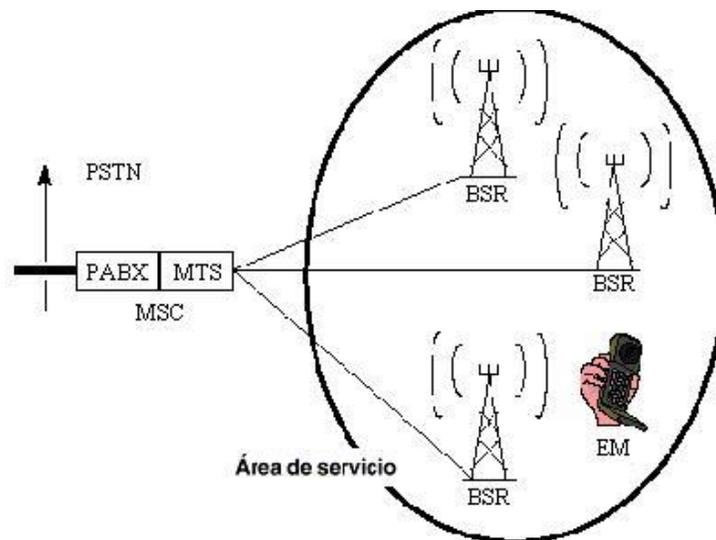


Figura 2.1 Red celular básica

Dependiendo del tipo de antena de transmisión empleada en la estación base, se puede cubrir una o más áreas por una estación base. Existen dos tipos de células: omnidireccionales y sectoriales.

2.2 Tipos de Células

2.2.1 Célula Omnidireccional

Ésta se produce cuando la estación base está equipada con una antena omnidireccional transmitiendo de igual manera en todas direcciones y se forma un área circular, con la

estación base en el centro de la célula. Una estación móvil dentro de esta área tendrá normalmente una buena conexión con la estación base. Para representar una célula, como muestra la figura 2.2 usualmente se utiliza un hexágono en forma teórica, pero en realidad el área de cobertura es amorfa por la orografía.

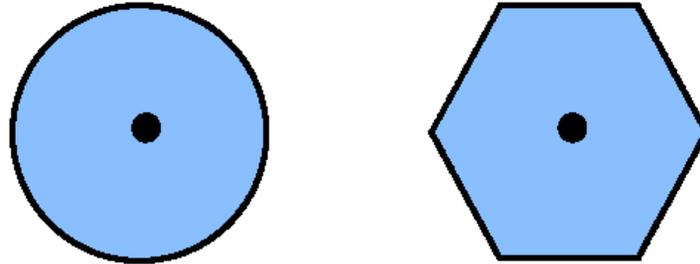


Figura 2.2 Representación ideal y teórica de la célula omnidireccional

2.2.2 Célula Sectorial

Para formar este tipo de célula la estación base está equipada con tres antenas direccionales, cada una cubriendo una célula sectorial de 120° . En cada una de las estaciones base, algunas unidades de canal están conectadas a una antena cubriendo una célula sectorial; otras unidades de canal están conectadas a la segunda antena que se encarga de una segunda célula, y el resto a una antena para tener una tercer célula. Por lo tanto, una estación base controla a tres células sectoriales. Cuando se muestran tres células sectoriales como en la figura 2.3, se dibujan tres hexágonos, uno para cada célula, con la estación base localizada en la esquina de cada hexágono. Para que se lleve a cabo la cobertura total, las células vecinas deben traslaparse entre sí.

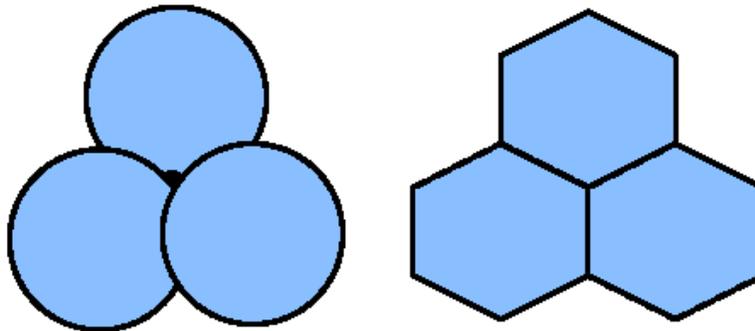


Figura 2.3 Representación ideal y teórica de las células sectoriales

En consecuencia, para la planificación, se estudian coberturas de tipo poligonal, que recubran el plano sin traslape. Hay tres polígonos regulares que cumplen esa condición: el triángulo, el cuadrado y el hexágono. Suponiendo que se coloca la estación base en el baricentro del polígono y que el radio de cobertura R es la distancia del baricentro a un vértice, las superficies de los polígonos son:

- Triángulo: $S = 3\sqrt{3}R^2 / 4$
- Cuadrado: $S = 2R^2$
- Hexágono: $S = 3\sqrt{3}R^2 / 2$

A partir de las expresiones anteriores se encuentra que para un radio de cobertura fijo R , que es un parámetro del sistema, el hexágono es el polígono regular que proporciona la mayor superficie de célula por lo que, utilizando hexágonos, será mínimo el número de células necesario para la cobertura de un área determinada. Por este motivo, los estudios teóricos y de planificación de los sistemas celulares se basan en células de forma hexagonal.

La geometría celular proporciona las ubicaciones de estaciones base y los datos necesarios para los cálculos de interferencias, tamaño de la agrupación y distancia de reutilización.

2.3 Tamaños de Células

El tamaño de la célula depende del tráfico que sean capaces de manejar por lo que se clasifican en: picocélulas, microcélulas, minicélulas y macrocélulas.

2.3.1 Picocélulas

Son pequeñas células con un radio típico inferior a 50 m que se encuentran normalmente cubriendo el interior de edificios (aeropuertos, centros comerciales, bancos, etc.). Las picocélulas se caracterizan por una densidad de tráfico de media a alta, soportan velocidades de estaciones móviles bajas y se dedican a servicios de banda ancha.

2.3.2 Microcélulas

Son células con ubicaciones de antena baja, generalmente en zonas urbanas, con un radio de célula típico de hasta 1 km. Las microcélulas se caracterizan por una densidad de tráfico de media a alta, soportan velocidades de estaciones móviles bajas y se dedican a servicios de banda estrecha. En un entorno de microcélulas puede ser muy significativo el bloqueado producido por estructuras artificiales.

2.3.3 Minicélulas

Son células con cobertura entre 0.7 – 1.5 km. Se usan para satisfacer las necesidades de medios urbanos importantes.

2.3.4 Macrocélulas

Son células con un radio de gran tamaño, normalmente varias decenas de kilómetros (radio de 35 km). El radio de una célula puede ampliarse utilizando antenas directivas. Las macrocélulas se caracterizan por una densidad de tráfico baja a media, soportan velocidades de estaciones móviles moderadas y se dedican a servicios de banda estrecha. Una macrocélula típica puede encontrarse ubicada en entornos rurales o suburbanos, con un

ligero bloqueo por las edificaciones y, dependiendo del terreno, un bloqueo importante debido a la vegetación.

2.4 Cluster

El cluster se define como un conjunto de células (ver figura 2.4). Entre todas, agrupan prácticamente la totalidad de las frecuencias disponibles por la red celular. Sumando varios racimos es como se alcanza la cobertura final del sistema celular, reutilizándose de esta manera las mismas frecuencias en todos los racimos.

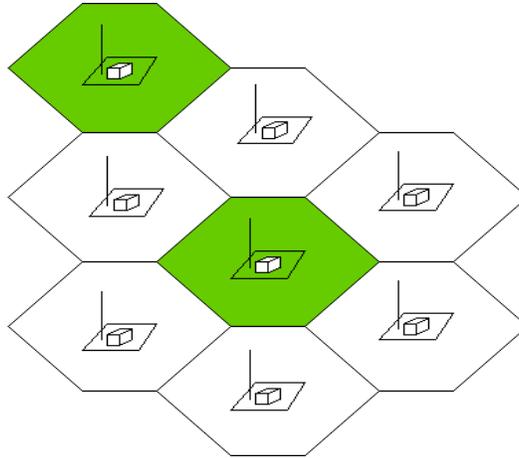


Figura 2.4 Representación gráfica del cluster

2.5 División Celular

En la fase inicial de establecimiento de un sistema celular, como hay poca demanda de tráfico, interesa que predomine la cobertura, por lo que se establecen pocas células de gran tamaño. Al ser las células grandes, el número necesario para cubrir una zona determinada no supera, normalmente, el tamaño de una agrupación, por lo que no se plantean problemas de interferencia. La calidad de la transmisión depende únicamente del ruido. En esta fase es importante determinar el radio celular, que será el máximo del sistema, ya que supone un compromiso entre el costo y la calidad de la transmisión.

Para el valor típico de la relación portadora/ruido de 18 dB en el 90% de las ubicaciones y con las potencias normales de equipos, el radio celular máximo suele ser de unos 15 km.

A medida que el sistema evoluciona, empiezan a prevalecer las necesidades de capacidad y en algunas células, sobre todo en las situadas en núcleos urbanos, se alcanza pronto una saturación de tráfico, en la que la probabilidad de bloqueo comienza a crecer. Entonces hay que dotar a estas células de más canales y/o efectuar la subdivisión de una célula grande en otras de tamaño más reducido. En las nuevas células el tráfico ofrecido es menor, por lo que manteniendo los recursos de canales se reduce también la probabilidad de bloqueo.

En efecto, consideraremos una célula, de área S_c , que dispone de K canales. Si la probabilidad de bloqueo es p y la densidad de tráfico ρ (Erlang/km²) se tiene la expresión (2.1).

$$p = B(\rho * S_c, K) \text{-----} (2.1)$$

Donde B es la fórmula de Erlang. Si K permanece fijo, todo incremento de ρ se traduce en un aumento de p lo que supone una degradación de la calidad. Entonces, si no es posible aumentar K , hay que compensar el crecimiento de la densidad de tráfico con una disminución de S_c , mediante la subdivisión celular. Con ello se ajusta la red al incremento del tráfico sin que aumente la necesidad de frecuencias. La división celular, junto con la reutilización de frecuencias, permite que las redes celulares se adapten al crecimiento de la demanda y presten servicio a un gran número de usuarios utilizando un ancho de banda espectral relativamente pequeño.

La sectorización de una célula omnidireccional, es una forma de subdivisión y suele ser la primera que se realiza. Ulteriormente, en la planificación teórica, cada fase de división celular se realiza por mitades y tiene las siguientes consecuencias:

- Reduce a la mitad el radio de la célula, con lo que su área se divide por cuatro.
- Multiplica por cuatro, aproximadamente, el número de células necesarias para la cobertura de la zona donde se aplica.
- Aumenta la capacidad de tráfico un factor de cuatro.
- Requiere una mayor precisión en las ubicaciones de las estaciones base.
- Aumenta la probabilidad de tránsito entre células durante una comunicación.
- Genera un mayor volumen de tráfico de señalización y de proceso de datos en el sistema de control de la red móvil.
- Aumenta los costos al ser necesarias más estaciones base.

Como ejemplo se describe en la figura 2.5 el proceso para una red de 7 células por agrupación.

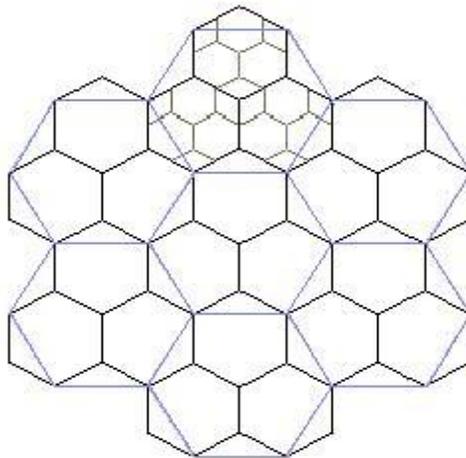


Figura 2.5 Red de 7 células por agrupación

- Se comienza con 7 células grandes omnidireccionales; de 500 km² de superficie y un radio aproximado de 14 km.
- En la primera fase se procede a la sectorización, estableciendo tres células por emplazamiento original con antenas directivas. Ello conduce a un modelo celular 7/21.
- En la segunda fase se efectúa una subdivisión celular por mitades desde el modelo 7/21 anterior para llegar a otro modelo 7/21 con un número de ubicaciones cuatro veces mayor y células de la cuarta parte del área. Se siguen aprovechando los emplazamientos antiguos y se establecen otros nuevos, como se ve en la figura 2.5.

Veamos como aumenta la capacidad con la subdivisión en el ejemplo anterior, suponiendo que se dispone de 294 radiocanales de tráfico, que el tráfico por abonado es 25 mE y la probabilidad de bloqueo del 1%.

Inicialmente, el número de canales por célula es $294/7=42$ y el tráfico es $A = B^{-1}(42;0.01) = 30.77$ Erlang (B^{-1} es la función Erlang B^{-1}). Se calculan también la densidad de tráfico $\rho = A/S_c$ (S_c área de la célula), el número de abonados por km²; es igual a $\rho/0.025$ y el número total de abonados que es igual a la cifra anterior multiplicada por el área de cobertura que se supone igual a 3,500 km², es decir, la correspondiente a las 7 células omnidireccionales iniciales. En la tabla 2.1 se resumen los resultados.

Etapa	Radio celular (km)	Número de células	Área celular	Canales/Célula	Tráfico/Célula	Densidad tráfico ρ (E/km ²)	Número total de abonados
1	14	7	500	42	30.77	0.06	8.615
2	8	21	166	14	7.35	0.04	6.174
3	4	84	41.6	14	7.35	0.17	24.696
4	2	336	10.4	14	7.35	0.70	98.784

Tabla 2.1 Resumen de resultados

Se observa que, inicialmente, hay una disminución de capacidad al reducirse el número de canales por célula ya que en la etapa 2 todavía no hay reutilización. Sin embargo, en las etapas 3 y 4, con subdivisión y reutilización el crecimiento de la capacidad es notable. Se supone que en estas etapas la reutilización es total, usándose plenamente las 16 agrupaciones celulares que resultan de la subdivisión.

Para realizar la subdivisión se parte de una célula de referencia que permanece fija y en torno a ella se establecen las ubicaciones de las nuevas células como se muestra en la figura 2.6.

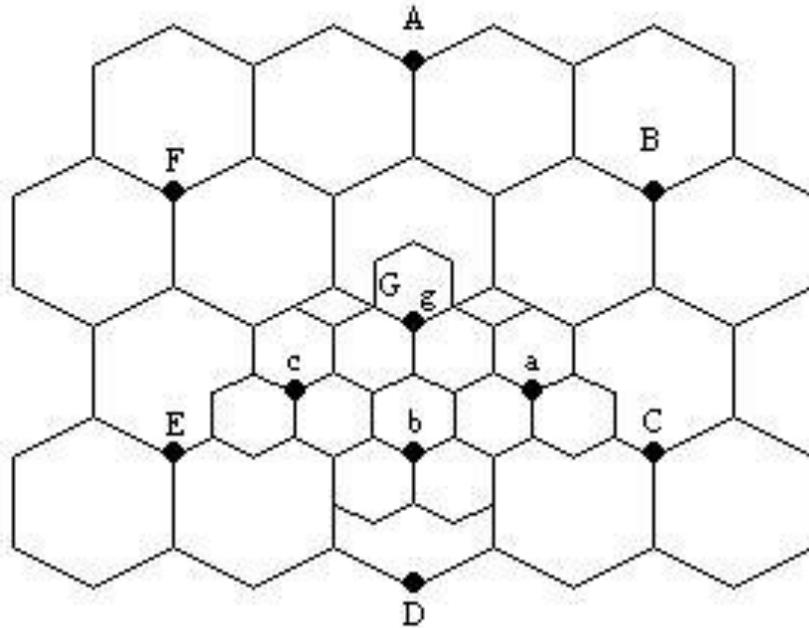


Figura 2.6 Subdivisión celular

Si designamos con letras mayúsculas y minúsculas, respectivamente a las células grandes y pequeñas, como se observa en la figura 2.6, la ubicación de la célula n se obtiene girando 120° en sentido horario el vector dirigido a la antigua célula N y reduciendo su amplitud a la mitad. Por ejemplo, desde A se pasa a a , de B a b , etc. Los radios celulares son la mitad de los anteriores. Se observa también que los nuevos emplazamientos de las células pequeñas están situados en los puntos medios de la línea que une dos ubicaciones de las células grandes. Así el punto a está a la mitad de la distancia que une los puntos G y C .

Al subdividir parte de la retícula inicial aparecen dos mosaicos: uno pequeño formado por las nuevas células y otro grande constituido por las antiguas. Dentro de cada mosaico homogéneo se cumplen las relaciones de protección ya que se mantiene la distancia cocanal. Sin embargo, en las fronteras pueden plantearse problemas. Por ejemplo, la célula b es de potencia pequeña por ser de tamaño reducido pero la homóloga B que pertenece a la malla grande tendrá más potencia. Entonces puede producir una interferencia excesiva sobre la célula b por lo que posiblemente ambas células no podrán emplear las mismas frecuencias.

La evolución hacia células más pequeñas es gradual, aplicándose el concepto de recubrimiento, que consiste en ir añadiendo células dentro de la zona de servicio requerida. Estas células de traslape pueden irse introduciendo una a una como se requiera y la densidad de usuarios lo haga rentable. En consecuencia, la división celular no suele ser homogénea, como tampoco lo es la densidad de tráfico. En el caso de una amplia cobertura territorial que comprenda un núcleo urbano, en el centro de éste la densidad de tráfico será máxima e irá decreciendo hacia las afueras, por lo que la pauta de tamaños de células seguirá una tendencia similar a la mostrada en la figura 2.7.

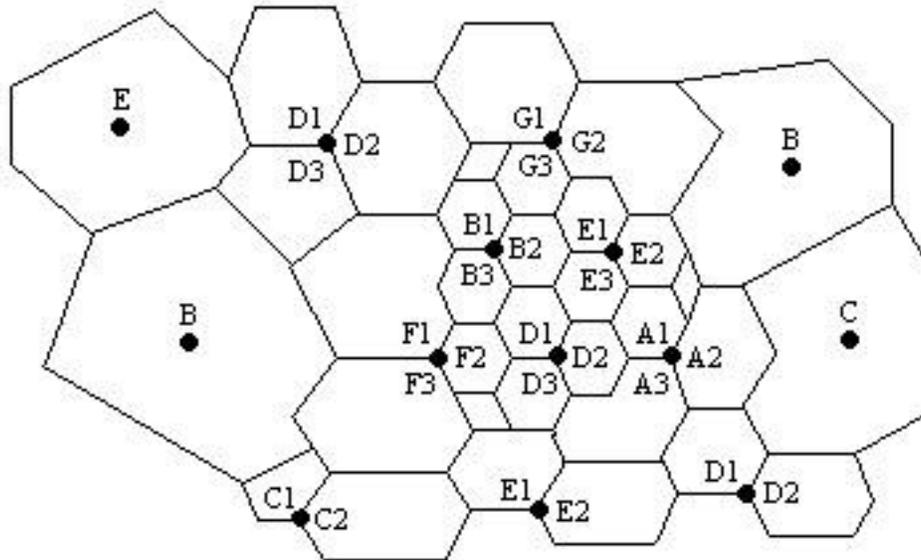


Figura 2.7 Tendencia de tamaño de células

En esta red hay 12 células de tamaño pequeño en lo que sería el centro de la ciudad a la que dan servicio las estaciones B1-B2-B3; D1-D2-D3; E1-E2- E3; A1; F2; y G3. En la periferia inmediata (zona suburbana) hay células de tamaño doble atendidas por A2-A3; E1; F1-F3; D2 y G1-G2. En zona suburbana más alejada hay células similares servidas por E1-E2; D1-D2; C1-C2; y D1-D2-D3. Todas estas células están sectorizadas. Por último en una zona rural, más alejada, se utilizan células omnidireccionales grandes: B, C, E.

El radio mínimo de la célula al que se llega tras las múltiples divisiones celulares tiene influencia decisiva sobre la capacidad final. Indirectamente permite extender la cobertura en entornos adicionales, como el interior de edificios. Esto es así debido a que la atenuación compensable del enlace es mayor que la atenuación en el exterior para una distancia igual al radio mínimo. La diferencia de atenuación proporciona un margen para compensar la pérdida debida a la penetración de la señal al interior.

Teóricamente el radio mínimo puede hacerse tan pequeño como se quiera con el aumento consiguiente de la densidad de tráfico. Sin embargo, para radios pequeños aumenta el número de estaciones, el costo y la carga de señalización y procesado, por lo que surge el problema de la rapidez del traspaso. En efecto, si el algoritmo de traspaso no es lo suficientemente rápido puede ocurrir que un vehículo atraviese la célula a la que debía conectarse su llamada antes de que termine el proceso de conexión, con lo cual la llamada se perderá.

2.6 Handover

Con este término se denomina al proceso de pasar una comunicación de un mismo móvil de un canal a otro. Es lo que diferencia a un sistema celular de otro tipo de sistemas de radiocomunicaciones de concentración de enlaces. En función de la relación entre los

canales origen y destino de la comunicación, los handover pueden clasificarse en base al Controlador de la Estación Base (BSC, *Base Station Controller*) en (ver figura 2.8):

- Handover intercelular: si el canal destino se encuentra sobre otra frecuencia distinta a la del origen, pero en la misma célula.
- Handover interBSC: cuando hay cambio de célula pero ambas células se encuentran dentro del mismo sistema controlador de estaciones base.
- Handover interMSC: cuando hay cambio de célula y de controlador de estaciones base (BSC), pero ambos BSC dependen de la misma central de conmutación móvil (MSC).
- Handover entre MSCs: cuando hay cambio de célula y ambas células dependen de MSCs distintas.

Existen tres motivos por los que se puede producir un handover:

- El primero y más visible es la necesidad de que la conversación se lleve a través de otra célula dado que, por el movimiento del móvil, es necesario para continuar dicha comunicación.
- El segundo caso viene referido a la necesidad de mejorar substancialmente el comportamiento de la red, disminuyendo el nivel de interferencia en la misma, al proporcionar al móvil acceso a una célula a través de la cual la comunicación se puede producir con menor nivel de señal, sin que esto implique que haya perdido cobertura de la primera célula.
- Por último, aunque es algo más complejo, aquel handover que se produce para mejorar las condiciones de tráfico de una célula permitiendo el handover de móviles en servicio bajo esta célula hacia células vecinas.

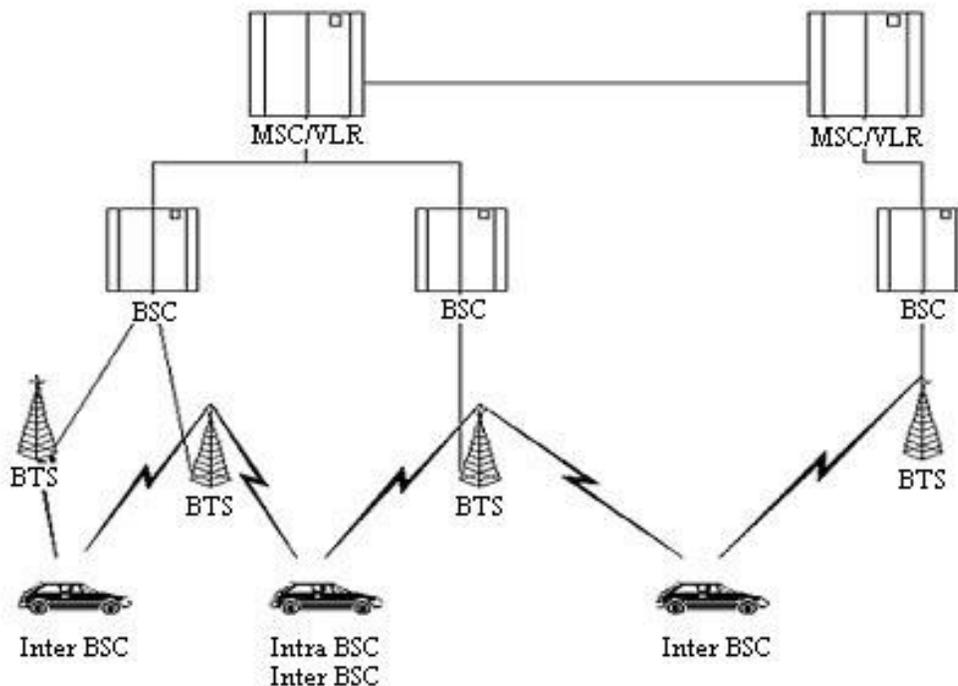


Figura 2.8 Tipos de handover

2.7 Reutilización de Frecuencias

Una de las principales características de los sistemas celulares es la reutilización de frecuencias, que consiste en comunicar al teléfono celular con la estación base por medio de un canal telefónico con alguna frecuencia disponible en ese momento. El teléfono celular no tiene una frecuencia fija de enlace. Esta técnica permite hacer un uso eficiente del espectro electromagnético disponible, así como atender a más usuarios en un número determinado de canales de radio. Esta reutilización de frecuencias es posible utilizando canales de la misma frecuencia en varias células que no sean adyacentes, esto debido a que las estaciones base utilizan transmisores de baja potencia, evitando así alguna interferencia.

2.8 Canales de Radio

El canal de radio es una trayectoria bidireccional de transmisión entre la estación móvil y la estación base. Un canal usa frecuencias separadas, una para la transmisión de la estación móvil y una para la transmisión de la estación base. Cada canal es llamado dúplex. La distancia entre esas dos frecuencias, una distancia dúplex, es siempre la misma y es de 45 MHz.

La estación móvil tiene solamente un transreceptor el cual es sintonizado a un canal de radio en un tiempo. Sin embargo, puede cambiar automáticamente (al variar de frecuencia) y sintonizarse a cualquiera de los canales de radio especificados en el sistema. Todos los canales de radio en la misma célula trabajan a diferentes frecuencias. También las células vecinas usan otras frecuencias. Esto es porque podría ocurrir interferencia debido a que las células vecinas se traslapan. Sin embargo, se emplean los mismos canales de radio en células suficientemente separadas unas de otras geográficamente y permiten la instalación de una alta capacidad de tráfico por unidad de área.

Existen dos tipos de canales:

- Canales de voz (VC)
- Canales de control (CC).

Un canal de voz (VC) será seleccionado y será tomado por la MSC, durante el procedimiento de establecimiento de una llamada. El canal seleccionado llevará la conversación. Cuando la conversación finalice, el canal estará libre para la próxima conversación. Esto se administra por la MSC la cual guarda una lista (en datos) de todos los canales y de sus estados (libre, ocupado, bloqueado, etc). Existen de 5 a 30 canales de voz por célula.

Normalmente solo existe un solo canal de control (CC) por célula. Así, una estación base sirviendo a una célula omnidireccional está equipada con una unidad de canal de control, y una estación base sirviendo a tres células sectoriales se equipa con tres unidades respectivamente. Y este canal es usado únicamente para datos.

2.8.1 Canales Comunes

Los móviles tienen acceso a los canales comunes tanto por el modo ocioso como por el modo dedicado. Los canales comunes son usados por los móviles en el modo ocioso para intercambiar la información de señalización requerida para cambiar al modo dedicado. Los móviles en el modo dedicado monitorean las estaciones base a su alrededor para un handover y/o para otro tipo de información. Los canales comunes están definidos dentro de la trama 51 de la multitrama, por lo que los móviles dedicados usan la trama 26 de la misma.

El modo dedicado significa un móvil en uso o mejor dicho dedicado al servicio. Canales comunes o de control son términos sinónimos.

2.9 Elementos Básicos de la Red Celular

2.9.1 Estación Móvil

Al equipo del abonado se le llama estación móvil (EM). Las estaciones móviles son construidas por un gran número de fabricantes independientes al sistema. Esto es por lo que el diseño de las estaciones móviles puede variar.

Las estaciones móviles pueden ser:

- Instalada en un auto.
- Transportable. Es decir, pueden ser llevadas en la mano, a menudo un teléfono que puede ser usado como una unidad móvil instalada en un carro, pero también puede ser fácilmente removida para ser llevada por ejemplo, en una nave marítima o simplemente en la mano cuando se necesite.
- Portátil. Una pequeña unidad portable con baja potencia de salida.
- Fijo, doméstico. Se alimenta a 117 V. Son utilizados como teléfonos públicos en trenes, embarcaciones, casetas de carreteras, etc.

Se emplean niveles bajos de potencia en estaciones móviles, comparados con la estación base, gracias a los avanzados sistemas receptores en estas últimas.

La potencia máxima de salida es de alrededor de 3 W para la estación móvil instalada en el carro y alrededor de 1 W para el teléfono portátil. La estación móvil en el acceso a la MSC, envía su marca de clase de estación (SCM, *Station Class Mark*), la cual indica sus capacidades (Call type), máxima potencia de salida disponible, etc. Todas las estaciones son informadas a través del canal de control de los parámetros del sistema y acerca del nivel de potencia inicial que deben usar. En células pequeñas la potencia debe ser menor que en células mayores. Esto es muy importante para la reutilización de frecuencias, porque dos células usando la misma frecuencia en una configuración de célula pequeña, están muy cerca una de la otra y puede originarse fácilmente la interferencia de canales.

Durante una llamada en progreso, mediante la “Supervisión de la llamada”, la estación móvil puede ser requerida por la MSC a través de la estación base para bajar o subir la

potencia, esto porque la estación móvil, puede estar, en algún momento, lejos de la estación base que cubre la conversación, y en otro momento puede estar muy cerca de la misma. Por estas razones, la estación móvil puede atenuar automáticamente (en orden) su nivel de potencia máxima en 8 pasos para un sistema analógico y hasta 16 pasos para un sistema digital, de los cuales se encuentran disponibles 11 de acuerdo a la tabla 2.2.

Nivel de potencia de la estación móvil (PL)	Código de atenuación del móvil (CMAC)	Clase de Potencia Nominal (ERP en dBw) para la estación móvil (dBw + 30 = dBm)			
		I	II	III	IV
0	0000	6	2	-2	-2
1	0001	2	2	-2	-2
2	0010	-2	-2	-2	-2
3	0011	-6	-6	-6	-6
4	0100	-10	-10	-10	-10
5	0101	-14	-14	-14	-14
6	0110	-18	-18	-18	-18
7	0111	-22	-22	-22	-22
Únicamente Modo Dual					
8	1000	-22	-22	-22	-26+3dB
9	1001	-22	-22	-22	-30+6dB
10	1010	-22	-22	-22	-34+9dB

Tabla 2.2 Niveles de potencia

2.9.2 Tipo de Llamada (Call Type)

Es la combinación de características para cada llamada procesada. Las características de llamada pueden ser divididas en dos grupos:

- Características de la estación móvil, tales como: modulación de voz (analógica o analógica / digital), banda de frecuencia y potencia.
- Funciones de la llamada, tales como: tipo de acceso (origen de llamadas, terminación de llamadas, sin requerimiento de tráfico) y eventos de dispositivos de voz.

Cada llamada que accesa al sistema es comparada con los “Tipos de llamada” existentes y se selecciona un “Tipo de llamada” que represente las mejores características.

2.9.3 Unidades Funcionales de la Estación Móvil

El teléfono celular es controlado por un microprocesador, donde se pueden implementar un número de facilidades para el abonado. Algunas de las partes importantes que conforman a un teléfono celular son: un circuito integrado que contiene el cerebro del teléfono, una antena, una pantalla de cristal líquido (LCD, *Liquid Crystal Display*), un teclado pequeño, un micrófono, una bocina, una batería.

2.9.4 Estación Base

En la figura 2.9 se observa la estación base que está conectada a un Centro de Conmutación de Servicios Móviles (MSC) por medio de circuitos de enlace punto a punto. La estación base maneja la radiocomunicación con los teléfonos celulares o estaciones móviles y supervisa la calidad de la radiotransmisión durante una llamada por medio del Tono de Supervisión de Audio (SAT) y por la medición de la intensidad de las señales recibidas desde las estaciones móviles.

La tecnología celular requiere un gran número de estaciones base para ciudades de diversos tamaños. Una ciudad grande típica puede tener cientos de torres emisoras. Pero debido a que hay tanta gente utilizando teléfonos celulares, los costos se mantienen bajos para el usuario.

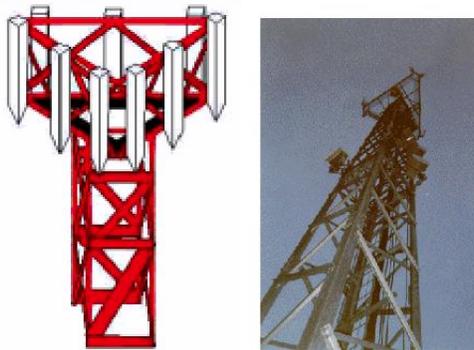


Figura 2.9 Torre y antenas de la estación base.

La estación base comprende principalmente las siguientes unidades (ver figura 2.10):

- El grupo de canal de radio (RCG)
- Central de interfaz de radio (ERI)
- Alimentación

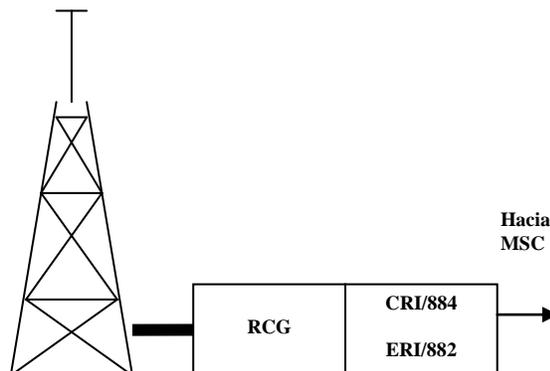


Figura 2.10 Unidades funcionales de la estación base.

2.9.5 Centro de Conmutación de Servicios Móviles (MSC)

Ericsson diseñó su central telefónica de conmutación digital AXE SPC (Central de Control por Programa Almacenado), para ser el corazón del sistema celular. El AXE consiste de dos sistemas principales, cada uno de los cuales a su vez están subdivididos en varios subsistemas como muestra la figura 2.11:

- APZ Sistema de Control y Procesamiento de Datos
- APT Sistema de Conmutación

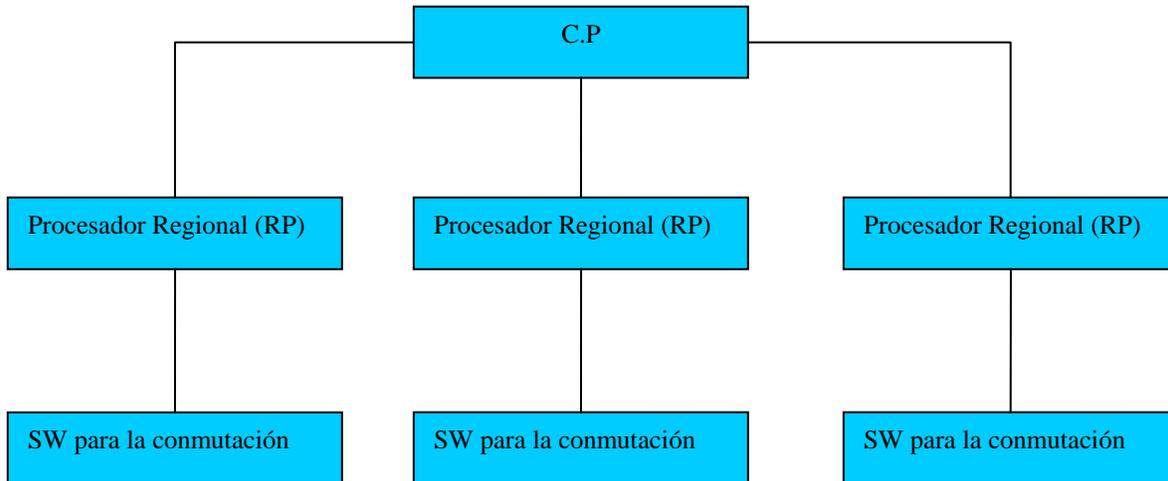


Figura 2.11 Sistemas y subsistemas del MSC

El que toma las decisiones de mayor jerarquía es el Procesador Central (CP), además de procesar la información que recibe de sus subalternos los RP's.

Análogamente los procesadores regionales, denominados así porque cada uno de ellos controla únicamente una región o parte de la central, también tomarán decisiones de importancia, pero de menor afectación que una decisión del CP. Los Módulos de Extensión (ME) administran un departamento, por decirle de alguna manera.

Al conjunto de CP, los RP's y los ME se le denomina APZ, que define la función de administración y control.

Finalmente tenemos el hardware, el que se va a encargar propiamente de las funciones de rutina para la conmutación de llamadas, y éste puede ser por ejemplo: el selector de grupo, dispositivos de troncal, canceladores de eco, máquina de mensajes, dispositivos de envío y recepción de código, estos últimos utilizados en la señalización entre centrales (CS y CR), etc. A todo este sistema le llamamos APT, que también define la función de trabajo en la conmutación telefónica.

2.9.6 Red de Telefonía Pública Conmutada (PSTN)

Una red de telefonía pública conmutada (PSTN) es establecida y explotada por una empresa reconocida con el fin específico de proporcionar servicios de telecomunicaciones móviles terrestres al público. Una PSTN puede estar compuesta de células terrestres o de una combinación de células terrestres y de satélite. Para nuestro país dicha red es de TELMEX.

2.10 PCS (Personal Communications Services)

PCS es una nueva generación de tecnología inalámbrica que introduce una serie de características y servicios incomparables los cuales son permitidos tanto en sistemas celulares analógicos como digitales. PCS le proporciona al usuario todos los servicios en un solo teléfono inalámbrico ya que proporciona paging, mensajería y servicios de datos, con modos operativos específicos que permiten un incremento de la vida de la batería.

2.10.1 DCCH (Control Digital de Canales)

Las especificaciones básicas del funcionamiento de TDMA se encuentran en la IS-136, la cual está diseñada para operar tanto en la banda de 800 MHz como en la de 1900 MHz, lo que proporciona una línea de operación con el sistema celular y PCS.

El DCCH es la médula de la norma IS-136, y es el realce primario de la tecnología TDMA. Éste es un nuevo mecanismo de control de canales que se adicionó al control de canales analógico (ACC), el canal analógico de voz (AVC) y el tráfico digital de canales (DTC) de la interfaz de aire de TDMA. La tecnología IS-136 DCCH TDMA proporciona la plataforma para los PCS, introduciendo nuevas funcionalidades y soporta características importantes que hacen de los PCS un poderoso sistema digital.

2.10.2 Doble Banda y Doble Modo de Operación

La doble banda en la que se encuentran operando los teléfonos, en 800 y 1900 MHz permite al usuario recibir las características totales de los sistemas PCS e IS-136 para cualquier lugar donde ellos estén. El doble modo proporciona servicios de continuidad e interoperabilidad entre las redes analógicas y digitales.

2.10.3 Comportamiento y Capacidades de PCS

La tabla 2.3 hace una descripción clara de estas características:

Comportamiento	Capacidades
Modo Sleep	Extiende el tiempo de Standby e incrementa la vida de la batería.
Servicio de Mensaje Corto (Short Messages Service , SMS)	Transfiere mensajes alfanuméricos de y desde un teléfono celular a teléfonos PCS.
Voz y privacidad de datos	Incrementa la resistencia a la intromisión de la llamada.
Calidad superior de voz	Resulta en menores caídas de llamadas y en menor ruido de trasfondo.
Medio jerárquico	Proporciona servicio para la operación de macrocélula, microcélula.
Rescan inteligente	Permite un control estricto de la selección del sistema.
Privado y residencial sistema ID	Proporciona más simplicidad y caracterización del control inalámbrico de oficina de servicios (WOS) y estación base personal (PBS).
Roaming sin línea	Permite el roaming entre frecuencias usando teléfonos duales y proporciona soporte para el roaming internacional.
Datos de conmutación de circuitos	Proporciona una gran confiabilidad para la transmisión de datos.
Soporte	e-mail inalámbrico, fax, acceso a Internet.
Autenticación	Incrementa la seguridad del teléfono y la resistencia a la clonación.
Llamada de número de identificación	Permite a los usuarios ser identificados antes de contestar.
Indicador de mensaje de espera (MWI)	Notifica a los usuarios que ellos tienen mensajes de voz vía mail.
Servicio de despacho de texto	Operadores toman los mensajes y mandan mensajes de texto a los teléfonos PCS.

Tabla 2.3 Comportamiento y capacidades de PCS

2.10.4 Cuadro Comparativo del Espectro de un Celular y PCS

La figura 2.12 hace una comparación del espectro entre un celular a 800 MHz y un PCS a 1900 MHz.

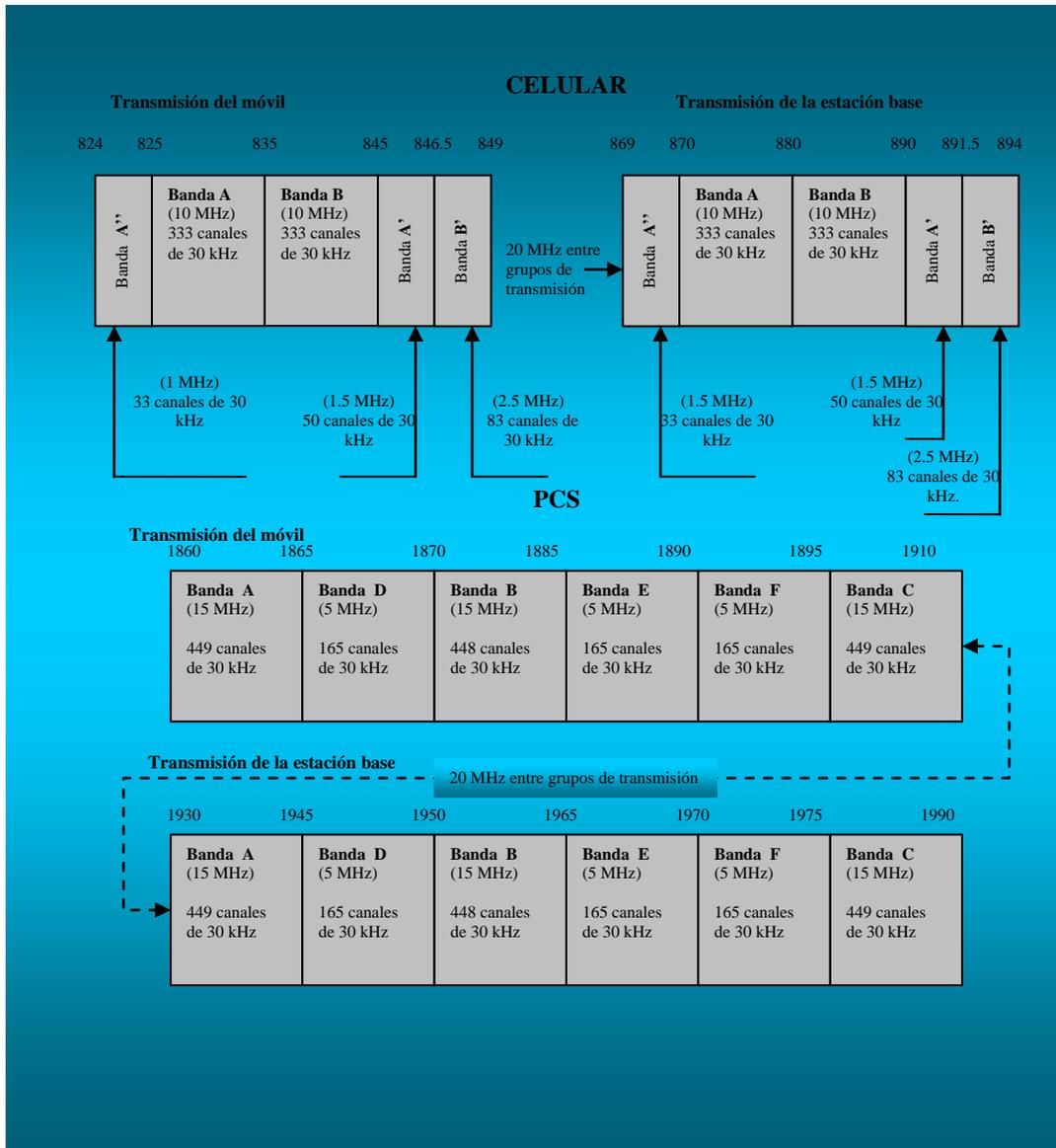


Figura 2.12 Cuadro comparativo del espectro de un celular y un PCS

2.10.5 Modo Sleep y Modo Stand By

PCS usa el DCCH para proporcionar un modo sleep, en el cual los teléfonos pueden apagar muchos de sus circuitos hasta que estos requieran ser despertados, en intervalos predeterminados. Esta característica incrementa el tiempo de vida de la batería, que a su vez incrementa el tiempo de standby de los teléfonos. El tiempo de standby es el tiempo en el

que un teléfono inalámbrico está en un tiempo ocioso, es decir, que el teléfono esté prendido pero sin hacer y recibir llamadas.

El teléfono se autentifica para las llamadas que están entrando cada pocos milisegundos y después entra de nuevo al modo sleep. Esto difiere de un teléfono usado en ACC, donde un teléfono ocioso debe monitorear el canal de control constantemente, consumiendo la batería.

La figura 2.13 describe el consumo de la batería ACC contra DCCH e indica cuales son los periodos de tiempo sleep en el DCCH. Los picos en el segmento DCCH están representando un determinado paging.

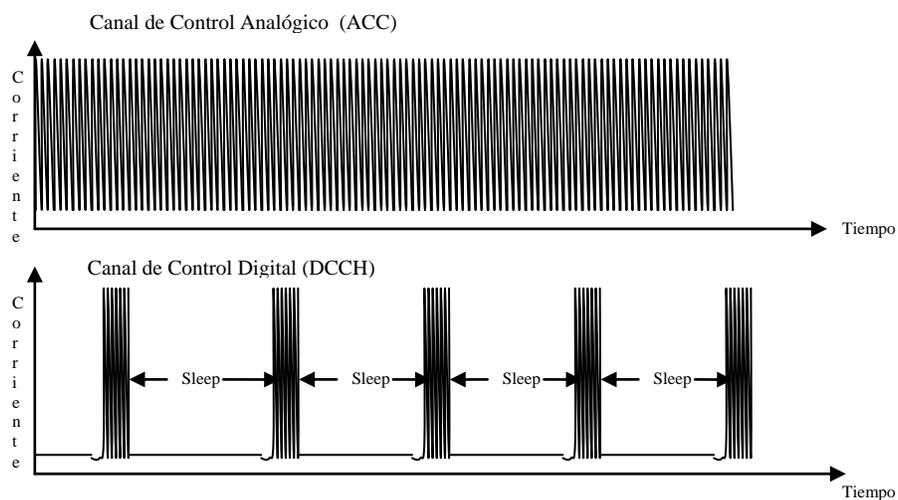


Figura 2.13 Consumo de corriente y periodos sleep

2.10.6 Mensajería PCS

La mensajería PCS es una característica digital SMS que permite a un teléfono inalámbrico recibir información numérica y texto ordenado. Esto permite al dispositivo trabajar como teléfono o como redactor de textos. Los usuarios pueden recibir mensajes en las pantallas de sus teléfonos desde una variedad de fuentes: computadoras, teléfonos, etc.

Cada mensaje en la red PCS consiste de los siguientes tres elementos:

- Direccionamiento de la información: le dice al sistema a qué teléfono debe ser entregado el mensaje.
- Texto alfanumérico: son los caracteres con los que se puede elaborar el texto. Pueden ser alrededor de 239 caracteres.
- Atributos del mensaje: le dice al teléfono como manejar y desplegar el mensaje cuando éste sea recibido.

La mensajería de PCS usa una terminal dedicada exclusivamente al paging. Cuando la red recibe un mensaje, ésta localiza el teléfono objetivo y entrega el mensaje. El teléfono notifica al usuario con un icono de mensaje, con un bip o con ambos. El mensaje por lo

tanto puede ser desplegado y leído. Si los usuarios salen del área de mensajería, la red almacena el mensaje hasta que éste regrese. La red tratará de entregar el mensaje en forma repetitiva hasta que el teléfono sea capaz de recibirlo.

La figura 2.14 muestra un teleservicio PCS, esquema en el cual se formula el mensaje en una computadora (PC) y enviado al teléfono receptor. La pantalla difiere dependiendo del modelo y el fabricante, pero todas ellas muestran la cantidad de mensajes recibidos.

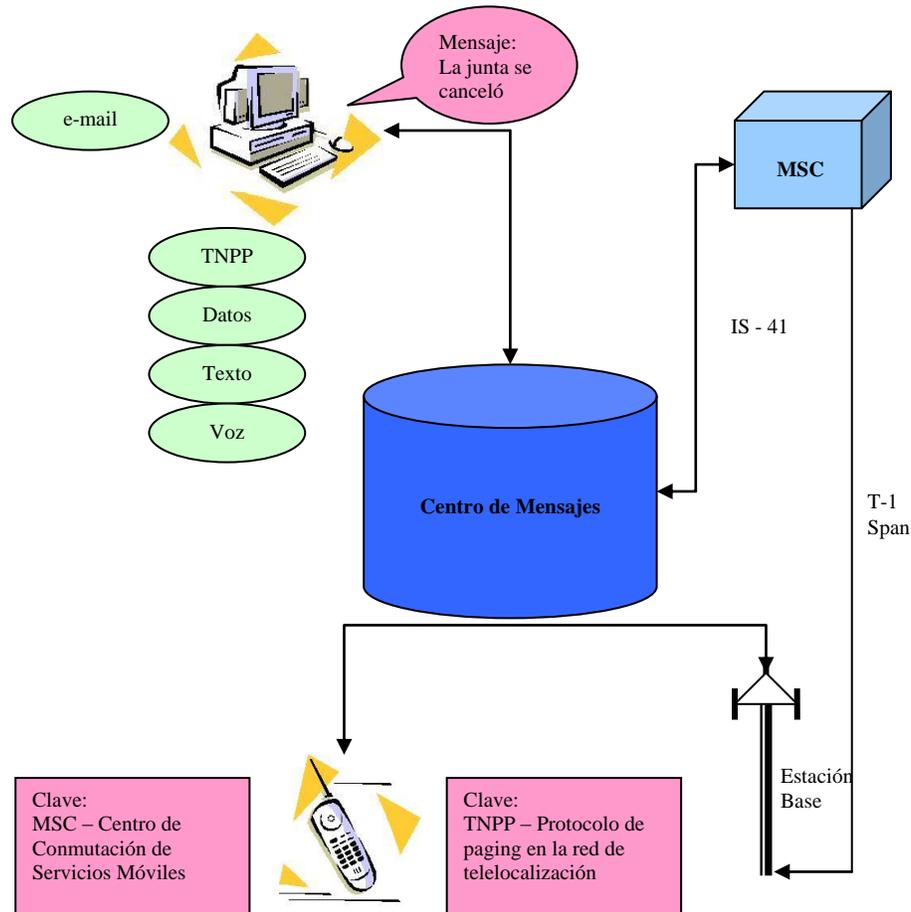


Figura 2.14 Esquema de mensajería PCS

2.10.7 Entrega del Mensaje

La mensajería del PCS está diseñada para operar prácticamente en situaciones diarias.

- Encendido: si el teléfono está encendido, el mensaje es entregado inmediatamente como una llamada.
- Teléfono ocupado: si el teléfono está ocupado en una conversación, la red entrega el mensaje usando el mismo DTC usado para la conversación.
- Apagado: si el teléfono está apagado, o fuera del área de servicio, el mensaje es almacenado en el centro de mensajes para después entregarlo tan pronto el teléfono sea encendido, por lo que el mensaje no se pierde cuando el teléfono está apagado, fuera del área de servicio o en un área con recepción pobre.

- Mail voz: cuando un usuario realiza la llamada a otro por vía voz –mail, el sistema proporciona la opción de enviar una llamada de regreso para mandar un mensaje alfanumérico usando un software especial.
- Roaming: si el usuario está en un área donde el roaming no está soportado, el centro de mensajería almacena el mensaje y lo entrega cuando el usuario entre de nuevo a un área soportada por el PCS.

2.10.8 Relación de Células Jerárquicas

Los sitios celulares han existido tradicionalmente como macrocélulas en torres que cubren áreas de varios kilómetros. Las macrocélulas son típicamente células sirviendo a los usuarios de teléfonos inalámbricos. La tecnología IS-136 DCCH de TDMA permite usar células mucho más pequeñas llamadas microcélulas.

La combinación de ambas células es llamada cobertura celular jerárquica, con las microcélulas creando un segundo nivel de cobertura bajo el nivel existente. Aunque las macrocélulas se usan para redes públicas y las microcélulas para redes privadas, éstas pueden intercambiar sus funciones.

La figura 2.15 muestra el sistema de una microcélula dentro de una macro célula.

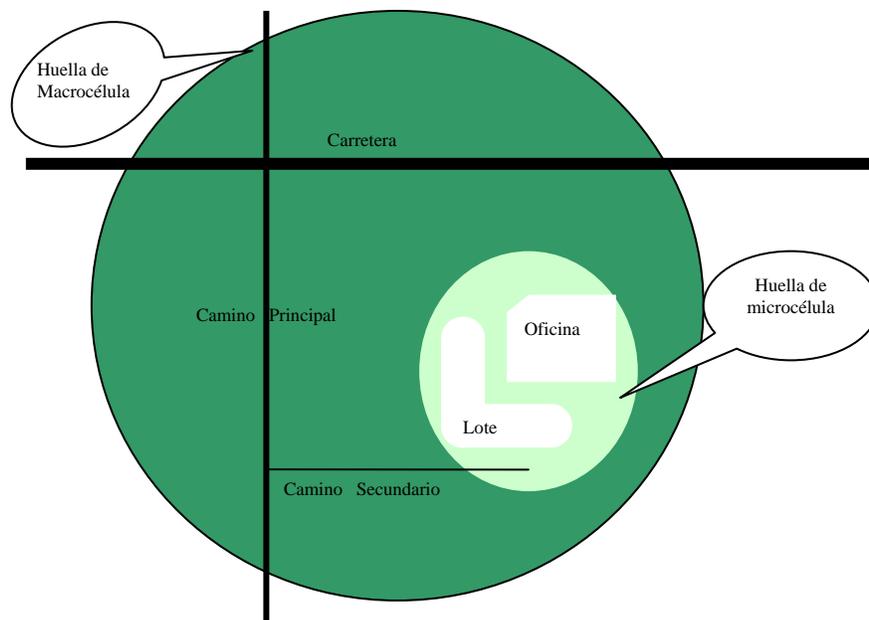


Figura 2.15 Configuración Macro célula/Micro célula

En un medio PCS un área geográfica puede cubrirse por una mezcla de macro y micro células. Un teléfono PCS debe por lo tanto evaluar el canal de control más conveniente en el cual proporcionar el servicio, inclusive si la señal más fuerte de una célula vecina no es la señal más alta recibida por el teléfono, pero es lo suficientemente alta para proporcionar una calidad del servicio. PCS usa una estructura celular jerárquica (HCS, *Hierarchical Cellular Structure*) para lograr esto identifica a las células vecinas como preferentes, regulares o no preferentes:

- Célula vecina preferente: una célula preferente tiene la más alta preferencia. El teléfono selecciona ésta, inclusive como se mencionó anteriormente, no cuenta con un nivel muy alto de señal pero sí con lo suficiente para una buena calidad del servicio.
- Célula vecina regular: tiene el segundo nivel de preferencia. El teléfono selecciona ésta cuando la señal de la célula es más grande y fuerte que el servicio celular.
- Célula vecina no preferente: tiene la más baja preferencia. El teléfono selecciona ésta únicamente si la señal del servicio celular llega a ser insuficiente para proporcionar servicio y la señal de una célula vecina no preferente es más grande que la del servicio celular

El HCS habilita al DCCH para identificar y designar la célula vecina preferente. Un teléfono PCS usa la información jerárquica para seleccionar una célula vecina particular sobre otra basado en el tipo de relación definida entre la célula que el teléfono esté usando y la célula adyacente. Cada designación de célula vecina dictamina que tipo de algoritmo usa el teléfono cuando éste selecciona a una célula candidata. Por ejemplo, cuando una microcélula de baja potencia está proporcionando capacidad en un área de tráfico denso que es también servida por una macrocélula, el HCS permite al teléfono dar preferencia a la microcélula más débil. La figura 2.16 muestra el funcionamiento del HCS.

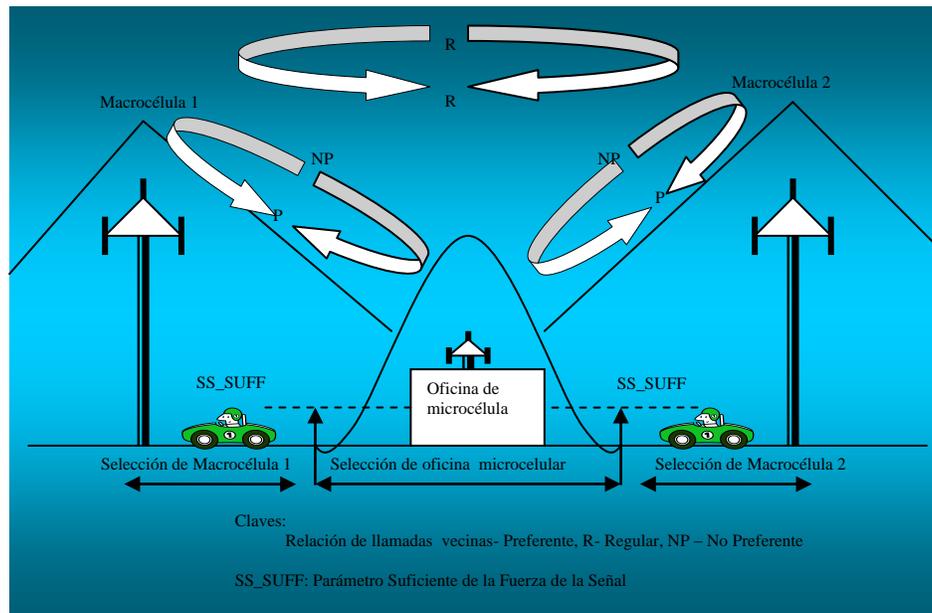


Figura 2.16 Reselección basada en una célula tipo HCS

Los teléfonos PCS pueden tener diferentes comportamientos dependiendo del tipo de servicio proporcionado al usuario. Por ejemplo, si se proporcionan servicios básicos no se pueden seleccionar células privadas; de forma similar los teléfonos que brindan un servicio en el sistema residencial como PBS, deben desarrollar diferentes rutinas de exploración para encontrar su sistema de casa.

PCS usa estructuras IS-136 de identidad para catalogar cada célula dentro de diferentes tipos básicos de redes:

- Pública: la designación pública se refiere a células que proporcionan el mismo servicio celular básico para todos sus clientes.
- Privada: estas células proporcionan servicios especiales a grupos predefinidos privados o clientes WOS (*Wireless Office*) únicamente, y no soporta el uso público. La designación privada es usada para sistemas de compañías con características específicas.
- Semi-privada: es un subtipo que proporciona servicios básicos para todos los clientes y también proporciona servicios especiales a un grupo predefinido de clientes privados.
- Residencial: esta célula proporciona servicios especiales a un grupo predefinido como clientes residenciales, y no soporta el uso público. La PBS permite a un teléfono celular comportarse como un inalámbrico de casa, y está clasificado como un sistema residencial.
- Semi-residencial: es un subtipo del anterior. Es usado en vecindarios donde la macrocélula pública está proporcionando también servicio celular.
- Autónomo: estas son las células que transmiten un DCCH en la misma área geográfica como otro sistema DCCH. Como ejemplo de este sistema están los PBS y los sistemas privados que no están coordinados con el sistema público. Los teléfonos deben tener una exploración especial de frecuencias para encontrar células autónomas.

2.10.9 Sistema de Identidad

Este sistema permite a un teléfono celular distinguir entre el sistema público, privado, semi-privado y PBS. El sistema IS-136 incluye identificadores para una marcación específica de las estaciones base como parte de un sistema privado.

Todos los teléfonos PCS despliegan el nombre de la carga inalámbrica que está proporcionando el servicio. Si un teléfono también tiene cobertura WOS, la localización ID puede desplegar el nombre de la compañía como se muestra en la figura 2.17.

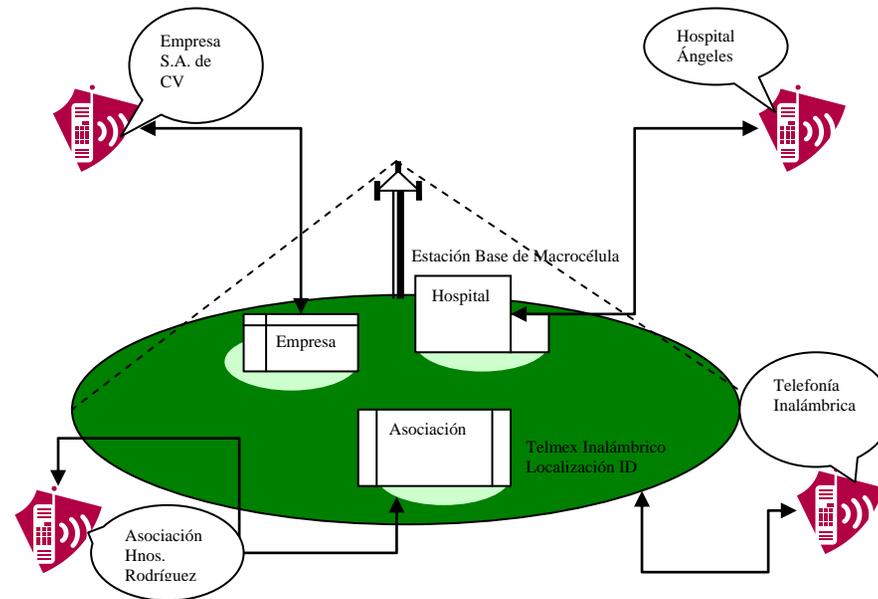


Figura 2.17 Localización ID

CAPÍTULO 3 CALIDAD Y NORMALIZACIÓN

3.1 Calidad

Debido a la globalización de los mercados, actualmente los clientes se han vuelto más exigentes, más conocedores y más complejos, dispuestos a elegir con bases sólidas. Los gerentes reconocen que se pueden obtener ventajas competitivas sustanciales mediante un mejor servicio al cliente, asimismo éste ha venido a ser un medio poderoso para diferenciar una empresa de sus competidores. En la actualidad el servicio ha asumido un nuevo significado para los clientes, ya que, en él se evalúan precios, calidad y la capacidad para brindar una diferenciación distinta del producto en sí. La búsqueda de una diferenciación competitiva se ha convertido en una prioridad en la mayoría de los negocios orientados al mercado.

Recientemente, muchas empresas han comenzado a cambiar su definición de calidad más allá de la estrecha descripción de las características propias del producto para ampliarla hacia la oferta total del producto. En otras palabras, la calidad total es igual al producto principal más el ambiente del producto. Así, para llegar a ser un proveedor de calidad a los ojos del cliente, la organización debe cumplir con los requerimientos y expectativas del mismo.

Para entender que es calidad debemos considerar lo siguiente:

La definición de calidad generalmente se relaciona con la excelencia, lujo, brillo o peso. La palabra calidad se emplea en forma errónea para indicar el valor relativo de las cosas en frases tales como “buena calidad”, “mala calidad”, y “calidad de vida”. Otro concepto erróneo es que la calidad es intangible y, por tanto, no es medible. De hecho, la calidad se puede medir con toda precisión. La calidad se mide por el costo de la misma, el cual es el gasto ocasionado por no cumplir con los requisitos (el costo de hacer las cosas mal). Estos costos están divididos en categorías de prevención, evaluación y falla.

Por lo anterior definiremos calidad como:

Conjunto de características de un elemento que le confieren la aptitud para satisfacer necesidades explícitas e implícitas.

Hay numerosos tipos de razones por las cuales los productos pueden tener calidad insuficiente en este sentido popular. Puede haber ciertas características que desee el consumidor que no se incluyeron en el diseño o proyecto del producto porque el fabricante no quiso hacerlo. Ahora bien, puede haber ciertas características que no logró el proyectista del producto y el fabricante quería que estuvieran, o también se podrían haber incluido en el diseño del producto, pero las especificaciones de diseño no se cumplieron al manufacturar el producto. El no cumplir con los requisitos o mejor dicho con las normas establecidas significa ausencia de calidad.

3.2 Servicio

Es todo acto o función que un proveedor puede ofrecer a un cliente, es esencialmente intangible y no da como resultado ninguna propiedad. Su producción puede o no vincularse a un producto físico, en otras palabras entenderemos por servicio a todas aquellas actividades identificables, intangibles, que son el objeto principal de una operación que se concibe para proporcionar la satisfacción de necesidades de los consumidores.

3.3 Calidad del Servicio

3.3.1 Definición de Calidad del Servicio

Satisfacer, de conformidad con los requerimientos de cada cliente, las distintas necesidades que tienen y por la que se contrató tal o cual servicio. La calidad se logra a través de todo el proceso de compra, operación y evaluación de los servicios que se entrega. El grado de satisfacción es lo que experimenta el cliente por todas las acciones en las que consiste el mantenimiento en sus diferentes niveles y alcances.

La mejor estrategia para conseguir la lealtad de los clientes se logra evitando sorpresas desagradables a los clientes por fallas en el servicio y sorprendiéndolo favorablemente cuando una situación imprevista exija la intervención del prestador del servicio para rebasar sus expectativas.

3.3.2 Componentes Básicos de la Calidad del Servicio

Los componentes básicos de la calidad del servicio son los siguientes:

Dimensiones de la calidad del servicio: está compuesto de varios atributos tanto objetivos como subjetivos. Solamente a través de la comprensión de las dimensiones de la calidad es como se tendrá la capacidad de desarrollar las medidas para evaluar el desempeño en el suministro de servicios. Por ejemplo, en un servicio de atención al cliente, algunos atributos son fundamentales, como: disponibilidad, accesibilidad, cortesía, agilidad, confianza, competencia, comunicabilidad.

Servicio esperado: conocer lo que los clientes esperan de los atributos del servicio es posiblemente la etapa más crítica para la prestación de servicios de alta calidad. Muchas empresas subestiman la necesidad de entender por completo las expectativas de sus clientes. A pesar de que una empresa tenga un genuino interés en proveer servicios de calidad, pierde el foco porque piensa de adentro hacia fuera, sabe lo que a los clientes les gustaría tener y provee eso, en vez de un abordaje de afuera hacia dentro. Cuando sucede lo primero, las empresas suministran servicios que no atienden las expectativas de los clientes.

Factor de influencia: varios factores están constantemente influenciando y moldeando las expectativas de los clientes en relación al servicio. Algunos de ellos son: comentarios personales, las necesidades personales, las experiencias pasadas con un mismo proveedor y/o con otros proveedores (concurrentes), y la información externa, que incluyen una

variedad de mensajes directos e indirectos, emitidas por las empresas a sus clientes actuales o futuros compradores.

Servicio percibido: este elemento es el resultante del contacto del cliente con el proveedor del servicio.

Calidad del servicio prestado: la percepción general que los clientes tienen sobre la calidad de una determinada empresa de servicios está basada en diversos atributos que los clientes consideran importantes. Para cada atributo, ellos notan la diferencia entre la clasificación que dieron para la calidad recibida y la que esperaban recibir.

El nivel de satisfacción: es la diferencia que hay entre lo que el cliente espera recibir del servicio y el que recibe realmente.

Nuevas actitudes: son los cambios que introducen las empresas en sus procesos de prestación de los servicios dirigidas a mejorar la satisfacción de sus clientes.

Nuevo comportamiento: es el comportamiento dirigido a lograr un aumento de la utilización de los productos o servicios, así como un aumento de la intención de realizar nuevos negocios y la divulgación entre otras personas sobre los aspectos positivos de la experiencia.

3.3.3 Elementos de Evaluación de Calidad del Servicio

Los clientes evalúan la calidad del servicio por medio de 5 componentes:

- **Confiabilidad:** es la capacidad de ofrecer un servicio de una manera exacta, segura y consciente.
- **Respuesta:** es la capacidad para brindar un servicio puntual.
- **Seguridad:** conocimiento y cortesía de empleados, así como la habilidad para transmitir seguridad.
- **Empatía:** atención personalizada y cuidadosa a clientes.
- **Tangibles:** aspectos físicos del servicio.

3.3.4 Dimensiones de la Calidad del Servicio

Para medir la calidad del servicio se deben tener en cuenta 7 dimensiones:

Respuesta: la capacidad de respuesta manifiesta el grado de preparación que se tiene para entrar en acción. La lentitud del servicio es algo que difícilmente agrega valor para el cliente. Por ejemplo, si se trata de servicio hospitalario la capacidad de respuesta puede ser

trágica. Cualquier error es tolerable cuando todavía hay tiempo para corregirlo, y el más mínimo error es intolerable cuando el cliente ha esperado más de lo necesario.

Atención: todo lo que implica ser bien atendido, como por ejemplo un buen recibimiento, sentirse apreciado y escuchado, recibir información y ayuda, además de invitársele a regresar. No se debe dar lugar a la apatía, la indiferencia o al desprecio y habría que despojarse de los prejuicios motivados por la impresión o apariencia que muestra el cliente.

Comunicación: establecer claramente que hay entendimiento entre proveedor y cliente. No hay que dejarse seducir por la terminología que se utiliza en cada especialidad, ya que se puede estar en presencia de alguien que no entienda nada acerca de lo que se está hablando.

Accesibilidad: ¿Dónde estoy cuando me necesitan? ¿Cuántas veces suena mi teléfono antes de que alguien lo atienda? ¿Cuántas personas han querido mis servicios y no lograron encontrarme o comunicarse conmigo a tiempo? No se gana nada por ser muy bueno en algo si se es inalcanzable para los clientes.

Amabilidad: se debe generar la capacidad para mostrar afecto por el cliente interno y externo. Se debe respetar la sensibilidad de la gente, porque muchas veces es altamente vulnerable a nuestro trato. Cuando se trata de atender reclamos, quejas y clientes irritables, no hay nada peor que una actitud simétrica o de mala voluntad.

Credibilidad: nunca se debe mentir al cliente, porque después de una mentira, el cliente sólo puede esperar nuevas mentiras y violaciones a su dignidad. No se debe jamás prometer algo en falso, porque una promesa incumplida es un atentado a la credibilidad. Crear expectativas exageradas es una falta de compromiso con el cliente y desprecio por la verdad.

Comprensión: es mantener una empatía con el cliente, colocándose en el lugar del cliente para entender sus necesidades, como por ejemplo, para un técnico que repara refrigeradores un servicio puede significar un cambio de termostato, pero para el cliente es solucionar algo que afecta la alimentación de su familia.

3.4 Calidad del Servicio de Telefonía Móvil

La percepción de los usuarios sobre la calidad de un servicio de telecomunicaciones ha sido siempre un tema de controversia por la propia subjetividad con la que puede ser tratada. De hecho, aún para la telefonía alámbrica, menos sujeta a las condiciones de aleatoriedad de la radiopropagación, los índices de sonoridad o de inteligibilidad de la comunicación, siguen provocando discusión entre los especialistas. Sin embargo, objetivamente, a nadie escapa que la telefonía celular se ha transformado radicalmente en cuanto a patrones de uso se refiere. De un servicio poco diversificado utilizado principalmente a bordo de vehículos, se ha convertido en pocos años en un servicio de telecomunicaciones masivo, cuyos usuarios lo utilizan para estar en contacto en todo momento y en todo lugar. Ha sido tal la rapidez de crecimiento de este servicio que los especialistas coinciden en que las empresas operadoras están más ocupadas en hacer frente a la demanda con mayor y mejor infraestructura tecnológica, que en analizar el cambio de comportamiento de uso entre sus clientes.

Dado que la telefonía móvil es un servicio de telecomunicaciones, se puede definir a la calidad del servicio en telefonía móvil como el efecto global de la calidad de funcionamiento de un servicio que determina el grado de satisfacción de un usuario de éste. La calidad de servicio se caracteriza por el efecto combinado de la logística, la facilidad de uso, la servibilidad, la seguridad del servicio y otros factores específicos de cada caso. El término «calidad del servicio» no se utiliza para expresar un grado de perfección en sentido comparativo ni en un sentido cuantitativo para evaluaciones técnicas. En esos casos debería utilizarse un adjetivo calificativo (modificador).

3.4.1 Calidad de los Sistemas Móviles

Los sistemas móviles plantean determinadas exigencias de calidad que se cuantifican mediante parámetros característicos, debiéndose su cumplimiento a los proveedores de equipos e instaladores de los sistemas.

La figura 3.1 es un marco general de los factores que contribuyen colectivamente a la calidad del servicio global, en la forma percibida por el usuario de un servicio de telecomunicaciones desde el punto de vista de la ITU. Puede considerarse que los términos del diagrama son de aplicación general, ya sea en los niveles de calidad del servicio realmente conseguidos en la práctica, a los objetivos que representan la calidad del servicio que ha de lograrse, o a los requisitos que reflejan especificaciones de diseño. La figura está estructurada para mostrar que un factor de calidad del servicio puede depender de otros. Es importante, por lo tanto, señalar que el valor de una medida característica de un determinado factor puede depender directamente de los valores correspondientes de otros factores que contribuyen al mismo. Para ello es necesario que se dé siempre el valor de una medida, que se establezcan claramente todas las condiciones que repercutan a ese valor.

Como ya se había establecido anteriormente, el aspecto esencial de la evaluación global de un servicio es la opinión de los usuarios. El resultado de esta evaluación expresa los grados de satisfacción de los usuarios. En este punto en particular se establece un marco para:

- El concepto de calidad del servicio.
- Relacionar la calidad del servicio y la calidad de funcionamiento de la red.
- Una serie de medidas de calidad de funcionamiento.

Es evidente que un servicio sólo puede utilizarse si se presta, y conviene que el proveedor conozca en detalle la calidad del servicio ofrecido. Desde el punto de vista del proveedor, la calidad de funcionamiento de la red es un concepto con respecto al cual se definen, miden y controlan las características de la red para lograr un nivel satisfactorio de calidad del servicio. Corresponde al proveedor del servicio combinar los diferentes parámetros de calidad de funcionamiento de la red de manera que se atiendan las exigencias económicas del proveedor del servicio y la satisfacción del usuario.

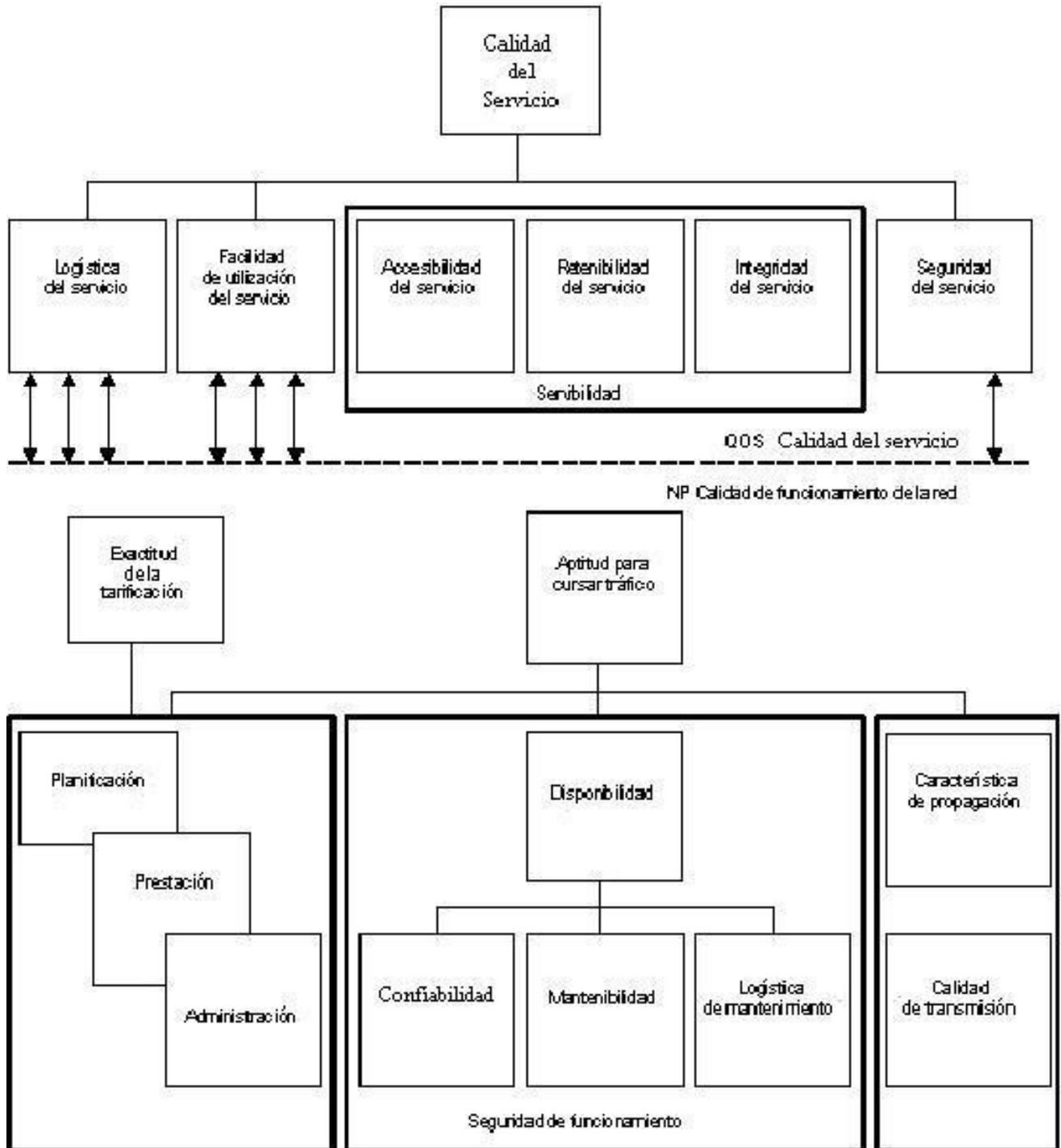


Figura 3.1 Conceptos de calidad del servicio

En la utilización de un servicio, el usuario sólo suele identificar al proveedor del servicio.

El grado de satisfacción del usuario con el servicio prestado depende de la percepción por él mismo de los siguientes elementos de la calidad de funcionamiento del servicio:

- La logística
- La facilidad de utilización
- La servibilidad
- La seguridad

Todos ellos dependen de las características de la red, por ejemplo la logística del servicio depende de la característica de tarifación correcta. Ahora bien, por lo general, la servibilidad es la más afectada. Se subdivide a su vez en tres términos:

- Accesibilidad
- Retenibilidad
- Integridad

La servibilidad es la aptitud de un servicio para que, una vez obtenido, continúe siendo prestado en condiciones determinadas durante el tiempo deseado. Por lo general, la retenibilidad depende de las tolerancias de transmisión, la característica de propagación y la confiabilidad de los sistemas correspondientes. Para algunos servicios, como por ejemplo, el de conmutación de paquetes, también depende de la aptitud para manejar tráfico y de la disponibilidad de los sistemas correspondientes. La servibilidad además depende de la aptitud para manejar tráfico y de los factores de la misma que intervienen, recursos y facilidades, seguridad de funcionamiento y calidad de transmisión (de la que la característica de propagación es un subconjunto), como se muestra en la figura 3.1. La aptitud para analizar el tráfico se describe en términos de pérdidas y demoras. La accesibilidad del servicio es la aptitud de un servicio para ser obtenido, con las tolerancias y demás condiciones especificadas, cuando lo solicite el usuario. La accesibilidad tiene en cuenta las tolerancias de transmisión y los efectos combinados de la característica de propagación, de la aptitud para analizar el tráfico y de la disponibilidad de los sistemas correspondientes. La integridad del servicio es el grado en que un servicio, una vez obtenido, se presta sin degradaciones excesivas. La seguridad de funcionamiento comprende los aspectos combinados de disponibilidad, confiabilidad, mantenibilidad y logística de mantenimiento, y se refiere a la aptitud de un elemento para encontrarse en estado de realizar una función requerida. La característica de propagación se refiere a la aptitud del medio de transmisión para transmitir la señal dentro de las tolerancias deseadas.

La casilla de recursos y facilidades incluye la planificación, el aprovisionamiento y las funciones administrativas asociadas. Esto subraya la importancia que tienen los aspectos de aprovisionamiento y planificación de redes, etc. en los resultados globales de la calidad del servicio.

3.5 Normalización

3.5.1 Marco Teórico de la Normalización

De la definición de normalización se desprenden áreas de aplicación y su objetivo, siendo ésta:

"Actividad propia a dar soluciones de aplicación repetitiva a problemas que provienen esencialmente de las esferas de la ciencia, de la técnica y de la economía, con vistas a la obtención del grado óptimo, en un contexto dado".

En particular, esta actividad consiste en la elaboración, difusión y aplicación de normas. La normalización ofrece a la sociedad importantes beneficios; al facilitar la adaptación de los productos, procesos y servicios a los fines a los que se destinan, protegiendo la salud y el medio ambiente, previniendo los obstáculos al comercio y facilitando la cooperación tecnológica.

Los principios básicos en el proceso de normalización son: representatividad, consenso, consulta pública, modificación y actualización.

Por tanto, es necesario que exista entre todos los sectores de una empresa el “espíritu de normalización”, y en tanto que ésta se convierta en compradora, será necesario que su departamento de compras disponga de las normas oficiales mexicanas referentes a materias primas, materiales y productos que adquieran y hagan sus pedidos con base en ellas, bajo un estricto y efectivo control de su aplicación.

Las normas ofrecen un lenguaje común de comunicación entre las empresas, la administración, los usuarios y consumidores, establecen un equilibrio socioeconómico entre los distintos agentes que participan en las transacciones comerciales, base de cualquier economía de mercado, y son un patrón necesario de confianza entre cliente y proveedor. Por medio de una norma se establecen las características que deben satisfacer un material, un artículo o producto para garantizar su aptitud para el uso al que está destinado y es por tanto, la primera ley de protección para el consumidor.

El campo de actividad de las normas es tan amplio como la propia diversidad de productos o servicios, incluidos sus procesos de elaboración.

Así, se normalizan los materiales (plásticos, acero, papel, etc.), los elementos y productos (tornillos, televisores, herramientas, tuberías, etc.), las máquinas y conjuntos (motores, ascensores, electrodomésticos, etc.), métodos de prueba, temas generales (medio ambiente, calidad del agua, reglas de seguridad, estadística, unidades de medida, etc.), gestión y aseguramiento de la calidad, gestión medioambiental (gestión, auditoría, análisis del ciclo de vida, etc.), gestión de prevención de riesgos en el trabajo (gestión y auditoría), etc.

Ahora bien, cuando los productos cumplen con las normas dictadas para ellos por un organismo, que en México es la Dirección General de Normas, quien tiene en cuenta tanto

las opiniones de los fabricantes, como las necesidades de los usuarios o consumidores, se tendrá la garantía de adquirir un producto de calidad definida y cierta.

Con base en lineamientos internacionales en México se tiene la norma NOM-R-50-1977, la cual describe la redacción, estructuración y presentación de las normas oficiales mexicanas.

3.5.2 Ventajas de la Normalización

Como vimos en el apartado de calidad, ésta es medida de acuerdo al grado que un producto sea compatible a las normas establecidas y aunque éstas parecen exigencias no prioritarias trae consigo las siguientes ventajas.

Para los fabricantes:

Racionaliza variedades y tipos de productos.

Disminuye el volumen de existencias en almacén y los costos de producción.

Mejora la gestión y el diseño.

Agiliza el tratamiento de los pedidos.

Facilita la comercialización de los productos y su exportación.

Simplifica la gestión de compras.

Para los consumidores:

Establece niveles de calidad y seguridad de los productos y servicios.

Informa de las características del producto.

Facilita la comparación entre diferentes ofertas.

Para la administración:

Simplifica la elaboración de textos legales.

Establece políticas de calidad, medioambientales y de seguridad.

Ayuda al desarrollo económico.

Agiliza el comercio.

3.6 Clasificación Geográfica de las Normas

Las normas son elaboradas por organismos de normalización los cuales se clasifican por su ámbito geográfico, en:

- Nacionales.
- Regionales.
- Extranjeras.
- Internacionales.

3.6.1 Normas Nacionales

Las normas nacionales son elaboradas, sometidas a un período de información pública y sancionadas por un organismo reconocido legalmente para desarrollar actividades de normalización en un ámbito nacional.

3.6.2 Normas Regionales

Las normas regionales son elaboradas en el marco de un organismo de normalización regional, generalmente de ámbito continental, que agrupa a un determinado número de Organismos Nacionales de Normalización.

3.6.3 Normas Extranjeras

Las normas extranjeras son las normas que emite un organismo o dependencia de normalización público o privado reconocido oficialmente por un país.

3.6.4 Normas Internacionales

Las normas internacionales son elaboradas en el marco de organismos de normalización de ámbito mundial. Los organismos de normalización internacionales más conocidos son: UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones) para el sector de las telecomunicaciones e ISO para el resto. Las normas internacionales son preparadas con la participación de representantes de todos sus países miembros.

3.7 Clases de Normas que Existen en México

3.7.1 Norma Oficial Mexicana

Es la regulación técnica de observancia obligatoria expedida por las dependencias normalizadoras competentes a través de sus respectivos comités consultivos nacionales de normalización, de conformidad con las finalidades establecidas en el artículo 40 de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización (LFMN), establece reglas, especificaciones, atributos, directrices, características o prescripciones aplicables a un producto, proceso, instalación, sistema, actividad, servicio o método de producción u operación, así como aquellas relativas a terminología, simbología, embalaje, marcado o etiquetado y las que se le refieran a su cumplimiento o aplicación. De acuerdo con el artículo 41 de la LFMN las normas oficiales deberán contener:

- La denominación de la norma y su clave o código, así como las finalidades de la misma conforme al artículo 40 de la LFMN.
- La identificación del servicio, producto, método, proceso, instalación o, en su caso, del objeto de la norma.
- Las especificaciones y características que correspondan al producto, servicio, método, proceso e instalación.
- Los métodos de prueba aplicables en relación con la norma y en su caso, los de muestreo.

- Los datos y demás información que deban contener los productos o, en su defecto, sus envases o empaques, así como el tamaño y características de las diversas indicaciones.
- El grado de concordancia de las normas y lineamientos internacionales con las normas mexicanas tomadas como base para su elaboración.
- La bibliografía que corresponda a la norma.
- La mención de la o las dependencias que vigilarán el cumplimiento de las normas cuando exista concurrencia de competencias y las otras menciones que se consideren pertinentes para la debida comprensión y alcance de la norma.

En la elaboración de normas oficiales mexicanas participarán, ejerciendo sus respectivas atribuciones, las dependencias a quienes correspondan la regulación o control del producto, servicio, método, proceso o instalación, actividad o materia a normalizarse.

Corresponde a las dependencias elaborar los anteproyectos de normas oficiales mexicanas y someterlos a los comités consultivos nacionales de normalización.

Asimismo, los organismos nacionales de normalización podrán someter a dichos comités, como anteproyectos, las normas mexicanas que emitan.

Los comités consultivos de normalización, con base en los anteproyectos mencionados, elaborarán a su vez los proyectos de normas oficiales mexicanas.

Para la elaboración de normas oficiales mexicanas se deberá revisar si existen otras relacionadas, en cuyo caso se coordinarán las dependencias correspondientes para que se elabore de manera conjunta una sola norma oficial mexicana por sector o materia. Además se tomará en cuenta las normas mexicanas y las internacionales, y cuando estas últimas no constituyan un medio eficaz o apropiado para cumplir con las finalidades establecidas en el artículo 40 de la LFMN, la dependencia deberá comunicarlo a la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial antes de que se publique el proyecto.

Las personas interesadas podrán presentar a las dependencias, propuestas de normas oficiales mexicanas, las cuales harán la evaluación correspondiente y en su caso, presentarán al comité respectivo el anteproyecto de que se trate.

3.7.2 Norma Mexicana

La norma mexicana es de aplicación voluntaria, salvo en los casos en los que los particulares manifiesten que sus productos, procesos o servicios son conformes con las mismas y sin perjuicio de que las dependencias requieran en una norma oficial mexicana su observancia para fines determinados. Su campo de aplicación puede ser nacional, regional o local. Este tipo de normas será elaborada por un organismo nacional de normalización, o la Secretaría de Economía en ausencia de ellos, de conformidad con lo dispuesto por el

artículo 54 de la LFMN, en los términos de la LFMN, que prevé para uso común y repetido: reglas, especificaciones, atributos, métodos de prueba, directrices, características o prescripciones aplicables a un producto, proceso, instalación, sistema, actividad, servicio o método de producción u operación, así como aquellas relativas a terminología, simbología, embalaje, marcado o etiquetado.

3.7.3 Normas de Referencia

Las normas de referencia son elaboradas por las entidades de la Administración Pública de conformidad con lo dispuesto por el artículo 67 de la LFMN, para aplicarlas a los bienes o servicios que adquieren, arrienden o contratan cuando las normas mexicanas o internacionales no cubran los requerimientos de las mismas o sus especificaciones resulten obsoletas o inaplicables.

3.8 Normas de Calidad

Existen tres tipos de normas de calidad:

La norma de servicio fija los requisitos de aptitud para realizar determinados objetivos.

La norma de producto estipula los requisitos que debe reunir éste para ser apto a la utilización. En ella se especifican las diversas características o parámetros que satisfacen la norma o los requisitos establecidos por el cliente. Esta conformidad es verificada por una entidad certificadora reconocida, que vigila periódicamente la producción de la empresa.

Una norma de sistemas de calidad define el método de gestión de la calidad en una organización, y le ayuda a conseguir determinados objetivos de calidad. El sistema de calidad de una organización comprende:

- Una estructura organizativa.
- Procedimientos.
- Procesos.
- Recursos.

3.8.1 Norma de Calidad del Servicio de Telefonía Móvil

Debido al crecimiento exponencial de la telefonía móvil en el ámbito mundial se han tenido que elaborar normas de calidad en el servicio para así garantizar un buen servicio a pesar de la gran demanda que se tenga de usuarios.

La Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) ha establecido en la recomendación E. 800, una clara diferencia entre los conceptos de "calidad del servicio" y "calidad de funcionamiento de la red", asociando al primero el grado de satisfacción percibido por el usuario y al segundo el comportamiento técnico de la red.

En un ambiente no regulado, como en México y a fin de salvaguardar los derechos de los clientes, corresponde al Estado establecer requisitos de calidad del servicio que garanticen una efectiva prestación de los mismos y exigir a los operadores una permanente adecuación de sus redes de modo tal que la calidad de funcionamiento de las mismas satisfaga tales requerimientos. He aquí donde entra el trabajo de la Comisión Federal de

Telecomunicaciones (COFETEL) para garantizar un buen servicio de acuerdo a la norma a desarrollar.

Un reglamento de calidad del servicio de telefonía móvil debe establecer un umbral de calidad mínima, tal que asegure un servicio aceptable para los usuarios, en una determinada área efectiva, y que permita a los prestadores, en un escenario de competencia, ofrecer productos con variadas relaciones de calidad / precio, de acuerdo a los requerimientos que demanden los clientes.

Finalmente es conveniente que los procedimientos de comprobación de los parámetros de calidad del servicio sean establecidos por la autoridad de aplicación, teniendo en cuenta el estado del arte en materia de metodología e instrumental necesario a tal fin y estar en consonancia con la particular implementación que cada prestador haga de su infraestructura.

3.9 Órganos Integrantes del Proceso de Normalización en México

3.9.1 Comisión Nacional de Normalización (CNN)

La Comisión Nacional de Normalización (CNN) es el órgano de coordinación de la política de normalización en el ámbito nacional y está integrada actualmente por 36 miembros entre dependencias y entidades de la Administración Pública Federal, cámaras, organismos nacionales de normalización y asociaciones, que se encuentran vinculados al ámbito de la normalización. La CNN tiene como principales funciones aprobar anualmente el Programa Nacional de Normalización, establecer reglas de coordinación entre las dependencias y entidades de la Administración Pública Federal para la elaboración y difusión de normas, resolver las discrepancias que puedan presentarse en los comités consultivos nacionales de normalización y opinar sobre el registro de organismos nacionales de normalización.

Para el desarrollo de sus funciones, la CNN cuenta con 3 órganos:

Presidencia: es el órgano coordinador de la CNN que, en forma anual y rotativa, se encuentra a cargo del subsecretario que corresponda de acuerdo al artículo 59 de la LFMN.

Secretariado técnico: es el órgano técnico y administrativo de la CNN que se encuentra a cargo de la Secretaría de Economía por conducto de la Dirección General de Normas, de manera permanente.

Consejo técnico: es el órgano auxiliar de la CNN, encargado de analizar, elaborar y proponer soluciones a los asuntos que le sean encomendados por su presidente. Dicho consejo, es coordinado, en forma anual y rotativa, por el subsecretario de la dependencia a quien corresponderá la presidencia de la CNN en el periodo inmediato posterior a la presidencia en turno.

La CNN sesiona al menos una vez cada 3 meses y toma sus resoluciones por consenso y, a falta de éste, por mayoría de votos de los miembros de las dependencias de la Administración Pública Federal que la integran.

Dicha Comisión, se ha convertido en el foro más importante para promover la normalización en México con el fin de fomentar el conocimiento que se tiene de la misma y asegurar el cumplimiento del marco jurídico aplicable.

3.9.2 Comité Consultivo Nacional

Los comités consultivos nacionales de normalización (CCNN) son órganos para la elaboración de normas oficiales mexicanas y la promoción de su cumplimiento, los cuales son constituidos y presididos por la dependencia competente. Estarán integrados además de personal técnico de las dependencias competentes, según la materia que corresponda al comité, por organizaciones de industriales, prestadores de servicios, comerciantes, productores agropecuarios, forestales o pesqueros; centros de investigación científica o tecnológica, colegios de profesionales y consumidores.

Actualmente existen 22 CCNN de las 9 dependencias normalizadoras que elaboran normas oficiales mexicanas en el ámbito de sus respectivas atribuciones.

Los CCNN se rigen por los lineamientos para la organización de los mismos, aprobados y expedidos por la Comisión Nacional de Normalización

3.9.3 Organismos Nacionales de Normalización

Los Organismos Nacionales de Normalización (ONN) son personas morales cuyo principal objetivo es la elaboración y expedición de normas mexicanas en las materias en que sean registrados por la Dirección General de Normas.

Los ONN deberán permitir la participación de todos los sectores interesados en los comités para la elaboración de normas mexicanas, así como de las dependencias y entidades de la administración pública federal competentes.

Actualmente existen 6 ONN registrados:

Sociedad Mexicana de Normalización y Certificación, S.C. (NORMEX).

Instituto Mexicano de Normalización y Certificación, A.C. (IMNC).

Asociación Nacional de Normalización y Certificación, A.C. (ANCE).

Instituto Nacional de Normalización Textil, A.C. (INNTEX).

Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación, S.C. (ONNCCE).

Normalización y Certificación Electrónica, A.C. (NYCE).

3.9.4 Comités Técnicos de Normalización Nacional

Los comités técnicos de normalización nacional (CTNN) son órganos reconocidos por la Secretaría de Economía (SE) y su función es la de elaborar normas mexicanas en aquellas áreas de la industria en las que no exista un organismo nacional de normalización registrado.

3.10 Procesos de Normalización

En las siguientes figuras (3.2 y 3.3) se explica en forma de bloques cual es el procedimiento para realizar una norma mexicana y una norma oficial mexicana.

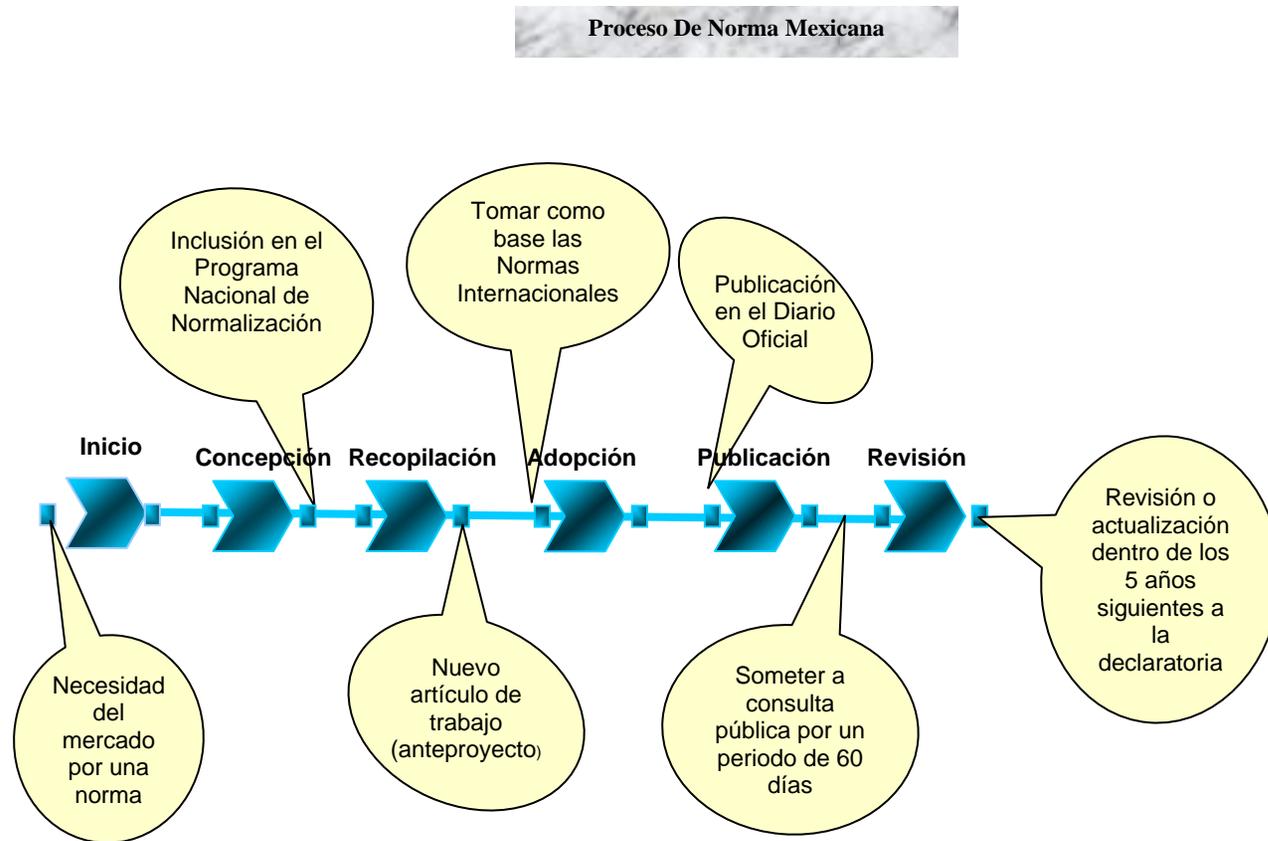


Figura 3.2 Proceso de Norma Mexicana

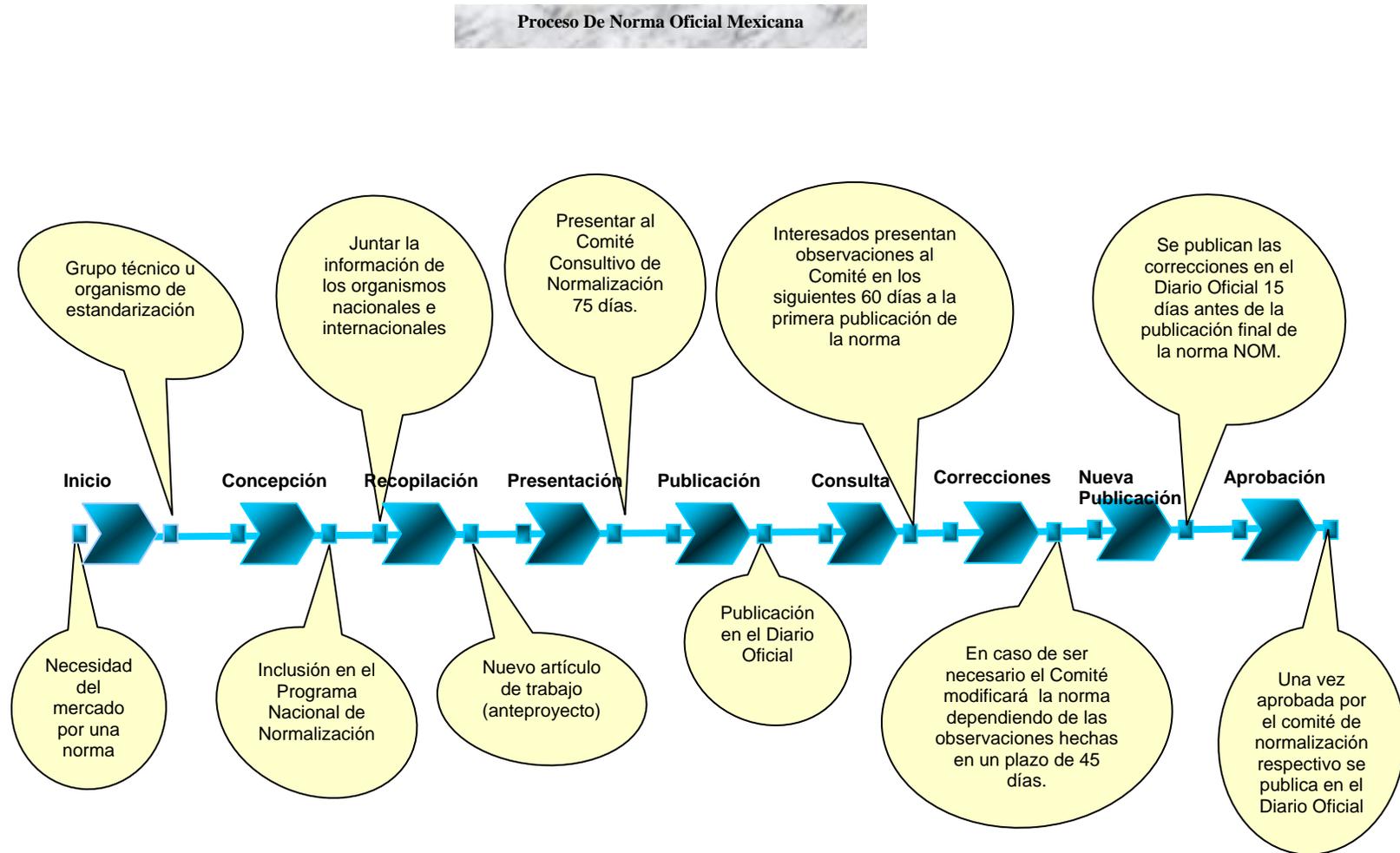


Figura 3.3 Proceso de Norma Oficial Mexicana

CAPÍTULO 4 NORMAS DE CALIDAD DEL SERVICIO DE TELEFONÍA MÓVIL DE ALGUNOS PAÍSES

En el presente capítulo haremos un análisis de las normas y estudios de calidad del servicio en telefonía móvil, que estuvieron a nuestro alcance, para así poder determinar lo más conveniente a las necesidades de México.

Únicamente tomaremos en cuenta los parámetros y mediciones que cada norma y estudio empleó en su desarrollo, ya que este es el punto medular para la elaboración de nuestro estudio.

4.1 AMÉRICA LATINA

4.1.1 Argentina

Reglamento de Calidad de Servicio para el Servicio de Radiocomunicaciones Móvil Celular y para el Servicio de Telefonía Móvil. S.C. N° 18.979/99

Esta norma hace el manejo de las siguientes definiciones:

Calidad del Servicio: efecto global de las características del servicio que determinan el grado de satisfacción de los usuarios.

Servibilidad del servicio: aptitud del servicio para ser obtenido cuando lo solicite el usuario y para continuar siendo prestado sin degradaciones excesivas y con la duración deseada, dentro de las tolerancias y demás condiciones especificadas, y cuyos parámetros relacionados son: accesibilidad, retenibilidad e integridad del servicio.

Accesibilidad del servicio: aptitud del servicio para ser obtenido con las tolerancias y demás condiciones específicas, cuando lo solicite el usuario. Se determina a través del parámetro índice de llamadas completadas.

Índice de llamadas completadas: relación entre el número de tentativas de llamadas completadas y el número total de tentativas de llamada.

Tentativa de llamada completada: tentativa de llamada fructuosa en la que se recibe una señal de respuesta.

Tentativa de llamada fructuosa (o totalmente encaminada): tentativa de llamada en la que se recibe información inteligible acerca del estado del usuario llamado.

Tentativa de llamada: tentativa de lograr una conexión con uno o más dispositivos acoplados a una red de telecomunicaciones.

Señal de respuesta: información voluntaria (voz o tono) con que el corresponsal de prueba llamado responde al corresponsal de prueba llamante.

Retenibilidad del servicio: aptitud del mismo para que, una vez obtenido continúe siendo prestado, en condiciones determinadas, durante el tiempo deseado. Se determina, a través del parámetro índice de caída de llamadas.

Índice de caída de llamadas: relación entre el número de comunicaciones establecidas que se liberan por una causa distinta a una maniobra voluntaria de cualquiera de las partes que intervienen en la comunicación y el número total de comunicaciones establecidas.

Interrupción o corte: imposibilidad temporal del servicio para mantener una conexión.

Demora después de marcar: intervalo de tiempo transcurrido entre el instante en que el usuario acciona el comando de emisión, luego de marcar el número seleccionado y la recepción por éste de la señal de retorno de llamada.

Usuario o corresponsal de prueba: cualquier entidad externa a la red que utiliza para la comunicación conexiones a través de la red.

La medición de los parámetros antes mencionados así como también sus umbrales son:

Accesibilidad del Servicio

Cuantificador:

$$\text{Índice de finalización de llamada} = \frac{\text{No. de tentativas de llamadas completadas}}{\text{No. total de tentativas de llamada}} \times 100$$

Debe ser mayor o igual a 90%.

El criterio de falla de este parámetro es la no recepción de señal de respuesta del corresponsal de prueba llamado, fijándose un tiempo de espera máximo de 10 segundos.

Retenibilidad del Servicio

Cuantificador:

$$\text{Índice de caída de llamadas} = \frac{\text{No. com. est. y lib. por maniobra no voluntaria}}{\text{No. total de tentativas de llamada}} \times 100$$

Debe ser menor o igual a 5%.

El criterio de falla de este parámetro es una interrupción con duración mayor a 10 segundos.

Demora después de marcar:

Menor o igual a 10 segundos.

Los lineamientos para la elaboración de las pruebas son los siguientes:

El tipo de llamadas a hacer son llamadas de prueba “extremo a extremo”, dentro del área de explotación y utilizando aparatos y operadores dedicados que eliminan la posibilidad de abonado "B" (ocupado o no contesta), con una duración de 1 minuto.

Lo anterior es en el siguiente sentido:

- Fijo a Móvil
- Móvil a Fijo
- Móvil a Móvil

Notas o condiciones de la medición:

Durante las pruebas las llamadas originadas o terminadas en estaciones móviles se procurará que la mitad de las mismas se realicen en condiciones de movimiento.

Los equipos de los corresponsales de prueba de origen y destino pertenecerán a la red del prestador auditado y tendrán características equivalentes al tipo medio de los que se utilizan normalmente en el sistema y en la zona bajo análisis.

Similares a los anteriores, estarán conectados por cable a la central de conmutación del sistema celular mediante interfaces apropiadas, de manera que no introduzcan perturbaciones a los equipos bajo comprobación.

4.1.2 Colombia

Resolución No. 409 de 2001 de la Comisión de Regulación de Telecomunicaciones (CRT)

Para la supervisión del *GDS* (Grado De Servicio) que se maneja en la presente resolución no será necesaria la utilización de equipos de medición externos a la red, con lo anterior el operador será capaz de determinar cuáles mecanismos de medición son los más adecuados de acuerdo a sus necesidades.

El grado de servicio se define con la siguiente fórmula:

$$GDS = \frac{\text{No. total de llamadas infructuosas}}{\text{Total de intentos de llamada}}$$

Donde:

De acuerdo con la recomendación E.600 el número de intentos de llamadas es el número total de intentos para lograr una conexión con uno o más dispositivos acoplados a una red de telecomunicaciones.

Y el número total de llamadas infructuosas para efecto de este anexo es el total de llamadas que no se pueden completar debido a fallas técnicas, congestión interna, congestión externa

o cualquier otra razón no atribuible al usuario, teniendo como circunstancias atribuibles al usuario el prefijo erróneo, usuario ocupado, usuario no responde, número incompleto o número inexistente.

Las mediciones deberán ser realizadas dentro de las siguientes franjas de horarios en días hábiles:

9:00 a 11:00 h

15:00 a 17:00 h

18:00 a 20:00 h

Las mediciones deberán alternarse en estos horarios.

Como primer paso para la medición se debe determinar el mínimo porcentaje de destinos a medir dependiendo el número de destinos que tiene el operador (no se deben tomar en cuenta los destinos con otro operador) con base a la tabla 4.1.

Número de líneas en servicio al 31 de diciembre del año anterior a la medición	Mínimo porcentaje de destinos a medir	Número de horas a medir por mes en cada serie destino
Más de 1'20 000	85%	2
De 500 001 hasta 1'20000	90%	4
De 500 01 hasta 500 000	95%	6
Menos de 50 000	100%	8

Tabla 4.1 Porcentajes de destinos a medir en Colombia

Se debe calcular un grado de servicio interno, uno externo y otro total:

$$GDS \text{ interno} = \frac{\text{No. total de llamadas infructuosas (dentro de la red del mismo operador)}}{\text{Total de intentos de llamada (dentro de la red del mismo operador)}}$$

$$GDS \text{ externo} = \frac{\text{No. total de llamadas infructuosas (hacia la red de otros operadores)}}{\text{Total de intentos de llamada (hacia la red de otros operadores)}}$$

$$GDS \text{ total} = \frac{\text{No. total de llamadas infructuosas (dentro de la misma red hacia la red de otros operadores)}}{\text{Total de intentos de llamada (dentro de la misma red hacia la red de otros operadores)}}$$

4.1.3 Perú

Resolución de Consejo Directivo No.015-98-CD/OSIPTEL

En este país el organismo encargado de regular las telecomunicaciones es OSIPTEL, el cual ha emitido la norma No.015-98-CD/OSIPTEL en donde los indicadores de calidad que manejan son:

Grado de Servicio (GOS, *Grade of Service*).

Cobertura Radioeléctrica.

Calidad de la Comunicación.

Donde cada uno de ellos está definido por:

Grado de Servicio (*GOS*): definido como la relación, en porcentaje, de la cantidad de llamadas no establecidas sobre el total de intentos.

$$GOS = \frac{\text{Llamadas no establecidas}}{\text{Total de intentos}} \times 100$$

Entiéndase por llamadas no establecidas, las que no se logran concretar entre el usuario llamante y el llamado por causas técnicas y/u operacionales, incluyendo todo tramo posible de falla, congestión, sea radioeléctrico o de conmutación o de transmisión telefónica (Ej. pérdidas, bloqueos, etc.).

Entiéndase por total de intentos a la suma del total de llamadas establecidas y no establecidas.

Llamadas establecidas: son todas aquellas en que el usuario llamado "contesta" y se establece la comunicación. Exceptúese de las llamadas no establecidas y de los intentos, las situaciones en las que el usuario llamado no contesta porque su terminal está ocupado, apagado o fuera de servicio.

Cobertura radioeléctrica: se define como la intensidad de señal mínima aceptable, que garantiza el cumplimiento de los demás indicadores de calidad de servicio dentro del área concedida.

Calidad de la comunicación: se define como la relación en porcentaje de las llamadas no completadas sobre el total de llamadas establecidas.

$$\text{Calidad de la Comunicación} = \frac{\text{Llamadas no completadas}}{\text{Llamadas establecidas}} \times 100$$

Se consideran llamadas no completadas todas aquellas que, una vez establecida la comunicación:

- 1.- No permiten una comunicación correcta en cuanto a claridad y fidelidad por degradación de la señal, debida fundamentalmente a ruidos, interferencias o distorsiones.
- 2.- Se interrumpen antes que cualquiera de los usuarios haya finalizado la comunicación, entre otros problemas, por SAT (Supervisory Audio Tone) incorrecto, cobertura pobre, interferencia cocanal o adyacente y handover fallidos.

La calidad mínima exigible del servicio deberá ser:

Grado de Servicio (GOS)

a) En cualquiera de las horas de mayor carga de tráfico de cualquier día y de cualquier célula o sector, el Grado de Servicio (GOS) deberá ser menor o igual al 5%:

- Para el 90% de los casos, como mínimo, hasta el 31 de diciembre del año 2001.
- Para el 95% de los casos, como mínimo, hasta el 31 de diciembre del año 2003.

b) Además, sólo se permitirá un Grado de Servicio (GOS) mayor al 10%:

- Para el 5% de los casos, como máximo, hasta el 31 de diciembre del año 2001.
- Para el 3% de los casos, como máximo, hasta el 31 de diciembre del año 2003.

Cobertura radioeléctrica

La intensidad de señal mínima recibida en una terminal móvil es, de -90 dBm y deberá cumplirse en:

- El 90% de los casos, como mínimo, hasta el 31 de diciembre del año 2001.
- El 95% de los casos, como mínimo, hasta el 31 de diciembre del año 2003.

Calidad de la comunicación

a) En cualquiera de las horas de mayor carga de tráfico de cualquier día y de cualquier célula o sector, la calidad de comunicación deberá ser menor o igual al 5%:

- Para el 90% de los casos, como mínimo, hasta el 31 de diciembre del año 2001.
- Para el 95% de los casos, como mínimo, hasta el 31 de diciembre del año 2003.

b) Además, sólo se permitirá una calidad de la comunicación mayor al 10%:

- Para el 5% de los casos, como máximo, hasta el 31 de diciembre del año 2001.
- Para el 3% de los casos, como máximo, hasta el 31 de diciembre del año 2003.

4.1.4 Nicaragua

Reglamento del Servicio de Telefonía Celular. Acuerdo administrativo 4-98

Este país a través de TELCOR su organismo regulador de telecomunicaciones maneja los siguientes parámetros:

Calidad de conexiones: sin perjuicio de lo dispuesto en los títulos de licencia, el sistema de telefonía celular se diseñará, construirá y operará de manera que asegure, dentro del área de cobertura del servicio, una calidad de conexiones perdidas que no exceda el 2% y una congestión no superior al 2% en la hora pico.

Calidad de transmisión de voz: la calidad de transmisión de voz deberá ser excelente, sin interferencia de ruido o distorsión por lo menos para el 95% de las comunicaciones, el mensaje debe poder entenderse fácilmente.

Calidad de transmisión de datos: el sistema de telefonía celular debe permitir la transmisión de datos a través de los canales de voz a una velocidad de hasta 10 kbps con una tasa máxima de errores BER, de 10^{-6} .

Calidad de cobertura: dentro de la zona de servicio y considerando los puntos a 1.5 metros sobre el nivel del suelo en el exterior de edificios deberá garantizarse un nivel de intensidad de campo mínimo utilizable, de tal manera que al menos para el 90% de los casos la relación señal a ruido, medida por el cociente de señal más ruido más distorsión dividido entre ruido más distorsión, sea mayor o igual a 20dB.

Confiabilidad y continuidad del servicio: los operadores del sistema de telefonía celular tomarán las provisiones necesarias para garantizar un servicio confiable, regular e ininterrumpido. El mantenimiento rutinario deberá realizarse sin interrupción del servicio.

Acceso de usuarios a otras redes autorizadas: el sistema de telefonía celular deberá permitir el acceso de todos sus usuarios a la red telefónica pública, y a otras redes autorizadas por TELCOR con las cuales el titular de la licencia del servicio de telefonía celular haya celebrado convenios de interconexión que cumplan con los planes técnicos fundamentales y con las condiciones de interoperabilidad que requieran las redes correspondientes.

4.1.5 Brasil

ANEXO II MANUAL DE INDICADORES

El organismo regulador de este país es ANATEL.

Para efecto de esta norma serán adoptadas las definiciones previstas por la reglamentación que se da a continuación:

Factor de ponderación: valor utilizado para determinar el peso de un indicador en consolidación del índice representativo de una unidad secundaria, región o empresa.

Estación radio base: es una estación fija del servicio móvil celular usada para radiocomunicación con estaciones móviles.

Estación móvil: es una estación del servicio móvil celular que puede operar cuando está en movimiento o en un lugar no especificado.

Pedidos de información, reclamación y solicitudes de servicios efectivamente respondidos: es la condición de respuesta en que un usuario tiene la total satisfacción a su solicitud efectuada y plenamente atendida.

Estación móvil visitante: es la estación móvil que se encuentra en un área de registro distinta a la que pertenece.

Usuario del servicio móvil celular: es cualquier persona que utiliza el servicio móvil celular independientemente de la inscripción a la prestadora del servicio.

Abonado del servicio celular: es el usuario del servicio móvil celular a quien se le debe prestar el servicio de forma regular y continúa bajo las condiciones específicas establecidas en su contrato.

Centro de atención: es el órgano responsable para la atención a través de contacto telefónico de las reclamaciones y solicitudes de servicio.

Hora pico: periodo de 60 minutos consecutivos, durante el día en que el volumen de tráfico es máximo.

Área de cobertura: área geográfica delimitada por la ANATEL, en la cual la prestadora del servicio móvil celular debe cubrir y brindar servicio en los términos especificados en el contrato de concesión.

Código nacional: elemento del plano de numeración que identifica un área geográfica específica dentro del territorio nacional.

Llamada establecida: es la llamada originada en donde fue efectuada la conexión entre una estación móvil y otra, móvil o fija.

Llamada completada: es la llamada establecida originada y terminada en la que hubo servicio.

Sistema de auto-atención: es el sistema de atención automática que permite la interacción directa con un usuario a través de menús preestablecidos, recibiendo comandos y enviando información.

Área de atención: es el sitio de atención de la propia prestadora o un tercero donde el usuario tiene acceso personal a todos los servicios e información de los mismos ofrecidos por la prestadora del servicio.

Acceso móvil: cualquier acceso correspondiente a las estaciones móviles del servicio móvil celular.

Accesos móviles rehabilitados: accesos correspondientes a las estaciones móviles del servicio móvil celular anteriormente deshabilitadas que fueron retiradas por situaciones de cancelamiento o suspensión por causa de débito, permaneciendo el acceso con el mismo usuario.

Accesos móviles habilitados: accesos correspondientes a las estaciones móviles del servicio móvil celular habilitadas dentro del periodo de un mes.

Acceso móviles deshabilitados: accesos correspondientes de las estaciones móviles del servicio móvil celular cuyas habilitaciones fueron canceladas o suspendidas dentro de un periodo de referencia.

Acceso móvil en operación (AMO): accesos correspondientes al total de estaciones móviles en operación en un periodo que se suma a las estaciones móviles habilitadas, incrementando las rehabilitadas, substraídas y deshabilitadas en un periodo de tiempo.

ANATEL maneja los siguientes parámetros:

ÍNDICE DE RECLAMACIONES (PVMC1)

Indicador: es la relación porcentual entre el número total de reclamaciones y el número total de accesos a móviles en operación al último día del mes.

Representación matemática:

$$PVMC1 = \frac{A}{B} \times 100$$

Donde:

A: número total de reclamaciones en el mes.

B: número total de accesos a móviles en operación de la red prestadora de servicio al último día del mes.

Método de recolección de datos:

- a) Acumulación mensual de reclamaciones.
- b) Acumulación del número de accesos móviles en operación al último día del mes.
- c) Debe ser considerada toda reclamación recibida en los centros de atención de las empresas prestadoras del servicio.

Factor de ponderación: sumatoria del número total de canales de tráfico de la estación radio base en el mes definida por área por el código nacional contenida en el departamento de publicación de la prestadora en el último día del mes.

Unidad primaria: área definida por el Código Nacional contenida en el departamento de publicación de la prestadora.

Forma de presentación: los datos relativos a este indicador deben ser presentados mes a mes por el área de publicación de la prestadora del servicio definida por el Código Nacional de área de la siguiente forma:

- a) Indicador.
- b) Número total de reclamaciones del mes.
- c) Número total de accesos móviles en operación al último día del mes.
- d) Factor de ponderación.

RECLAMACIÓN DE COBERTURA DE CONGESTIONAMIENTO POR 1000 ACCESOS MÓVILES EN OPERACIÓN (PVMC2)

Indicador: es la relación de la suma de las reclamaciones de cobertura y el número de reclamaciones de congestiónamiento entre el número total de accesos móviles al último día del mes por cada 1000 accesos.

Representación matemática:

$$PVMC2 = \frac{A+B}{C} \times 100$$

Donde:

- A: número de reclamaciones de cobertura al mes.
- B: número de reclamaciones de congestiónamiento al mes.
- C: número de accesos móviles en operación al último día del mes.

Método de recolección de datos:

- a) Acumulación mensual de reclamaciones de cobertura.
- b) Acumulación mensual de reclamaciones de congestiónamiento.
- c) Acumulación del número de accesos móviles en operación al último día del mes.

Factor de ponderación: suma del número total de canales de tráfico de la estación radio base por área definida por el Código Nacional contenida en el departamento de publicaciones de la prestadora del servicio al último día del mes.

Unidad primaria: área definida por el Código Nacional contenida en el departamento de publicaciones de la prestadora del servicio.

Forma de presentación: los datos relativos a este indicador deben ser presentados conteniendo la información mes a mes por el departamento de publicaciones de la prestadora del servicio de la siguiente forma:

- a) Indicador.
- b) Número de reclamaciones de cobertura al mes.
- c) Número de reclamaciones de congestión al mes.
- d) Número total de accesos móviles en operación al último día del mes.
- e) Factor de ponderación.

ÍNDICE DE RESPUESTA DEL CENTRO DE ATENCIÓN A CLIENTES (PVMC3)

Indicador: es la relación porcentual entre el número total de llamadas atendidas por las telefonistas o las contestadas por el sistema de auto-atención originadas en la red de la prestadora del servicio en un tiempo no superior a 10 segundos y el número total de llamadas intentadas en la hora pico del mes para el centro de atención en la red prestadora del servicio.

Representación matemática:

$$PVMC3 = \frac{A}{B} \times 100$$

Donde:

A: número total de llamadas atendidas por las telefonistas o las contestadas por el sistema de auto-atención originadas en la red de la prestadora del servicio en un tiempo no superior a 10 segundos en la hora pico del mes para el centro de atención a clientes.

B: número total de llamadas intentadas a la hora pico del mes para la prestadora del servicio.

Método de recolección de datos:

- a) Acumulación de llamadas atendidas por las telefonistas o las contestadas por el sistema de auto-atención originadas en la red de la prestadora del servicio en un tiempo no superior a 10 segundos contados a partir del envío de los dígitos marcados por el usuario (send) en la hora pico del mes para el centro de atención de clientes.
- b) Acumulación de intentos de llamadas para el centro de atención a la hora pico del mes analizada por el CCC (Centro de Conmutación y Control).
- c) No deben ser consideradas las atenciones de equipos que introducen mensajes, tonos o música para realizar una espera de llamada.
- d) Los datos para la obtención de este indicador deben ser captados por los equipos del sistema del centro de atención y los archivos de tarifas de tráfico del CCC debiendo hacerse la acumulación de datos en todas las quincenas de cada mes.
- e) La hora pico del mes para el centro de atención a clientes debe ser la mayor de entre las quincenas observadas.

Factor de ponderación: suma del número total de accesos móviles en operación al último día del mes en el centro de publicaciones de la prestadora del servicio.

Unidad primaria: centro de atención a clientes de la prestadora.

Forma de presentación: los datos relativos a este indicador deben presentar la información de mes a mes por el departamento de publicaciones de la prestadora y por el centro de atención a clientes, de la siguiente forma:

- a) Indicador.
- b) Número total de llamadas atendidas por las telefonistas o por el sistema de auto-atendimiento, originadas en la red de la prestadora del servicio en un tiempo no mayor a 10 segundos.
- c) Número total de intentos de llamadas en la hora pico del mes para el centro de atención a clientes en la prestadora del servicio.
- d) Factor de ponderación.

ÍNDICE DE RESPUESTA A USUARIO (PVC4)

Indicador: es la relación porcentual entre el número total de correspondencias, pedidos de información, reclamaciones y solicitudes de servicios, recibidos por la prestadora del servicio y respondidos efectivamente durante los siguientes 5 días del mismo mes y el número total de correspondencias, pedidos de información, reclamaciones, y solicitudes de servicio, recibidos por la prestadora del servicio, en el mes respectivo incrementando el total de correspondencias, pedidos de información, reclamaciones y solicitudes de servicios relativos a meses anteriores y que no fueron respondidos efectivamente a los usuarios.

Representación matemática:

$$PVC4 = \frac{A}{B+C} \times 100$$

Donde:

A: número total de correspondencias, pedidos de información, reclamaciones y solicitudes de servicios recibidos y efectivamente respondidos por la prestadora de servicio en los siguientes 5 días del mismo mes.

B: número total de correspondencias, pedidos de información, reclamaciones y solicitudes de servicios recibidos por la prestadora de servicio, al mes.

C: número total de correspondencias, pedidos de información, reclamaciones y solicitudes de servicios relativos a los meses anteriores y no respondidos a los usuarios.

Método de recolección de datos:

- a) Acumulación mensual de correspondencias, pedidos de información, reclamaciones y solicitudes de servicio recibidos y efectivamente respondidos por la prestadora del servicio en los siguientes 5 días hábiles.
- b) Acumulación mensual de correspondencias, pedidos de información, reclamaciones y servicios recibidos por la prestadora del servicio.

c) Acumulación mensual de correspondencias, pedidos de información, reclamaciones y solicitudes de servicio recibidos por la prestadora, relativos a los meses anteriores incluyendo a los no respondidos.

d) Las formas de correspondencias serán consideradas por estos medios:

- carta de cualquier tipo
- telegrama
- fax
- correo electrónico

Forma de presentación: los datos relativos a este indicador deben ser presentados conteniendo la información de mes a mes por el área de publicación de la prestadora, de la siguiente forma:

a) Indicador

b) Número total de correspondencias, pedidos de información, reclamaciones y solicitudes recibidas en el mes y efectivamente respondidas por la prestadora del servicio en los siguientes días hábiles.

c) Número total de correspondencias, pedidos de información, reclamaciones y solicitudes del servicio por la prestadora al mes.

d) Número total de correspondencias, pedidos de información, reclamaciones y solicitudes del servicio relativos a los meses anteriores y no respondidos a los usuarios.

ÍNDICE DE ATENCIÓN AL PÚBLICO (PVMC5)

Indicador: es la relación porcentual del número total de usuarios que se presentan en las áreas de atención de la prestadora del servicio y que son atendidos en los próximos 10 minutos de cada día durante el mes entre el número total de usuarios que se presentan en las áreas de atención de la prestadora del servicio al mes.

Representación matemática:

$$PVMC5 = \frac{A}{B} \times 100$$

Donde:

A: número total de usuarios que se presentan en las áreas de atención de la prestadora del servicio y que son atendidos en los próximos 10 minutos de cada día durante el mes.

B: número total de usuarios que se presentan en las áreas de atención de la prestadora del servicio al mes.

Método de recolección de datos:

- a) Acumulación quincenal al mes del número total de usuarios que se presentan en las áreas de atención de la prestadora del servicio en horario comercial y que son atendidos en los próximos 10 minutos de cada día durante el mes.
- b) Acumulación quincenal al mes de usuarios que se presentan en las áreas de atención de la prestadora del servicio en horario comercial.

Factor de ponderación: suma del número total de accesos móviles en operación por área definida por el Código Nacional contenida en el área de publicación de la prestadora del servicio, contados al último día del mes.

Unidad primaria: área definida por el Código Nacional contenida en el área de publicación de la prestadora del servicio.

Forma de presentación: los datos relativos a este indicador deben ser presentados mensualmente de la siguiente manera:

- a) Indicador.
- b) Número total de usuarios que se presentan en las áreas de atención de la prestadora del servicio y que son atendidos en los próximos 10 minutos de cada día durante el mes.
- c) Número total de usuarios que se presentan en las áreas de atención de la prestadora del servicio al mes.
- d) Factor de ponderación.

NÚMERO DE CUENTAS POR RECLAMACIONES DE ERROR POR CADA 1000 CUENTAS EMITIDAS (PVMC6)

Indicador: es la relación porcentual del número total de reclamaciones de cuentas efectuadas por el usuario incluyendo contestaciones de valores referentes a servicios prestados por la concesionaria, a servicios prestados por terceros y de todos los problemas de inteligibilidad de las cuentas referidas durante el mes entre el número total de cuentas emitidas al mes.

Representación matemática:

$$PVMC6 = \frac{A}{B} \times 100$$

Donde:

A: número total de cuentas por reclamación de error al mes.

B: número total de cuentas emitidas al mes.

Método de recolección de datos:

- a) Acumulación mensual del número de cuentas por reclamación de error.
- b) Acumulación mensual de cuentas emitidas.

Factor de ponderación: suma del número total de accesos móviles en operación de todas las áreas definidas por el Código Nacional cuyas cuentas serán emitidas a partir del mismo centro emisor de cuentas de la prestadora del servicio.

Unidad primaria: centro emisor de cuentas.

Forma de presentación: los datos relativos a este indicador deberán ser presentados mensualmente de la siguiente manera por el área de publicación de la prestadora y por el centro emisor de cuentas:

- a) Indicador.
- b) Número de cuentas por reclamación de error al mes.
- c) Número total de cuentas emitidas al mes.
- d) Factor de ponderación.

ÍNDICE DE LLAMADAS ORIGINADAS Y COMPLETADAS (PVMC7)

Indicador: es la relación porcentual del número total de llamadas originadas y completadas entre el número total de tentativas de llamadas en horas pico al mes.

Representación matemática:

$$PVMC7 = \frac{A}{B} \times 100$$

Donde:

A: número total de llamadas originadas y completadas en horas pico del mes.

B: número total de tentativas de llamadas (originadas en los canales de control) en las horas pico al mes.

Método de recolección de datos:

- a) Acumulación de llamadas originadas y completadas en horas pico al mes, analizada por la CCC.
- b) Acumulación de todas las llamadas originadas en los canales de control en horas pico al mes, analizada por la CCC.
- c) La obtención de datos para este indicador deben ser retirados de archivos de tarifa o de tráfico de la CCC, debiendo ser recolectados en todas las quincenas de cada mes.
- d) La hora pico del mes debe ser la mayor de entre las horas pico de las quincenas observadas.

Factor de ponderación: suma del número total de canales de tráfico de la estación radio base registrados por la CCC y por el área definida por el Código Nacional contenida en el área de publicación de la prestadora al último día del mes.

Unidad primaria: central de conmutación y control (CCC).

Forma de presentación: los datos relativos a este indicador deberán ser presentados mensualmente de la siguiente manera tanto por la prestadora del servicio como por la CCC:

- a) Indicador.
- b) Número total de llamadas originadas y completadas en horas pico al mes.
- c) Número total de tentativas (originadas en los canales de control) en horas pico al mes.
- d) Factor de ponderación.

ÍNDICE DE ESTABLECIMIENTO DE LLAMADAS (PVMC8)

Indicador: es la relación porcentual del número total de llamadas establecidas en un tiempo no superior a 15 segundos entre el número total de llamadas establecidas en horas pico al mes.

Representación matemática:

$$PVMC8 = \frac{A}{B} \times 100$$

Donde:

A: es la relación porcentual del número total de llamadas establecidas en un tiempo no superior a 15 segundos en horas pico al mes.

B: número total de llamadas establecidas en horas pico al mes.

Método de recopilación de datos:

- a) Acumulación de llamadas establecidas en un tiempo no superior a 15 segundos contados a partir de que el usuario oprime enviar (send) en horas pico al mes analizada por la CCC.
- b) Acumulación de todas las llamadas establecidas en un mes en horas pico analizada por la CCC.
- c) El tiempo considerado para el establecimiento de inicio de una llamada cuando el usuario marca enviar (send) para la CCC.
- d) El tiempo considerado para el establecimiento final de la llamada cuando la CCC recibe una señal referente al establecimiento de la llamada conforme al reglamento de señalización para usuarios.
- e) La obtención de datos para este indicador deben ser tomados de archivos de tarifa o de tráfico de la CCC, debiendo ser recolectados en todas las quincenas de cada mes.
- f) La hora pico del mes debe ser la mayor de entre las horas pico de las quincenas observadas.

Factor de ponderación: suma del número total de canales de tráfico de la estación radio base registrados por la CCC y por el área definida por el Código Nacional contenida en el área de publicación de la prestadora al último día del mes.

Unidad primaria: central de conmutación y control (CCC).

Forma de presentación: los datos relativos a este indicador deberán ser presentados mensualmente de la siguiente manera tanto por la prestadora del servicio como por la CCC:

- a) Indicador.
- b) Número total de llamadas establecidas en un tiempo no superior a 15 segundos en horas pico al mes.
- c) Número total de llamadas establecidas en horas pico al mes.
- d) Factor de ponderación.

ÍNDICE DE CAÍDA DE LA CONEXIÓN (PVMC9)

Indicador: es la relación porcentual del número total de llamadas establecidas en la red de la prestadora del servicio, interrumpidas por la caída de la conexión entre el número total de llamadas establecidas en la misma red en horas pico al mes.

Representación matemática:

$$PVMC9 = \frac{A}{B} \times 100$$

Donde:

A: número total de llamadas establecidas e interrumpidas por la caída de la conexión en horas pico al mes.

B: número total de llamadas establecidas en horas pico al mes.

Método de recolección de datos:

- a) Acumulación en horas pico analizadas por la CCC de llamadas interrumpidas posterior a la finalización de la misma.
- b) Acumulación en horas pico analizadas por la CCC posterior a la finalización de la misma.
- c) La obtención de datos para este indicador deben ser tomados de archivos de tarifa o de tráfico de la CCC, debiendo ser recolectados en todas las quincenas de cada mes.
- d) La hora pico del mes debe ser la mayor de entre las horas pico de las quincenas observadas.

Factor de ponderación: suma del número total de canales de tráfico de la estación radio base por la CCC y por el área definida por el Código Nacional contenida en el área de publicación de la prestadora del servicio al último día del mes.

Unidad primaria: central de conmutación y control (CCC).

Forma de presentación: los datos relativos a este indicador deberán ser presentados mensualmente de la siguiente manera tanto por la prestadora del servicio como la CCC:

- a) Indicador.
- b) Número total de llamadas establecidas e interrumpidas por la caída de la conexión en horas pico al mes.
- c) Número total de llamadas completadas en horas pico al mes.
- d) Factor de ponderación.

Método de consolidación de indicadores

El objetivo de esta norma es que cada prestadora del servicio celular consolide el índice obtenido en cada uno de los indicadores visualizando su propia evolución de acuerdo con la estructura de la figura 4.1.

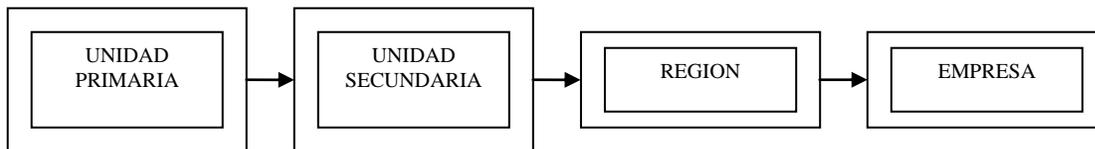


Figura 4.1 Evolución de norma

Las definiciones de los indicadores son usadas para el cálculo de sus valores en cada una de las etapas mostradas en la figura 4.1, observándose que en cada etapa a partir de la primera la información se va acumulando de forma ponderada.

Definiciones:

- a) Indicador: información significativa acerca de determinada área de interés que demuestra representativamente su situación.
- b) Índice: es un número dimensional o adimensional que significa el valor asumido por el indicador y puede servir para comparación de fenómenos aleatorios en tiempos o situaciones diversas.
- c) Factor de ponderación: valor utilizado para determinar el peso de un indicador en consolidación del índice representativo de una unidad secundaria, región o empresa.

Método de consolidación:

- a) Cálculo de los índices:
 - Para la eficacia del cálculo, se debe seguir este manual para cada indicador.
 - Se calculan los índices de unidades primarias.
 - Se calculan los índices de unidades secundarias ponderando los factores de cada unidad primaria.
 - Se calculan los índices de las regiones ponderando los factores de cada unidad secundaria.

Una vez calculados todos los índices para cada región estos son remitidos para el cálculo de los índices de la empresa ponderando los factores de cada región.

b) Consolidación:

- La fórmula a seguir representa una metodología de consolidación partiéndose de una unidad primaria hasta la consolidación a nivel de empresa:

$$I_s = \frac{\sum_{i=1}^n I_p F_p}{\sum_{i=1}^n F_p}$$

Donde:

I_s : es el índice del indicador PVMC_m para cada unidad secundaria, región o empresa.

I_p : es el índice del indicador PVMC_m a partir de cada unidad primaria, unidad secundaria o región.

F_p : factor de ponderación del indicador PVMC_m a partir de la unidad primaria, unidad secundaria o región.

n : número de unidades primarias, unidades secundarias o regiones.

c) Factor de ponderación de cada indicador

Los factores de ponderación (F_p) de cada indicador serán aplicados en la fórmula del párrafo anterior.

4.2 ASIA

En ASIA tomamos como representante de este continente a Malasia del cual pudimos obtener su norma y estudio referente a la calidad del servicio en la telefonía móvil.

4.2.1 Norma de Malasia

Determinación de la Comisión sobre el Reglamento de la Calidad de Servicio (Servicio Público Celular). Determinación No. 2 de 2002.

En esta determinación se requieren los siguientes conceptos:

ASP Applications Service Provider (Una aplicación de los servicios proporcionados).

Bussines day (día laborable): un día cotidiano, un día de la semana antes de un día de descanso y de los días de vacaciones.

Busy hour (hora ocupada): cualquier hora en un periodo ocupado.

Busy period (periodo ocupado): un periodo de entre las 9:00 a.m. a las 12:00 p.m. o de las 2:00 p.m. a las 5:00 p.m., en un día laborable.

Consumer (consumidor): significa una persona que requiere, recibe, adquiere, usa o está suscrito a servicios de multimedia y comunicaciones e incluye a un cliente.

Costumer (cliente): es la persona que por consideración adquiere o se suscribe al servicio de telefonía móvil celular.

Costumer base (cliente básico): significa el número total de suscriptores a un ASP del servicio celular sin incluir los consumidores que han sido desconectados.

Effective call (llamada efectiva): significa la comunicación entre dos dispositivos celulares que indica el inicio de la medición.

Public cellular service (servicio público celular): significa una aplicación que envuelve estaciones base o células para la entrega de datos y voz con fines de comunicación.

Licencias sujetas al mandato de esta norma

Todos los ASP que proporcionan servicio celular deben estar sujetos al mandato de esta norma. Los ASP son recomendados para asegurar que los prestadores del servicio estén cumpliendo con los acuerdos de calidad establecidos en las normas.

Reglamento sobre la factura de desarrollo

La factura de desarrollo significa la integridad y confianza en el sistema de factura al resolver este tipo de problemas apegándose a la exactitud de la factura. Las quejas de factura incluyen pagos hechos y equivocadamente acreditados o no acreditados, cargos dobles, desaparición de fondos de depósito, facturas tardías, no recepción de facturas, fraudes, facturas con direcciones incorrectas y otro tipo de errores.

El porcentaje de quejas de factura en cualquier periodo facturable no puede exceder el 2% del total de facturas emitidas en un periodo facturable. Por este propósito todas las quejas de factura pueden ser tomadas como una sola.

Las quejas de factura pueden ser resueltas dentro de los siguientes tiempos:

- 90% de quejas pueden ser resueltas dentro de los 15 días desde la recepción de la queja.
- 95% de las quejas pueden ser resueltas dentro de los 30 días desde la recepción de la queja.

La medición se describe por el siguiente índice:

$$\frac{\text{Total de quejas en un periodo facturable}}{\text{Total del número de facturas emitidas en un periodo facturable}} \times 100$$

Debe mantenerse un registro de quejas. Todos los reportes deben estar en la forma y formato que la Comisión prescribió en los tiempos explicados. Cada reporte debe estar acompañado por una declaración firmada por un oficial del prestador del servicio debidamente autorizado por la junta de directores, esperando que el reporte sea exacto y confiable. Estos reportes deben ser enviados a la Comisión en un tiempo no mayor a 6 semanas después del 30 de junio para reportar el periodo de enero a junio y del 31 de diciembre para el periodo de julio a diciembre respectivamente.

Reglamento sobre la disponibilidad del servicio

Disponibilidad del servicio en los extremos (ESA, *Endpoint Service Availability*) significa el porcentaje de llamadas efectivas y efectuadas por una intra o inter conexión de la red para establecer y mantener la llamada entre dos dispositivos con acceso móvil celular. Un dispositivo celular es aquel dispositivo capaz de acceder a la red en una de las bandas celulares. Intra red significa la conexión de llamada dentro de la red de servicio de un operador. Inter red significa la conexión de llamada entre dos redes de operadores.

El ESA no debe ser menor del 90% tanto para intra como para inter conexión.

La medición se describe por el siguiente índice:

$$\frac{\text{Llamadas intentadas} - \text{llamadas bloqueadas} - \text{llamadas caídas}}{\text{Número total de llamadas intentadas}} \times 100$$

Una llamada bloqueada es aquella cuando no hay un canal libre que pueda atender el intento de llamada.

Una llamada caída es cuando la conexión de llamada sucede (por ejemplo cuando una llamada es concebida, se haya o no asignado un canal libre para la llamada) y la llamada se cae debido a una actividad anormal de la llamada.

No debe de haber un índice mayor del 5% de llamadas caídas para llamadas intra red.

La medición se describe por el siguiente índice:

$$\frac{\text{Llamadas caídas}}{\text{Número total de llamadas intentadas}} \times 100$$

La prueba de ESA debe ser como sigue:

La prueba ESA para una intra red debe ser en proporción 50:50 en sistema móvil y sistema fijo.

La prueba ESA para una inter red debe ser por el modo del sistema fijo.

La secuencia de la llamada para ambas pruebas debe ser como sigue:

El tiempo de llamada dura 60 segundos con un intervalo de 10 segundos entre llamadas.

Si cualquier llamada se cae o se bloquea en la prueba del sistema, ésta debe permanecer parada por el resto de la duración de la misma, hasta que el próximo intento de llamada se realice.

Para la prueba ESA en una inter red la terminación en el extremo se deberá anexar un número de prueba a la MSC.

La prueba fija debe conducirse como sigue:

La prueba debe conducirse mientras se encuentra estacionado o fijo en áreas accesibles al público donde el servicio del operador tiene cobertura.

La medición debe basarse en un muestreo de llamadas de prueba en un día laborable.

El tamaño mínimo de la muestra debe ser de 30 llamadas de prueba.

La prueba móvil debe conducirse como sigue:

La prueba debe conducirse mientras se encuentra en movimiento en las principales avenidas en lugares de alta densidad comercial y áreas residenciales.

Cada área donde la prueba es conducida debe cubrir por lo menos 200 km en 5 horas de tiempo de manejo.

Las antenas de la unidad origen y destino deben colocarse a la misma altura en el mismo vehículo.

Reglamento sobre quejas en la retenibilidad de llamadas de un cliente general

La queja de un consumidor general es cualquier inconformidad recibida en el departamento de quejas incluyendo tardanza o no activación del servicio inclusive después de una inconformidad, pobre calidad de la línea, personal no profesional y otras quejas relacionadas con los servicios a clientes.

El número de quejas generales de un cliente no debe exceder 50 quejas por 1000 clientes en un periodo de 12 meses.

La medición se describe por el siguiente índice:

$$\frac{\text{Número total de quejas recibidas en un periodo de 12 meses}}{\text{Cliente básico en el final del periodo de reporte}} \times 100$$

Debe mantenerse un registro completo de las quejas de los clientes. Los reportes deben estar en la forma y formato que la Comisión prescribió. Cada reporte debe estar acompañado por una declaración firmada por un oficial del operador debidamente autorizado por la junta directiva, esperando que el reporte sea claro y confiable. Estos reportes deben ser enviados a la Comisión en un tiempo no mayor a 6 semanas después del 30 de junio para reportar el periodo de enero a junio y del 31 de diciembre para el periodo de julio a diciembre respectivamente.

Reglamento en la velocidad de respuesta del operador

La velocidad de respuesta del operador es la velocidad con la cual una llamada es contestada por una telefonista ASP para los servicios de emergencia.

La velocidad de respuesta del operador debe ser como sigue:

- 90% de las llamadas asistidas por servicios de emergencia deben ser contestadas en un tiempo no mayor a 10 segundos.
- 100% de las llamadas asistidas por servicios de emergencia deben ser contestadas en un tiempo no mayor a 20 segundos.

La medición se describe por el siguiente índice:

$$\frac{\text{Llamadas de emergencia contestadas dentro del tiempo pactado}}{\text{Total de llamadas de emergencia recibidas durante el periodo de prueba}} \times 100$$

En cualquier hora ocupada, menos del 5% de las llamadas para el operador deben enfrentarse con una señal ocupada.

La medición se describe con el siguiente índice:

$$\frac{\text{Llamadas que encuentran una señal ocupada dentro de una hora ocupada}}{\text{Total de llamadas durante una hora ocupada}} \times 100$$

La medición de este reglamento debe estar basada en un muestreo de prueba o en la observación del servicio sobre cualquiera de las dos horas consecutivas en cualquier día. Para el muestreo, el mínimo debe ser de 30 llamadas de prueba. El máximo intervalo entre dos llamadas de prueba debe ser de 2 minutos.

4.2.2 Estudio de Malasia

Calidad de Servicio Celular: MCMC para realizar las pruebas periódicas

El organismo regulador de este país es la MCMC (La Comisión de Multimedia y Comunicaciones de Malasia) el cual dirigió el siguiente estudio.

Este estudio realizó dos tipos de pruebas:

- El sistema fijo.
- El sistema móvil.

El segundo sistema investiga y observa la confiabilidad y disponibilidad de la red desde la perspectiva de un cliente en movimiento (incluyendo esto los handover desde una célula a otra). Además de los elementos que puedan afectar a un usuario en una red en particular como la cobertura, calidad del diálogo, accesibilidad, la llamada establecida y la disponibilidad de la red.

Por el otro lado el primer sistema tiene por objetivo el observar la confiabilidad y disponibilidad de la red desde la perspectiva de un cliente estático (los cuales son los que están siendo atendidos por la red en una sola célula).

Las mediciones están compuestas de una serie de llamadas, de acuerdo con el prediseño y localización de los clusters.

Las llamadas son realizadas bajo el mismo entorno y mismas condiciones para todos los operadores.

La prueba debe basarse en las guías de la EESAT determinadas por la MCMC.

Los parámetros tomados para este estudio son:

Nivel de recepción de llamada o desempeño de la cobertura

Es una medición entendida para la evaluación de la fuerza de la señal de bajada (downlink) por una estación móvil en el modo dedicado. Se toman en cuenta los valores que están por arriba de -98 dBm para el sistema móvil y por arriba de -82 dBm para el sistema fijo.

Desempeño de la calidad de la señal

Es la calidad de la señal recibida basada en los BER (*Bit Error Rate*) y después trasladada a los puntos de 0 a 7 donde:

- 0-3 Representa excelente
- 4-5 Representa bueno
- 6-7 Representa pobre

Esta medición puede ser útil para capturar el desempeño de la calidad de radio y por lo tanto la buena calidad de la señal.

Desempeño de la calidad del diálogo o índice de la calidad de diálogo (SQI)

Estima la calidad del diálogo en una red de cómo es éste percibido por el oído humano y también refleja la calidad del diálogo.

El cálculo de SQI envuelve otros parámetros como el BER y el FER (Frame Erasure Rate) y datos estadísticos en los eventos de handover de cada uno de los parámetros.

Índice de llamadas establecidas

Este parámetro se refiere a esas llamadas que han sido realizadas por una vía normal. Éste puede deducirse como el índice de llamadas realizadas menos el número de fallas de conexión y menos las llamadas caídas.

Índice de llamadas exitosas

Es el índice del número de llamadas exitosas para el número total de llamadas intentadas.

Índice de handover exitoso

Es el índice de handover exitosos para el número total de handover intentados. Los handover son monitoreados y estudiados en relación con el sistema de prueba móvil cuando el usuario está en movimiento.

Índice de llamadas caídas

Este parámetro se refiere a las llamadas caídas que son encontradas después que una estación móvil ha tenido un acceso exitoso al tráfico de canales pero después experimenta un funcionamiento anormal tanto por la calidad del radio o problemas con la cobertura. Cualquier anomalía en la terminación de llamadas es considerada como llamada caída. El índice de llamadas caídas es el porcentaje de todas las llamadas caídas debidas a cualquier causa sobre el número total de llamadas exitosas.

Índice de llamadas bloqueadas

Es el porcentaje cuando un canal de tráfico no puede ser seleccionado porque no hay un canal de tráfico libre que pueda ser encontrado en la célula requerida durante un procedimiento de asignación normal.

Tiempo promedio de llamadas exitosas

Este parámetro es el tiempo promedio que toma para que cualquier llamada exitosa sea ejecutada.

Tiempo de llamada exitosa

Se define como el tiempo total tomado desde que se oprime enviar hasta el tono de alerta. El parámetro seleccionado para este punto debe ser inferior a 15 segundos. Este parámetro es indicador de la eficiencia de la señalización y trunking de una red celular.

4.3 EUROPA

De Europa consideramos únicamente los estudios realizados en Francia, Inglaterra y Portugal por sus organismos regulatorios correspondientes

4.3.1 Inglaterra

Revisión para la Competitividad Efectiva: Móvil

El organismo regulador de este país es la OFTEL.

Los principales puntos a tomar en cuenta por los clientes residenciales según un estudio de OFTEL en mayo de 2000:

La principal razón para escoger un servicio celular es el precio (69%)

Calidad y cobertura (18%)

Servicio al cliente (6%)

Ahora bien para los comerciantes:

La principal razón para escoger un servicio celular es la cobertura (32%)

Precio (25%)

Razón desconocida (25%)

Precio

El precio del Reino Unido está un 10% sobre Alemania y Suecia, pero es más barato que en Francia e Italia. Además a esto se anexa el que para un grupo social está siendo una barrera el servicio por el precio.

Calidad

La calidad del servicio es una función esencial en la cobertura de la red, la disponibilidad a conectarse y sostener las llamadas una vez que el usuario está dentro de la cobertura. OFTEL tiene monitoreado el índice de llamadas en una base nacional y regional para darles a los clientes una información comparativa entre las redes. Para abril-junio de 1999 había un margen del 94.6% al 97.3% de llamadas exitosas. En octubre de 1999 a marzo de 2000 fue de 95.6% a 97.7%.

Cobertura rural

Las redes del Reino Unido tienen una cobertura típica del 98-99% de la población. Los usuarios esperan que la cobertura se extienda en zonas rurales, aunque cabe señalar que los sitios en esta zona se han incrementado gradualmente. OFTEL ha notado que todos los países tienen huecos en cobertura especialmente en áreas rurales lo cual se debe principalmente a la densidad de la población.

Experimentación de problemas de llamadas debido a la red

Alrededor de una tercera parte de los usuarios residenciales frecuentemente tienen problemas con sus llamadas. El principal problema es la no disponibilidad de hacer una llamada, y en segundo lo ocupan la calidad del sonido y las llamadas caídas.

Servicio al cliente

Ciertamente el servicio al cliente no ha sido un punto concerniente para la OFTEL por lo que no hay una clara sugerencia de que un pobre servicio al cliente cause que otros operadores proporcionen una mejor.

Opción de servicio

En comparación con otras economías de Europa, el Reino Unido tiene más ISP (Internet Service Provider) móviles y muchos más servicios que en Alemania y Suecia.

Opción e innovación de tarifas

Las cuatro operadoras de GSM ofrecen un amplio abanico de tarifas, aunque Francia y Alemania parecen ofrecer más tarifas para post pago.

4.3.2 Francia

Investigación de Evaluación de la Calidad de Servicio de la Red de Telefonía Móvil en Francia en el 2000.

Marco general del estudio

Los investigadores deberán fijar las llamadas entre ellos más allá de las redes a analizar. Ellos registrarán los resultados de las llamadas (ausencia de falla) cuando se mantiene la comunicación por al menos 2 minutos y (ausencia de corte) la cual es la calidad auditiva de la comunicación.

Las llamadas son pasadas por partidas de fijo a móvil (33%) y por partidas de móvil a fijo (67%).

Se examinan varias situaciones de utilización: en carro como situación de pasajero (sin antena de techo), a pie en el exterior, a pie en el interior de edificios, además de abordaje de trenes afuera de los suburbios. Tanto en carro como en tren se utiliza un equipo auricular. En el modo pedestre el móvil se tiene en las manos.

Para las mediciones en carro, las pruebas son llevadas a cabo simultáneamente sobre las tres redes a examinar desde el mismo vehículo. Cada red es examinada por un par de investigadores, uno móvil y el otro fijo. Las mediciones de los trenes y las mediciones a pie en exterior procederán con el mismo método.

Para la medición a pie en el interior, la comunicación es pasada por el mismo investigador y al mismo tiempo por las tres redes. Las pruebas a pie en el interior son realizadas en el día (habitación con ventanas) al menos tres metros desde la puerta. Éstas son repartidas entre la planta baja y los pisos de arriba, el sótano es excluido.

Para las aglomeraciones de más de 400 000 habitantes, las mediciones son realizadas exclusivamente en las horas pico (de 12h a 14h y de 17h a 21h entre semana), mientras que para aglomeraciones de 50 000 a 400 000 habitantes las mediciones son repartidas entre las horas pico (40%) y las horas no pico (de 9h a 12h y de 14h a 17h) (60%).

Las llamadas son efectuadas en la misma proporción con dos tipos de móviles de dos bandas por cada red.

Para todo el desempeño de la investigación, los operadores no conocen ni los días ni los lugares donde se efectuarán las mediciones. Ellos no tendrán conocimiento, no más que de las ciudades sorteadas entre las aglomeraciones de menos de 400 000 habitantes y los abonados útiles en el marco de la investigación.

Muestreo

El muestreo debe construirse de la siguiente manera:

Distinguir las diferentes situaciones (carro, a pie en interiores, a pie en exteriores, zonas geográficas, el corte de horarios).

Disponer de un número suficiente de mediciones de cada categoría en el orden de obtener una precisión estadística satisfactoria.

Repartir las mediciones en el seno de las categorías según las condiciones representativas de utilización más comunes.

	TOTAL	Según los horarios		Según el tipo de uso		
		Horas pico	Horas no pico	Mediciones en carro	A pie exterior	A pie interior
Zonas muy densas de grandes aglomeraciones.	1769	1769		535	555	679
Otras zonas densas de grandes aglomeraciones.	2093	2093		678	670	745
Aglomeraciones entre 50000 y 400 000 habitantes.	1409	559	850	473	438	498
Trenes exteriores (suburbios)	922	922				
TOTAL GENERAL	6193					

Tabla 4.2. Zonas de aglomeración en Francia

Las grandes aglomeraciones de más de 400 000 habitantes, considerando el censo de marzo de 1999, son las siguientes doce ciudades: París, Marseille-Aix-en-Provence, Lyon, Lille, Nice, Toulouse, Bordeaux, Nantes, Toulon, Douai-Lens, Strasbourg y Grenoble. Todas éstas son tipificadas y examinadas en “zonas muy densas” y “otras zonas densas” según los criterios siguientes:

- Zonas muy densas: centros de ciudades, zonas de tránsito (aeropuertos, estación de autobuses), centros de actividades (comercios, negocios) y autopistas en los límites de aglomeración.
- Otras zonas densas: continuamente alrededor de las zonas muy densas otros centros de ciudades de más de 5000 habitantes, otras vías urbanas en el seno de la aglomeración.

Para las aglomeraciones de 50 000 a 400 000 habitantes, se efectúa un sorteo según el mismo método que los años precedentes:

- Formar un número de aglomeraciones óptimas en las que en cada aglomeración se efectúen una serie de mediciones coherentes con esa altura.
- Sorteo aleatorio de aglomeraciones con la función de probabilidad logarítmica de la población.
- Rectificación del sorteo para equilibrar las diversas regiones del territorio.

Este método de sorteo refuerza voluntariamente la representación de pocas aglomeraciones para informar con un sorteo de cada aglomeración que se ha efectuado a éste, con una proporción probabilística de la población.

La selección de aglomeración es recapitulada en la tabla 4.3.

Categorías	Total Francia		Muestreo		
	Número	Población (millones)	Número seleccionado	Población (millones)	Representatividad
Más de 400 000 habitantes	12	18,2	12	18,2	100%
De 50 000 a 400 000 habitantes	100	12,3	20	3,4	28%

Tabla 4.3 Condiciones de muestreo de la aglomeración en Francia

Después de haber determinado la localización y número de mediciones, se toman en cuenta un cierto número de condiciones suplementarias:

Localización de las pruebas

De una forma general, la extensión de cada una de las aglomeraciones examinadas corresponde a la lista del INSEE la cual muestra las aglomeraciones más comunes.

Las aglomeraciones de más de 400 000 habitantes son subdivididas en “zonas muy densas” y “otras zonas densas” como se explicó más arriba. De las otras aglomeraciones se distinguen la “ciudad” la cual es más común y los “suburbios” que corresponde al resto de la aglomeración.

Mediciones en carro

De las aglomeraciones de más de 400 000 habitantes el territorio a examinar es dividido en zonas con superficies equivalentes con un cierto número de llamadas a efectuar. Los investigadores ajustan los trayectos en función del terreno (circulación y sentido prohibido), el objetivo es cubrir en forma equitativa la zona.

De las otras aglomeraciones, las mediciones son repartidas por $2/3$ en la ciudad y $1/3$ para el resto de la aglomeración. Éstas son efectuadas sobre los trayectos incluyendo las vías principales y las zonas construidas (centro de la ciudad, aeropuerto, paradero de autobuses, lugares turísticos, zonas deportivas) con ciertos puntos obligatorios establecidos por cada aglomeración.

Mediciones a pie

La repartición de las mediciones a pie tanto exterior como interior de las construcciones son dadas por la tabla 4.3.

Disposiciones comunes en las mediciones a pie exterior e interior

De las grandes aglomeraciones de más de 400 000 habitantes, las mediciones son repartidas según el mismo principio de división con zonas de superficie equivalente como se dio en las mediciones a carro. De las otras aglomeraciones, son efectuadas las mediciones en las zonas construidas con una repartición de $2/3$ en la ciudad y $1/3$ para el resto de la aglomeración.

Mediciones a pie en exterior

Las mediciones son hechas por $2/3$ en movimiento y $1/3$ sin movimiento. En cada punto examinado se realiza una sola medición de forma que se dispersen lo más posible. Los desplazamientos son escogidos por las zonas de mayor frecuencia utilizadas por los abonados (zonas construidas, parques, jardines, playas, etc.)

Mediciones a pie en interiores

Todas las llamadas son hechas en el día (habitación con ventanas) a menos de tres metros de distancia de las ventanas, sin que haya desplazamiento, los sótanos son excluidos.

Las mediciones son repartidas según el tipo de construcción: 40% en los lugares públicos, 30% en los inmuebles de la oficina y el otro 30 % en el resto de los inmuebles. La distribución de las mediciones es de la siguiente forma:

- En los lugares públicos de gran superficie: de 3 a 4 mediciones.
- En los lugares de poca superficie: 2 mediciones.
- En lugares privados (oficinas o habitaciones): de 2 a 4 mediciones según la superficie, repartiendo toda la construcción en grados y piezas.

Trenes de suburbios con grandes aglomeraciones

La importancia de la red de los suburbios es innegable según las aglomeraciones. Sólo París, Lyon, Marseille y Lille son las redes de suburbios importantes para reportar a todas las otras. Por lo tanto las pruebas son llevadas a cabo en esas 4 aglomeraciones según las proporciones siguientes: 65% París, 17% Marseille, 10% Lille y 8% Lyon.

Un vigilante está variando las posiciones de las rutas: ventana o corredor, de un lado de la vía está el que ejecuta la llamada y del otro lado está el que contesta la llamada. Los tres investigadores son siempre un grupo para evaluar las tres redes en las mismas condiciones. Las mediciones son realizadas únicamente en horas pico.

Notación de la calidad

La calidad auditiva es descrita por los investigadores móviles y fijos de acuerdo a cada uno de los siguientes niveles:

Perfecta: ninguna perturbación. Calidad comparable con la red fija.

Aceptable: un poco molesto al estar escuchando por cualquier perturbación que no moleste totalmente la conversación.

Mediocre: frecuentemente molesto al estar escuchando por numerosas perturbaciones, más sin embargo todavía se entiende la conversación.

Mala: en ésta es muy difícil de comprender y la conversación es imposible.

Cada investigador, fijo y móvil lleva una estimación sobre la comunicación mantenida en 2 minutos.

Equipo y desempeño de la investigación

Un jefe de proyecto y un supervisor se aseguran de la formación de los equipos, la organización de los itinerarios, lo respectivo a los modos de operación y el buen desempeño de la investigación.

La prueba en carro es realizada por un par de equipos de 7 personas (1 chofer, 3 investigadores móviles, 3 investigadores fijos). Las pruebas a pie son realizadas por un equipo de 6 personas (3 investigadores móviles y 3 investigadores fijos) o por un equipo de 2 personas (1 investigador móvil y 1 investigador fijo). Ahora bien las pruebas en los trenes se realizan por un equipo de 6 personas (3 investigadores móviles y 3 investigadores fijos).

Un total de 29 personas están movilizándose para realizar la investigación del terreno. Los investigadores fijos están situados en los sitios.

El objetivo de cada equipo es conducir y asegurar la información que indique en forma específica el índice de llamadas y el sentido de éstas.

Cada investigador fijo efectúa la toma de resultados, de mediciones y del punto de referencia topográfico según la propia información y la que el investigador a pie le comunique.

Las posiciones en carro y a pie son localizadas por un sistema de localización (GPS, *Global Position System*) el cual permite verificar las consignas concernientes a los trayectos, localizar las mediciones y ayudar al diagnóstico en caso de problemas.

Si en el curso de la investigación, la aparición de problemas eventuales afecta anormalmente la calidad sobre una o varias redes, ésta es permanentemente vigilada. Si la aparición de los problemas es debido al equipo empleado en la investigación, las mediciones hechas se eliminan y se vuelven a efectuar después de corregir el problema. Si los problemas son provenientes de un operador y son no recurrentes, éstos son considerados como inconvenientes debidos a los clientes y las mediciones son tomadas en cuenta. Si son recurrentes (por ejemplo la falla total de una red en una zona), éstos son inmediatamente indicados a la autoridad quien definirá la conducta a seguir (por ejemplo suspender las mediciones y posteriormente volverlas a hacer).

El material empleado (móviles, baterías, cargadores) por los investigadores requiere una atención especial de ellos para evitar que estos dispositivos puedan influenciar en el resultado de las mediciones.

Definición de los indicadores de calidad

Las definiciones mantenidas son las mismas que las que se habían introducido en 1998 (tabla 4.4).

Indicadores	Definición
Tasa de comunicaciones exitosas y que se mantienen en 2 minutos.	Una comunicación es considerada como exitosa si la llamada hecha por uno de los investigadores es exitosa desde el primer intento y si la comunicación se mantiene 2 minutos sin corte. La tasa se calcula sobre la base del número total de mediciones. Por lo tanto, se complementa al 100% con la tasa de llamadas fracasadas en un intento más la tasa de cortes.
Tasa de comunicación con calidad auditiva perfecta.	Una comunicación es catalogada como auditivamente perfecta cuando para los dos interlocutores es perfecta (comparable a la comunicación establecida en la red fija).
Tasa de comunicación con calidad auditiva aceptable.	Una comunicación es considerada como de calidad auditiva aceptable cuando para los dos interlocutores las perturbaciones son ligeras sin llegar a degenerar la conversación.
Tasa de comunicación con calidad auditiva correcta.	Esta es la suma de los dos indicadores precedentes. Una comunicación es considerada como correcta si la calidad auditiva para los dos interlocutores es perfecta o aceptable.
Tasa de comunicaciones exitosas manteniéndose 2 minutos y con una calidad auditiva correcta.	Esta es el resultado de la tasa de comunicaciones exitosas y de la tasa de comunicaciones con calidad auditiva correcta. Se complementa al 100% con la tasa de comunicaciones anormales: fracasos o cortes de calidad auditiva mediocre o mala.

Tabla 4.4. Definidores de calidad en Francia

La tasa de comunicaciones correctas, perfectas o aceptables se calcula sobre la base de la tasa de comunicaciones exitosas (establecidas desde el primer intento y mantenidas 2 minutos). Los otros indicadores son reportados junto con las mediciones efectuadas.

4.3.3 Portugal

Inspección en la Calidad de Servicio de Redes Móviles

Esta revisión compara tres aspectos de calidad de la red móvil, los cuales son importantes desde el punto de vista del usuario:

a) Accesibilidad: la habilidad de la red móvil para concertar y sostener la llamada. Más específicamente, la habilidad para establecer llamadas exitosas entre dos terminales de la misma red o entre una terminal en una red móvil y una terminal en una red fija (PSTN).

En los casos en que la llamada no haya sido establecida o cuando ésta haya sido interrumpida durante la conversación, se indica la causa de la falla o interrupción.

b) Cobertura: niveles de señal.

El equipo usado para la revisión permite medir la fuerza de la señal recibida por la terminal móvil. Las mediciones son tomadas en el canal de control DCCH2 y por lo tanto no se ven afectadas por la frecuencia esperada y el control de algoritmos de la potencia del enlace de bajada (downlink). Todas las mediciones son geo-referenciadas para permitir un mapeo subsecuente para facilitar la visualización de los niveles de cobertura de cada operador.

Fuerza de la señal (dBm)	
> -77	Buena
-86 a -77	Suficiente
-110 a -87	Mala

Tabla 4.5 Fuerza de la señal en el canal de control

c) Calidad de audio: esta prueba mide la percepción de la conversación para llamadas concertadas sobre un predeterminado período de tiempo.

Para medir la calidad del audio, se simula una conversación entre dos usuarios.

El método de prueba para la percepción de la calidad del audio se basa en el modelo “E” recomendado por la ETSI (ETR250) y la ITU (ITU-T recomendación G.107). Este modelo sirve como base para el cálculo de los MOS (Significado de la Medida de Opinión, *Mean Opinion Score*). La figura 4.2 se realizó con la medición de la calidad del audio.

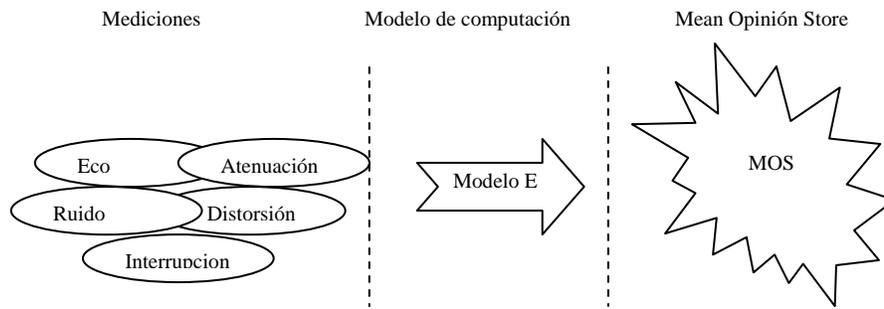


Figura 4.2 Calidad de audio en Portugal

La escala del MOS cuantifica el esfuerzo necesario para que la conversación sea perceptible. Cuando la percepción es nula el MOS la evalúa con 0; una percepción perfecta tiene un MOS de 5. Estos valores son simplemente aproximaciones teóricas y nunca son grabados en mediciones reales.

Calidad en MOS
5 Excelente
4 Buena
3 Suficiente
2 Pobre
1 Mala

Tabla 4.6 La escala MOS

METODOLOGÍA

La metodología seguida para esta prueba se basa en 3 aspectos fundamentales:

a) Medición punto a punto: las mediciones son hechas entre 2 puntos terminales en la red móvil o entre una terminal móvil y una terminal fija (PSTN).

La prueba punto a punto tiene algunas ventajas:

- Mismo punto de vista que los usuarios.
- Refleja problemas de conexión al igual que los usuarios.
- Permite elegir un ejemplo en el que se tiene una forma de resultados que reflejan las realidades como las percibe el usuario en general (selección de rutas, número y duración de llamadas, hora del día cuando las mediciones fueron hechas, etc.).
- Revela los problemas que afectan las redes y permite por lo tanto localizarlos.
- Permite la comparación en el desempeño de diferentes redes.

b) Imparcialidad: las mediciones a las tres redes de los operadores (OPTIMUS, TELECEL y TMN) fueron llevadas a cabo simultáneamente para asegurar la igualdad de condiciones en la prueba.

c) Objetividad: la prueba es totalmente automática, por lo tanto elimina la subjetividad inherente en la intervención o decisión del ser humano.

Prueba consistente en la realización de las llamadas bajo las condiciones listadas a continuación:

1.- La prueba entre un móvil y una terminal PSTN es denominada tipo A, o móvil arreglada; la prueba entre terminales de la misma red móvil es designada tipo B, o móvil-móvil.

2.- En las mediciones móvil-móvil, una terminal permanece estacionada, en un lugar con buena cobertura, mientras la otra terminal está en continuo movimiento a través de la ciudad o avenida a examinar.

3.- Las llamadas son iniciadas alternadamente por una terminal y luego por la otra, sin importar cual terminal haga la llamada, la calidad del audio (MOS) es medida en ambas direcciones durante una conversación simultánea.

4.- Cuando la primera llamada intentada falla, se intenta una segunda inmediatamente después.

5.- Después de que la llamada fue establecida, se sostiene una simulación de conversación con una duración máxima de 75 segundos.

6.- Las llamadas deben ser iniciadas (una por cada operador) en intervalos de 2 minutos.

ÁREAS DE PRUEBA

Como el objetivo de este análisis es comparar la calidad del servicio proporcionado por los operadores móviles percibida por el usuario, se seleccionan áreas donde esos servicios son más usados, por ejemplo en áreas urbanas y las principales arterias vehiculares. Se tuvo cuidado en extender el análisis alrededor de todas las regiones principales de Portugal.

Para las arterias vehiculares principales, se seleccionan avenidas vehiculares y caminos principales de grado A.

Las áreas urbanas cubiertas por esta investigación representan alrededor de la tercera parte de la población de Portugal de acuerdo con el último censo.

CONDICIONES DE LA MEDICIÓN

Dada la densidad de población de Lisboa y Porto y para hacer el análisis lo más representativo posible, las pruebas en estas áreas se llevan a cabo en varios días. Se extienden las pruebas para cubrir la mañana y las horas pico de la tarde y por lo tanto el periodo de las pruebas tarda de las 8 a.m. a las 8 p.m.

En las otras áreas urbanas las pruebas son realizadas en un solo día.

Para las arterias vehiculares y para hacer el análisis lo más representativo posible, se realizaron 3 jornadas por cada arteria: 2 mediciones para móvil-fijo y 1 para móvil-móvil.

PRUEBA Y MEDICIÓN DEL EQUIPO

El equipo usado para la prueba fue el TEKTRONIX M366 plus y un analizador de la calidad del servicio para redes GSM.

Principales características:

- Soporta mediciones en GSM900, DCS 1800 y doble banda.
- Soporta mediciones simultáneas de 3 operadores/redes.
- Soporta geo-referencia para todas las mediciones.

El equipo de prueba puede ser configurado por la duración de la llamada, número marcado y tiempo entre llamadas.

Estación base: es el nodo fijo del sistema M366 plus, incorpora 3 interfaces PSTN y mediciones en tablero DSP (Digital System Processor – Sistema Procesador Digital). La estación base es conectada a la PC que tiene la configuración y mantenimiento desarrollado. Esta unidad hace y recibe llamadas, realiza las mediciones de calidad y almacena los datos.

Estación móvil: ésta unidad incluye 3 interfaces de unidades móviles cada uno con un tablero DSP conectado a 3 SAGEM OT75-M teléfonos móviles con doble banda con EFR (Enhanced Full Rate- índice de aumento total – voz codificada/decodificada activando la calidad de audio comparable a una línea fija PSTN). Éste también incluye un tablero para el procesamiento de señales GPS. Las antenas para el GPS y los tres teléfonos móviles son ubicados en el toldo del vehículo (cuando la unidad fue montada en un auto). La estación móvil se conecta a una PC portátil para propósitos de configuración. Las operaciones desempeñadas por esta unidad son idénticas a las desarrolladas por la estación base: ésta hace y recibe llamadas, lleva a cabo la medición de la calidad y almacena datos. Como su nombre lo indica, la estación móvil está diseñada para tomar las mediciones mientras hay movimiento, por ejemplo instalada en el vehículo. Nada sin embargo prohíbe que ésta sea usada mientras está fija.

HERRAMIENTAS DE POST-PROCESAMIENTO

El analizador M366 viene con un software de herramienta, “Reporte” el cual soporta el almacenamiento y organización de la información, más la generación de estadísticas sobre los datos obtenidos por las unidades de medición.

Los archivos generados por las unidades de medición son organizadas dentro de la estructura de una base de datos. “Reporte” puede por lo tanto usar ACCESS u ORACLE para desempeñar esta función.

Esta herramienta del sistema hace posible generar diferentes reportes sobre una sola o varias sesiones con mayor o menor grado de detalle.

El M366 plus incorpora un receptor GPS el cual hace posible la geo-referencia de todas las mediciones.

Esta información es procesada por la herramienta “GeoReporte”, la cual en unión con una tercera herramienta “Información del mapa” hace posible la visualización de estadísticas en forma de un mapa geográfico generado digitalmente.

4.4 MÉXICO

Metodología de Verificación del Cumplimiento de los Parámetros de Calidad en las Redes Celulares de Radiomóvil Dipsa, S. A. de C. V. y Sos Telecomunicaciones, S. A. de C. V. (Región 9)

En México el organismo regulador es la COFETEL la cual ha hecho estudios de calidad en las redes de telefonía móvil del país, debido al gran incremento de quejas por parte de los usuarios de las mismas.

Los parámetros considerados por la COFETEL son:

1. Intentos de llamadas no completadas: 7% máximo.

Intento de llamada no completada significa la imposibilidad de que un usuario que ha realizado adecuadamente el proceso de marcación respectivo, logre establecer la comunicación deseada con el destino final, siempre y cuando dicha imposibilidad no fuere motivada por alguna de las siguientes circunstancias: (i) que la línea de destino se encuentre ocupada; (ii) que en el número de destino marcado no se conteste; o, (iii) que habiéndose logrado el acceso con el destino final, la llamada sea enrutada hacia un sistema de respuesta automática o a otra red.

2. Llamadas caídas: 7% máximo.

Llamada caída significa la imposibilidad de continuar una comunicación ya establecida con el destino final correspondiente al número marcado, siempre y cuando, tal imposibilidad hubiere sido motivada por cualquier causa ajena a la voluntad de los usuarios en el origen o en el destino de dicha comunicación y ésta última se hubiere mantenido en forma continua dentro del área de cobertura de la red del concesionario.

3. Tiempo de establecimiento de llamada: 20 segundos máximo.

Tiempo de establecimiento de llamada, significa el tiempo que transcurre desde el momento en que el usuario que pretende originar una llamada mediante la realización del proceso de marcación respectivo oprime la tecla “send”, o su equivalente, hasta el momento en que recibe la señalización que le indique el estado de la línea destino, que podría ser: (i) llamando; (ii) línea ocupada; o (iii) enrutamiento hacia un sistema de respuesta automática en la línea de destino. De lo anterior se deriva que toda llamada que no sea establecida en el tiempo máximo dispuesto en el numeral 3 anterior, será considerada como un intento de llamada no completada computable dentro del porcentaje aplicable al índice de calidad establecido en el numeral 1.

Los índices de calidad establecidos fueron aplicables hasta el 1° de septiembre del 2000. A partir de esta última fecha y hasta el término de la vigencia del presente documento, los índices de calidad que deberán cumplir los concesionarios, en los mismos términos y condiciones establecidos en este instrumento, serán los siguientes:

1. Intentos de llamadas no completadas: 5% máximo.
2. Llamadas caídas: 6% máximo.
3. Tiempo de establecimiento de llamada: 12 segundos máximos.

Por otra parte, la metodología de verificación deberá tomar en cuenta, cuando menos, los siguientes principios:

Con anterioridad a que la Comisión inicie las verificaciones, se evaluarán los sistemas de medición de calidad del concesionario, ya sea por un tercero o por la Comisión.

Los valores que se utilizarán para realizar las verificaciones por parte de la Comisión, deberán representar el promedio de una muestra proporcional al tráfico en las siguientes categorías:

Llamadas originadas y terminadas en la misma red celular.

Llamadas originadas en una red celular y terminadas en una red fija.

Las verificaciones que lleve a cabo la Comisión consistirán en el origen de diversas llamadas dentro de las categorías señaladas en el párrafo anterior.

Para efecto de las verificaciones que se realicen, no se llevarán a cabo mediciones de llamadas que se originen en la red celular del concesionario con destino a otras redes celulares, así como tampoco llamadas que se originen desde otra red, ya sea fija o celular, con destino a la red celular del concesionario.

Para determinar los valores obtenidos en las verificaciones, únicamente se realizarán mediciones sobre llamadas locales originadas desde la red celular.

Asimismo, no se realizarán mediciones respecto de llamadas originadas desde un aparato terminal contratado bajo un sistema de prepago o que se encuentre bajo la modalidad de “abonado visitante”.

Las verificaciones supondrán la aplicación de mecanismos que la Comisión y el concesionario convengan a fin de identificar si las diferencias que en su caso impidan el cumplimiento de los índices de calidad aplicables respecto de llamadas que requieran de interconexión con otras redes, son imputables a la red del concesionario sujeto a verificación o a la red interconectada de que se trate.

Las verificaciones que realice la Comisión se llevarán a cabo de conformidad con lo dispuesto en la Ley Federal de Procedimiento Administrativo y la Comisión permitirá en las mismas, la presencia de representantes del concesionario y/o de un notario público autorizado.

Para efectos del presente sistema de índices de calidad, no se dará valor alguno a mediciones realizadas por el concesionario o por cualquier otra persona física o moral ajena a la Secretaría o a la Comisión.

En la elaboración de la metodología de verificación, deberán identificarse las limitaciones inherentes a la radiocomunicación.

Para llevar a cabo las verificaciones, el concesionario deberá poner a disposición de la Comisión el equipo especializado de medición que sea necesario; así como el número de aparatos terminales que se determine en la metodología de verificación y determinación de compensaciones, absorbiendo los costos de los mismos, incluyendo el tiempo aire utilizado durante las mismas. Asimismo, absorberá los costos del tiempo aire utilizado con otros equipos que para el efecto, y de manera aleatoria habilite la Comisión durante un periodo de verificación determinado.

La Comisión y el concesionario acordarán de entre la lista de aparatos terminales que comercializa el concesionario, un modelo de calidad media o superior con tecnología analógica y uno con tecnología digital, para ser utilizados en las verificaciones. Su cantidad en el muestreo dependerá proporcionalmente del número de usuarios que utilicen el servicio con dichas tecnologías.

Para que las mediciones realizadas tengan validez comparativa, deberán elegirse condiciones técnicamente controladas, entre las que de una manera enunciativa más no limitativa, se incluyen los momentos en los que se originarán las llamadas (horas pico y no pico), y los lugares en los que las mismas se realizarán (únicamente en exteriores).

Debido a que el servicio que proporciona el concesionario es un servicio móvil, las mediciones que se realicen deberán incluir llamadas originadas desde vehículos en movimiento, en los que se recorrerán rutas predeterminadas, ya sea en toda su extensión o en parte.

La duración promedio de las llamadas de medición, en principio deberá ser equivalente a la duración promedio de las llamadas de la base de usuarios del concesionario, desde el momento en que se origine la llamada hasta la terminación de la misma por parte de quien la originó.

CAPÍTULO 5 PARÁMETROS SUGERIDOS PARA EVALUAR LA CALIDAD DEL SERVICIO EN MÉXICO

Al usuario típico no le interesa la forma en la que se presta un servicio determinado, sino la comparación de un servicio con otro en función de algunos parámetros universales de calidad de funcionamiento aplicables a cualquier servicio. La calidad del servicio (QoS, *Quality of Service*) se expresa mediante parámetros que:

- No dependen de supuestos sobre el diseño interno de la red.
- Están en términos de efectos perceptibles por el usuario y no en función de sus causas en la red.
- Se describen en términos independientes de la red y crean un lenguaje común comprensible tanto por el usuario como por el proveedor.
- Tienen en cuenta todos los aspectos del servicio que pueden medirse objetivamente en el punto de acceso al servicio.

A un proveedor de red le interesa la eficiencia de la misma. Desde el punto de vista de los proveedores de la red, la mejor manera de expresar la calidad de funcionamiento de la red consiste en utilizar parámetros que dan información sobre:

- Desarrollo de sistemas.
- Planificación de redes.
- Operaciones y mantenimiento.

Los parámetros de calidad de servicio (QoS) orientados al usuario proporcionan un marco valioso para el diseño de redes, pero no son necesariamente utilizables para especificar los requisitos de calidad de funcionamiento de una red en conexiones determinadas.

De modo similar, los parámetros de calidad de funcionamiento de la red (NP, network performance) determinan fundamentalmente la QoS, pero no necesariamente describen dicha calidad de manera significativa para los usuarios.

Ambos tipos de parámetros son necesarios, y sus valores deben estar relacionados si una red ha de prestar un servicio eficaz a sus usuarios. La definición de los parámetros de QoS y de NP debe hacerse de manera que la correspondencia entre sus valores sea clara en los casos en que no exista una relación biunívoca simple entre ellos.

Por lo tanto para darse una idea adecuada del nivel de calidad del servicio (QoS) en el funcionamiento de la red, para los operadores de telefonía móvil es necesario un conjunto de parámetros medidos, registrados y tratados como datos.

Cada concepto de calidad de funcionamiento puede ser degradado por un cierto número de causas precisas. Estas causas (por separado o en grupo) son el origen de los síntomas de fallas observadas por el usuario.

El usuario ve el servicio prestado desde fuera de la red, y su percepción puede describirse por parámetros de la calidad del servicio observada.

Por las razones antes mencionadas, se han establecido un grupo de parámetros, que fueron tomados de estudios y normas analizados (capítulo 4), pues consideramos a nuestro juicio los siguientes como los pertinentes para evaluar la calidad del servicio de telefonía móvil en nuestro país.

5.1 Cobertura

Es el nivel de señal recibida de una conexión inicializada en una estación base y finalizada en una estación móvil en el modo dedicado, medido en dBm.

La calidad de la cobertura se expresa mediante las siguientes calificaciones:

Extensión: esto es, tamaño de la zona de cobertura (local, regional, nacional, internacional).

Escenario de cobertura: describe el entorno en el que se desea la cobertura, por ejemplo:

- En calles y carreteras.
- En el interior de vehículos.
- En el interior de edificios.

Grado de cobertura: especifica el porcentaje (perimetral y zonal) de ubicaciones en el que se debe conseguir la comunicación.

Se consigue mediante el despliegue de células de tamaños y configuraciones (omnidireccional y sectorizada) acordes con el tipo de entorno y naturaleza del tráfico.

5.1.1 Medición de la Cobertura

Las mediciones serán tomadas en el canal de control DCCH2 por lo tanto no serán afectadas por la frecuencia esperada y el control de algoritmos del enlace de base a móvil. Todas las mediciones son geo-referenciadas para permitir un mapeo subsecuente para facilitar la visualización de los niveles de cobertura de cada operador.

Para la tecnología TDMA la cobertura se mide monitoreando el RSSI (*Received Signal Strength Indicator*) para el enlace de bajada en los enlaces de control y voz. La clasificación del RSSI se muestra a continuación en la tabla 5.1 y está basada en la norma TIA/EIA-136.



Fuerza de la señal (dBm)	
≥ -75	Muy Buena
$-85 < -75$	Buena
$-95 < -85$	Aceptable
≤ -95	Pobre

Tabla 5.1 Cobertura TDMA

Para la tecnología CDMA la cobertura es medida monitoreando la intensidad de la señal del canal piloto como función de la densidad de interferencia total en la banda del operador conocida como: Portadora / Ruido (C/N , *Carrier / Noise*). La estación móvil usa la C/N para comunicarse al sistema de CDMA.

La clasificación de C/N se muestra en la tabla 5.2 basada en TIA / EIA-95-B.

Fuerza de la señal (dBm)	
≥ -6	Muy Buena
$-9 < -6$	Buena
$-12 < -9$	Aceptable
≤ -12	Pobre

Tabla 5.2 Cobertura CDMA

Para la tecnología GSM la cobertura es monitoreada a través de la fuerza de la señal como muestra la tabla 5.3.

Fuerza de la señal (dBm)	
> -77	Buena
-86 a -77	Suficiente
-110 a -87	Mala

Tabla 5.3 Cobertura GSM

5.2 Índice de Llamadas Caídas

Este parámetro tiene que ver con la retenibilidad del servicio, el cual es la aptitud de un servicio para que, una vez obtenido, continúe siendo prestado en condiciones determinadas durante el tiempo deseado. Por lo general, la retenibilidad depende de las tolerancias de transmisión que son:

La característica de propagación, que se considera como la aptitud de un medio de propagación, por el cual viaja una onda sin guía artificial, para transmitir una señal dentro de tolerancias determinadas. Las tolerancias indicadas pueden aplicarse a variaciones del nivel de la señal, del ruido, de los niveles de interferencia, etc. La característica de propagación se aplica únicamente a la radiocomunicación.

La confiabilidad, que es la aptitud de un elemento para realizar una función requerida en condiciones determinadas durante un intervalo de tiempo determinado. Se supone generalmente que el elemento se halla en estado de realizar esta función requerida al comienzo del intervalo de tiempo considerado. El término confiabilidad designa también la medida de esta aptitud.

Para algunos servicios, como por ejemplo el de conmutación de paquetes, también depende de la aptitud para manejar tráfico y la disponibilidad de los sistemas correspondientes.

Este parámetro se refiere a las llamadas caídas que son encontradas después que una estación móvil ha tenido un acceso exitoso al tráfico de canales pero después experimenta un funcionamiento anormal tanto por la calidad del radio como por problemas con la cobertura. Cualquier anomalía en la terminación de llamadas es considerada como llamada caída. El índice de llamadas caídas es el porcentaje de todas las llamadas caídas debidas a cualquier causa sobre el número total de llamadas exitosas.

La percepción del índice de llamadas caídas para los abonados puede ser más alto debido a:

- 1.- La unidad del abonado no funciona correctamente (necesita reparación).
- 2.- La unidad móvil está operando en un vehículo (velocidad del vehículo).
- 3.- El usuario no sabe como obtener mejor recepción en su unidad móvil (desconocimiento de la unidad móvil).

5.2.1 Medición del índice de Llamadas Caídas

En principio el índice de llamadas caídas puede ser seleccionado muy bajo si se necesita mantener la calidad de voz. El índice de llamadas caídas y el nivel específico de la calidad de voz son inversamente proporcionales. En el diseño de un sistema comercial, como se mencionó anteriormente, el nivel específico de la calidad de voz, está dado por la relación: Portadora/Ruido (C/N , *Carrier/Noise*). Para mantener un cierto nivel de la calidad de voz, el índice de llamadas caídas puede ser calculado tomando en cuenta los siguientes factores:

- 1.- Proporcionar una señal de cobertura basada en el porcentaje (digamos 97%) en el que toda la señal recibida estará sobre el nivel de señal dada.
- 2.- Mantener los niveles específicos de interferencia cocanal y de canal adyacente en cada célula durante una hora pico, como puede ser, el peor caso de interferencia.
- 3.- Como el desarrollo del índice de llamadas caídas es calculado como una posible llamada en cada etapa del enlace de la unidad móvil a la red fija PSTN, el tiempo de respuesta del handover será un factor cuando el tamaño de la célula es pequeño, el tiempo de respuesta para un handover solicitado tiene que ser más corto en el sentido de reducir el índice de llamadas caídas.
- 4.- La señalización del handover y el algoritmo MAHO (*Mobile Assisted Handover*) se verán impactados por el índice de llamadas caídas.
- 5.- La relación entre la calidad de llamadas, capacidad del sistema y el índice de llamadas caídas puede expresarse a través del parámetro común C/N .

El índice de llamadas caídas puede calcularse usando tanto la fórmula general como la simplificada.

La fórmula general del índice de llamadas caídas P en la totalidad del sistema puede ser expresada como:

$$P = 1 - \left[\sum_{n=0}^N \alpha_n X^n \right] = \sum_{n=0}^N \alpha_n P_n \text{ ----- (5.1)}$$

Donde

$$P_n = 1 - X^n \text{ ----- (5.2)}$$

P_n es la probabilidad de una llamada caída cuando ha sido realizada a través de n handover y

$$X = (1 - \delta)(1 - \mu)(1 - \theta_p)(1 - \beta)^2 \text{ ----- (5.3)}$$

Donde:

δ = es la probabilidad de que la señal esté por debajo del umbral especificado a recibir (en un sistema de ruido-límite).

μ = es la probabilidad de que la señal esté por debajo del nivel de interferencia cocanal especificado (en un sistema de interferencia-límite).

τ = es la probabilidad de que un canal no esté disponible sobre un handover intentado cuando la unidad móvil está dentro de una nueva célula.

θ = es la probabilidad de que la llamada sea regresada a la célula original.

β = es la probabilidad de que existan circuitos bloqueados entre BSC y MSC durante un handover.

α_n = es el valor de peso para esas llamadas teniendo n handover y $\sum_{n=0}^N \alpha_n = 1$.

N = es el mayor número de handover para esas llamadas.

De la ecuación (5.3) se explica lo siguiente:

z_1 y z_2 son dos eventos, z_1 es el caso donde no hay tráfico en el canal dentro de la célula, z_2 es el caso donde no se asegura el regreso a la célula original. Considerando que z_1 y z_2 son eventos independientes, entonces

$$P(z_2 | z_1) \cdot P(z_1) = P(z_1) \cdot P(z_2) = \theta \cdot \tau \text{ ----- (5.4)}$$

$(1-\beta)$ es la probabilidad de que una llamada sea conectada exitosamente de una anterior BSC a la MSC. También, $(1-\beta)$ es la probabilidad de que una llamada se conecte exitosamente de la MSC a la nueva BSC. Entonces la probabilidad total de tener una llamada conectada exitosamente es:



El índice de llamadas caídas P expresado en la ecuación (5.1) puede especificarse en dos casos:

1.- En un sistema de ruido limitado (sistema puesto en marcha): no hay frecuencia de reutilización, el índice de llamadas caídas P_A se basa en la señal de cobertura. Esto también puede calcularse bajo condiciones de hora pico en un medio ruido-límite (para el peor caso).

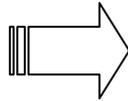
$$\delta = \delta_1$$

$$\mu = \mu_1$$

$$\tau = \tau_1$$

$$\theta = \theta_1$$

$$\beta = \beta_1$$



Son las condiciones para el caso de ruido límite

2.- En un sistema interferencia-límite (sistema maduro): la frecuencia de reutilización se aplica, y el índice de caída P_B se basa en el nivel de interferencia. Éste se puede calcular bajo condiciones de hora pico.

En un medio interferencia-límite (para el peor de los casos)

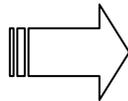
$$\delta = \delta_2$$

$$\mu = \mu_1$$

$$\tau = \tau_2$$

$$\theta = \theta_2$$

$$\beta = \beta_2$$



Son las condiciones para el caso de interferencia límite

En la ecuación (5.1) se tiene que hacer una distinción entre P_A y P_B . Los casos de P_A y P_B no ocurren al mismo tiempo. Cuando la capacidad se basa en la reutilización de frecuencias el nivel de interferencia es alto, el tamaño de las células es pequeño y la cobertura no es un problema. El índice de llamadas caídas depende totalmente de la interferencia.

Fórmula simplificada para el índice de llamadas caídas

Para esta fórmula los valores de τ , θ y β se asume que son muy pequeños y por lo tanto se pueden despreciar. Entonces la ecuación (5.3) será:

$$X = (1 - \delta)(1 - \mu) \text{ ----- (5.5)}$$

además, en el caso de ruido-límite, $\mu \rightarrow 0$, la ecuación (5.1) será:

$$P_A = \sum_{n=0}^N \alpha_n P_n = \sum \alpha_n [1 - (1 - \delta)^n] \text{ ----- (5.6)}$$

y en un sistema con interferencia-límite, $\delta \rightarrow 0$, por lo que la ecuación (5.1) será:

$$P_B = \sum_{n=0}^N \alpha_n P_n = \sum \alpha_n [1 - (1 - \mu)^n] \text{----- (5.7)}$$

Por la ecuación (5.5) el valor de X es por tanto fuertemente dependiente de δ y de μ .

Los valores de δ y de μ pueden ser derivados para el caso de una sola célula y un solo handover.

δ es calculado numéricamente en el caso de ruido-límite. La célula puede ser dividida en 5 aros como muestra la figura 5.1 de donde δ puede ser expresada como:

$$\delta = 1 - \frac{\sum_{i=1}^5 P_i \left(x > \frac{A_i(r_i) - \bar{m}}{\sigma} \right) a_i}{\pi R^2} \text{----- (5.8)}$$

Donde

$$1 - P_i \left(x < \frac{A_i(r_i) - \bar{m}}{\sigma} \right) = p_i \left(x > \frac{A_i(r_i) - \bar{m}}{\sigma} \right) \text{----- (5.9)}$$

$$a_i = \pi [2i - 1] r_1^2$$

$$\sum_{i=1}^5 a_i = \pi R^2$$

En una sola célula A_5 ($r_5=R$) es el nivel de señal deseado en una célula de radio $R = 5r_1$. Y por simplicidad la ecuación (5.8) se puede expresar como:

$$\delta = \frac{\sum_{i=1}^5 (1 - p_i) a_i}{\pi R^2} \text{----- (5.10)}$$

La ecuación (5.10) también sirve para la obtención de μ en el caso de interferencia. Por lo anterior:

$$\left. \begin{matrix} \delta_h \\ \mu_h \end{matrix} \right\} = \frac{(1 - p_5)^2 a_5 + (1 - p_4)(1 - p_6) a_4 + (1 - p_3) a_3 + (1 - p_2) a_2 + (1 - p_1) a_1}{\pi R^2} \text{---- (5.11)}$$

Hay que tener cuidado en diferenciar a p_i como la probabilidad de tener una llamada exitosa y a P_i como la probabilidad de tener una llamada caída.

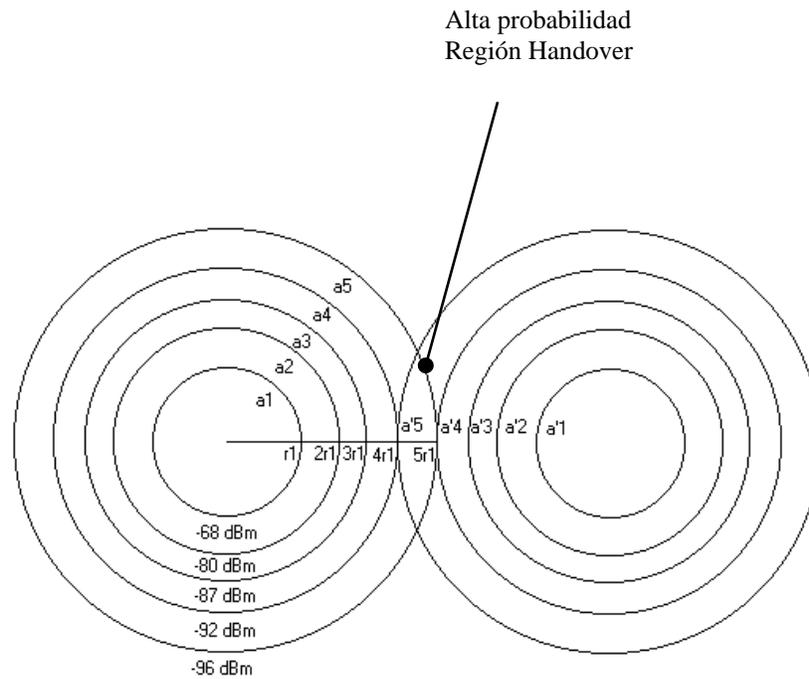


Figura 5.1 Diagrama para el cálculo de llamadas caídas debidas a handover

Como es sabido no se logra una eficiencia del 100% en los elementos que conforman a la red celular, por lo tanto, no se puede alcanzar la cobertura máxima, lo que da pauta para considerar un valor significativo del 97%, a su vez esto permite considerar un valor de $C = -102$ dBm, que garantiza estar 18 dB sobre el ruido ambiente (-120 dBm).

Observando la figura 5.1 obtenemos los valores de A:

- $A_6 = -99$ dBm,
- $A_5 = -96$ dBm,
- $A_4 = -92$ dBm,
- $A_3 = -87$ dBm,
- $A_2 = -80$ dBm,
- $A_1 = -68$ dBm.

Y con una $\sigma = 8$ dB tenemos una señal principal $m = -102$ dBm.

De la expresión (5.10), y con los valores de la tabla en el apéndice (A) para curvas de tipo gaussiano se obtienen los valores de p_i :

- $p_6 = 0.6443$
- $p_5 = 0.7734$
- $p_4 = 0.8944$
- $p_3 = 0.9693$
- $p_2 = 0.9970$
- $p_1 = 1$

Obtenemos el siguiente porcentaje de ruido-límite $\delta_h=3.51\%$

Basándose en el valor de $C= -102$ dBm y con un valor de $A_5 = C+10 = -92$ dBm con la misma desviación estándar de 8 dB y usando la expresión (5.10) se obtiene un porcentaje de interferencia-límite $\mu_h = 0.78\%$.

Una vez obtenidos estos dos porcentajes podemos calcular el porcentaje de llamadas caídas como sigue:

$$X = (1 - \delta_h) (1 - \mu_h) = 0.955725$$

$$P = 1 - X = 4.21\% \approx 4\%$$

Por todo el cálculo anterior no debe de haber un índice mayor del 4% de llamadas caídas.

La medición es como sigue:

$$\frac{\text{Llamadas caídas}}{\text{Número total de llamadas intentadas}} \times 100$$

La prueba debe ser como sigue:

Se realizarán dos tipos de pruebas fija y móvil con una proporción 50:50 entre ambas y realizadas en las horas pico.

La secuencia de la llamada para ambas pruebas es:

El tiempo de llamada dura entre 120 y 180 segundos con un intervalo de 10 segundos entre llamadas.

Si cualquier llamada se cae durante la prueba del sistema debe permanecer parada por el resto de la duración de la llamada junto con el intervalo correspondiente hasta que el próximo intento de llamada sea hecho.

La prueba fija debe conducirse como sigue:

La prueba debe ser conducida mientras se encuentra estacionado o fijo en áreas accesibles al público donde el servicio del operador tiene cobertura.

La medición debe basarse en un muestreo de llamadas de prueba en un día laborable.

El tamaño mínimo de la muestra debe ser de 30 llamadas de prueba.

La prueba móvil debe ser conducida como sigue:

La prueba debe realizarse mientras se encuentra manejando en las principales avenidas en lugares de alta densidad comercial y áreas residenciales.

Cada área donde la prueba es conducida debe cubrir por lo menos 200 km en 5 horas de tiempo de manejo.

Las antenas de la unidad origen y destino deben ser colocadas a la misma altura en el mismo vehículo.

5.3 Grado de Servicio

Es el conjunto de variables de ingeniería de tráfico utilizadas para tener una medida de la aptitud de un grupo de órganos en condiciones especificadas; estas variables del grado de servicio pueden expresarse como la probabilidad de pérdida, la demora del tono de invitación a marcar, etc. Los valores de parámetro asignados como objetivos para el grado de servicio se denominan normas de grado de servicio. Los valores de los parámetros de grado de servicio obtenidos en condiciones reales se denominan resultados del grado de servicio.

Debe tenerse presente que una tentativa de llamada puede frustrarse por bloqueo o porque el terminal esté situado en una zona de sombra radioeléctrica por lo que la probabilidad real de pérdida será:

$$p = 1 - (1 - p_b) * p_c \text{ ----- (5.12)}$$

Suele definirse el grado de servicio para estos sistemas, como sigue:

$$GOS(\%) = 100 * p \text{ ----- (5.13)}$$

En general, se establecen como objetivos de calidad p_b y p_c y a partir de ellos se obtiene el *GOS*.

Para el propósito del presente estudio el objetivo de calidad de tráfico es $p_b=0.5\%$ y el objetivo de calidad de cobertura $p_c=97\%$.

Haciendo uso de las expresiones (5.12) y (5.13) el *GOS* resultante es:

$$GOS(\%) = 100 * (1 - (1 - .005) * 0.97) = 3.48\%$$

5.3.1 Medición del Grado de Servicio

Está definido como la relación, en porcentaje, de la cantidad de llamadas no completadas sobre el total de intentos. No deberá de exceder el 3%.

La medición es como sigue:

$$\frac{\text{Llamadas no completadas}}{\text{Número total de llamadas intentadas}} \times 100$$

Entiéndase por llamadas no completadas, las que no se logran concretar entre el usuario llamante y el llamado por causas técnicas y/u operacionales, incluyendo todo tramo posible de falla o congestión, sea radioeléctrico o de conmutación o de transmisión telefónica (Ej. pérdidas, bloqueos, etc.).

Entiéndase por total de intentos a la suma del total de llamadas completadas y no completadas.

Llamadas establecidas son todas aquellas en que el usuario llamado "contesta" y se establece la comunicación.

Exceptúese de las llamadas no establecidas y de los intentos, las situaciones en las que el usuario llamado no contesta porque su terminal está ocupado, apagado o fuera del área de servicio.

5.4 Índice de Llamadas Bloqueadas

Haciendo uso de la distribución Erlang B dada por:

$$p_b = B(N, A) \text{ ----- (5.14)}$$

Donde p_b es la probabilidad de bloqueo, N es el número de canales por célula o por sector, según proceda y A es el tráfico ofrecido.

Tomando en cuenta que se desea un GOS de aproximadamente del 3% con una cobertura radioeléctrica del 97 % y haciendo uso de las expresiones (5.12) y (5.13) se obtiene una p_b del 0.5%.

5.4.1 Medición del Índice de Llamadas Bloqueadas

Por todo lo anterior el índice no debe ser superior al 0.5%.

La medición es como sigue:

$$\frac{\text{Llamadas bloqueadas}}{\text{Número total de llamadas intentadas}} \times 100$$

Donde:

Las llamadas bloqueadas son aquellas en las que no hay acceso a la red deseada debido a una alta densidad de tráfico.

5.5 Índice de Llamadas Conectadas

Es el índice total del número de llamadas exitosas para el número de llamadas intentadas.

El índice de este parámetro está basado en la probabilidad de llamadas bloqueadas que es del 0.5% por lo que el valor límite inferior es 99.5% para llamadas conectadas.

5.5.1 Medición del Índice de Llamadas Conectadas

La medición es como sigue:

$$\frac{\text{Número de llamadas exitosamente conectadas}}{\text{Número total de llamadas intentadas}} \times 100$$

Donde:

Las llamadas exitosamente conectadas son aquellas que ya son contestadas por el receptor o enrutadas hacia un sistema de respuesta automática o a otra red. En otras palabras son las llamadas que nos conectan a la red deseada.

5.6 Índice de Llamadas Completadas

Este parámetro tiene que ver con la disponibilidad de la red entendiendo por ésta, la aptitud de un elemento para hallarse en estado de realizar una función requerida en un instante determinado o en cualquier instante de un intervalo de tiempo dado, suponiendo que de ser necesario se facilitan los órganos externos. Ésta especifica la mayor o menor facilidad de acceso y toma de un radiocanal por parte del terminal. Depende de la calidad de cobertura y del grado de congestión por tráfico de los canales de radio disponibles.

La disponibilidad depende de aspectos combinados de la confiabilidad, “mantenibilidad” y de la logística de mantenimiento de un elemento. Donde la primera está definida como el temporal máximo admisible de interrupciones de los enlaces o caídas de llamadas debido a averías de los equipos, fallas de alimentación, interferencias intensas externas, etc. La confiabilidad es la aptitud de un elemento para realizar una función requerida en condiciones determinadas durante un intervalo de tiempo determinado. Se supone generalmente que el elemento se halla en estado de realizar esta función requerida al comienzo del intervalo de tiempo considerado. El término confiabilidad designa también la medida de esta aptitud.

La segunda es la aptitud de un elemento, en determinadas condiciones de utilización, para ser mantenido o restablecido en un estado en el que pueda realizar una función requerida, cuando el mantenimiento se efectúa en condiciones determinadas y utilizando procedimientos y recursos establecidos. El término “mantenibilidad” designa también la medida de esta aptitud. También se considera como la probabilidad de que pueda ejercerse

una determinada acción de mantenimiento activo sobre un elemento en determinadas condiciones de utilización y dentro de un intervalo de tiempo específico.

La tercera que es la logística de mantenimiento, está definida como la aptitud de una organización de mantenimiento para facilitar en determinadas condiciones, y previa petición, los recursos necesarios para mantener un elemento, de conformidad con una política de mantenimiento dada. Las condiciones indicadas se refieren al propio elemento y a las condiciones en las que se utiliza y mantiene el elemento.

Obtención del umbral indicado, para este parámetro se necesita del uso de los valores de p_i utilizados en la expresión (5.11) los cuales son los porcentajes de tener una llamada exitosa. Sacando un promedio de los porcentajes del caso ruido-límite se obtiene un valor de 0.8797 y para el caso de interferencia-límite se obtiene un valor de 0.9427. Ahora bien sacando el índice o porcentaje de llamadas no exitosas de la siguiente manera:

$$(1 - 0.8797) (1 - 0.9427) \approx 0.69\%$$

Se puede obtener el porcentaje de llamadas exitosas o completadas

$$(1 - 6.89 \times 10^{-3}) \approx 99\%$$

Pero para ser congruente con el GOS que se está pidiendo se deja un valor del 97%.

5.6.1 Medición del Índice de Llamadas Completadas

Por todo lo anterior el índice no debe ser menor del 97%.

La medición es como sigue:

$$\frac{\text{Llamadas intentadas} - \text{llamadas bloqueadas} - \text{llamadas caídas}}{\text{Número total de llamadas intentadas}} \times 100$$

Donde:

Una llamada bloqueada es aquella cuando no hay un canal libre que pueda atender el intento de llamada.

Una llamada caída es cuando la conexión de llamada sucede (por ejemplo cuando una llamada es concebida, se haya o no asignado un canal libre para la llamada) y la llamada se cae debido a una actividad anormal de la llamada.

Las siguientes llamadas no se tomarán en cuenta durante la medición:

- Que la línea de destino se encuentre ocupada.
- Que en el número de destino marcado no se conteste.
- Que habiéndose logrado el acceso con el destino final, la llamada sea enrutada hacia un sistema de respuesta automática o a otra red.

5.7 Tiempo Promedio de Duración de Llamadas

Este parámetro es el tiempo promedio para que cualquier llamada conectada sea completada.

Con base en las estadísticas de operadores, el tiempo promedio de una duración de llamada en México está dentro del intervalo de 120 – 180 s.

5.8 Tiempo de Establecimiento de Llamada

Intervalo de tiempo transcurrido desde el envío de la señal de la unidad móvil hasta la detección de una señal de respuesta en la central de salida. También se define como el intervalo de tiempo desde el instante en que el terminal llamado envía el primer bit del mensaje de conexión a su sistema de señalización de acceso, hasta que el terminal llamante recibe el último bit del mensaje de conexión.

El parámetro seleccionado para este punto debe ser inferior a 10 segundos basado en las normas y estudios analizados del capítulo anterior.

5.9 Calidad de Diálogo (voz)

En este punto es necesario definir claramente lo que es la calidad de voz antes de entrar de lleno a una discusión de sus características y componentes. Son muchos los factores que pueden influir en la percepción que se tenga de la calidad de una llamada telefónica, y van desde la facilidad o dificultad para establecer la llamada a la calidad del sonido en el auricular. A un nivel muy elevado, la calidad de una llamada telefónica básica está integrada por tres componentes fundamentales:

- Calidad del servicio.
- Calidad del sonido.
- Calidad de la conversación.

Por ejemplo, una calidad cuestionable del sonido con frecuencia se tolera, ignora o no se percibe si la calidad del servicio es muy alta. Los usuarios de teléfonos celulares o enlaces intercontinentales vía satélite toleran o ignoran los problemas de calidad del sonido debido a la utilidad misma de la llamada. Otro ejemplo involucra la calidad de la conversación. Cuando existe un rezago perceptible entre las frases dichas por quien habla y las que recibe quien escucha, muchos usuarios perciben este rezago como un problema de calidad de sonido o de calidad del servicio.

Sin embargo, la calidad del sonido y la calidad de la conversación parecen estar estrechamente relacionadas y dependen en gran medida de los detalles de distribución y rendimiento de la red. Es por ello que la calidad de voz se define como la medida cualitativa y cuantitativa de la calidad del sonido y la conversación de una llamada telefónica.

Considerando la definición anterior de la calidad de voz, surgen tres elementos como los factores primarios que afectan la calidad de voz:

- Claridad: la fidelidad, limpieza, ausencia de distorsión e inteligibilidad de una señal de voz.
- Demora extremo a extremo: el tiempo necesario para que una señal de voz viaje de la persona que habla a la que escucha.
- Eco: el sonido de la voz de la persona que habla que regresa a oídos de esa misma persona.

Una de las principales razones por las que la claridad, la demora y el eco se agrupan es que muchos usuarios reportan una calidad de voz inaceptable si alguno de los aspectos de la calidad de voz resulta inadmisibles. Por ejemplo, los usuarios rara vez distinguen entre distorsión y eco molesto; simplemente reportan una calidad reprobable de la llamada. Aunque los fabricantes de equipo para redes y los proveedores de servicios con frecuencia necesitan separar los problemas de la calidad de voz en áreas distintas, los usuarios no lo hacen.

La distorsión y la fidelidad son independientes de la demora extremo a extremo por cuanto que la señal de voz puede experimentar una demora significativa pero conservar un muy buen sonido. Lo contrario también resulta cierto: una señal de voz puede sonar muy distorsionada pero viajar tan rápidamente de extremo a extremo que el usuario no puede percibir la distorsión. Para que la calidad de voz sea percibida como aceptable, debe ser razonablemente buena y la demora debe ser sensatamente corta.

El eco es perceptible solamente cuando la demora de la red (definida en este caso como la demora en viaje redondo de la persona que habla al punto de eco) se encuentra por encima de un cierto umbral. En otras palabras, el eco proveniente de cualquier punto remoto en la red no se escuchará a menos que se demore lo suficiente para ser audiblemente distinto de la frase original. De manera similar, la claridad percibida es con frecuencia afectada en forma negativa por el eco audible, incluso si el nivel de distorsión en la señal del eco es muy bajo.

En el contexto de las pruebas de la calidad de voz, la claridad describe la fidelidad de la percepción, la limpieza y la naturaleza no distorsionada de una señal de voz en particular. La claridad también puede describirse como la inteligibilidad del habla, indicando la cantidad de información que puede ser extraída de una conversación. Sin embargo, es posible entender lo que se dice durante una conversación de voz y aún así experimentar una mala claridad.

La sutil, pero importante, distinción entre claridad e inteligibilidad ilustra tan sólo una parte de la complejidad involucrada cuando se intenta cuantificar la calidad de la voz. La claridad y la evaluación que una persona haga de ella, depende de un gran número de factores. Por ejemplo, ciertas bandas de frecuencia son más importantes para la claridad percibida que otras. Es mucho más probable que los escuchas humanos encuentren que la atenuación o distorsión en la banda de 1,000 a 1,200 Hz reduzcan la claridad e inteligibilidad más que la distorsión o atenuación en la banda de 250 a 600 Hz. Otro ejemplo es que las frases

completas se entienden mucho mejor como resultado del flujo lógico de las palabras en una oración (y, por tanto, se perciben como teniendo mayor claridad), que una secuencia de palabras no relacionadas, incluso si la secuencia de palabras aleatorias está menos distorsionada.

Existen otros factores que afectan la claridad de la voz. Algunos de ellos son el tipo de cosas que se podrían esperar en cualquier canal de transmisión de audio.

Todo el ruido, sin importar cuál sea su origen, tiene el potencial de reducir la claridad de una señal de voz. El ruido puede tener su origen en líneas analógicas o en bits de error en líneas para transmisión de datos. Es posible que si el ruido se introduce antes de que se digitalice la señal de voz, pueda ser reproducido fielmente. El ruido introducido después de que una señal de voz ha sido convertida nuevamente a su forma analógica distorsionará aún más la señal de voz.

En cuanto a los factores ambientales externos es posible tener una excelente calidad de audio en un auricular telefónico, pero, como resultado del ruido en la habitación, el estado de ánimo del usuario final, las expectativas del mismo y otros factores intangibles, la calidad de audio podría ser percibida como inaceptable. Esto afecta los métodos de prueba y dificulta mucho más la realización de pruebas subjetivas con sujetos humanos.

La demora es el tiempo requerido para que una señal atraviese la red. En el contexto de la telefonía, la demora extremo a extremo es el tiempo requerido para que una señal generada en la boca de la persona que llama, llegue al oído de la persona que escucha. La demora extremo a extremo es la suma de las demoras en los distintos dispositivos de la red y a través de los enlaces de la red por los cuales transita la voz. Son muchos los factores que contribuyen a la demora extremo a extremo.

La demora PSTN (*Public Switching Telephone Network*) es con mayor frecuencia, resultado de la demora en transmisión en troncales de larga distancia. La demora es especialmente elevada cuando están involucrados enlaces vía satélite (un enlace mediante un satélite geoestacionario tiene una demora de transmisión de aproximadamente 250 ms). Adicionalmente, la demora en conmutación en los nodos de la red es relativamente reducida si se compara con la demora en transmisión. En la gran mayoría de los casos, las PSTN presentan una demora relativamente baja, la cual está primordialmente en función de la distancia de transmisión.

Desde una perspectiva telefónica, el eco es el sonido de la voz de quien habla que regresa a sus oídos a través de la bocina del teléfono. En otras palabras, un eco ocurre cuando la señal de voz de la persona que habla se fuga de la ruta de transmisión de regreso a la ruta de recepción. Si el tiempo entre la frase dicha originalmente y el eco de regreso es corto (25 a 30 ms), o si el nivel de eco es muy bajo (aproximadamente -25 dB), es probable que no cause ninguna molestia ni alteración a las conversaciones de voz. En muchos ambientes PSTN existe eco pero ocurre tan cerca en el tiempo respecto a la voz de origen que en muy raras ocasiones representa un problema (algunas excepciones pueden incluir el eco que podemos escuchar mientras participamos en una llamada al extranjero vía satélite). En realidad, se desea un tipo especial de eco con una demora de aproximadamente 28 ms (con

frecuencia denominado tono lateral), ya que escuchar su propia voz mientras habla reafirma la confianza de la persona que habla. Es cuando el eco es lo suficientemente audible como para ser escuchado cuando atraviesa por redes con suficiente demora (generalmente alrededor de 30 ms y más) que la calidad de la voz se vuelve problemática.

Tradicionalmente, las técnicas para prueba de la calidad de voz han involucrado comparar formas de onda en una pantalla y medir la relación señal a ruido ($S/N = 18$ dB) y la distorsión armónica total, entre otros aspectos. Éstas y otras mediciones lineales resultan útiles solamente en algunos casos porque asumen que los cambios en la forma de onda de la voz representan una distorsión indeseable de la señal. Estos métodos de prueba también asumen que los circuitos telefónicos son esencialmente lineales.

Debido a la naturaleza inherentemente subjetiva de las pruebas de la calidad de voz, un método obvio para cuantificar la calidad es contar con números relativamente grandes de escuchas humanos que califiquen la calidad de voz como parte de un proceso de prueba controlado y bien definido.

La ventaja de este método es que las evaluaciones de claridad se derivan directamente de las personas que experimentarán la llamada de voz. Otra ventaja es la validez estadística que se deriva del gran número de evaluadores. Esta forma, de hecho, ha sido el método usado durante muchos años y se define como calificación de opinión promedio (MOS) en la especificación G.107 de la Unión Internacional de Telecomunicaciones basados en la relación que tiene con R (factor de determinación de índices de transmisión) como muestra la figura 5.2.

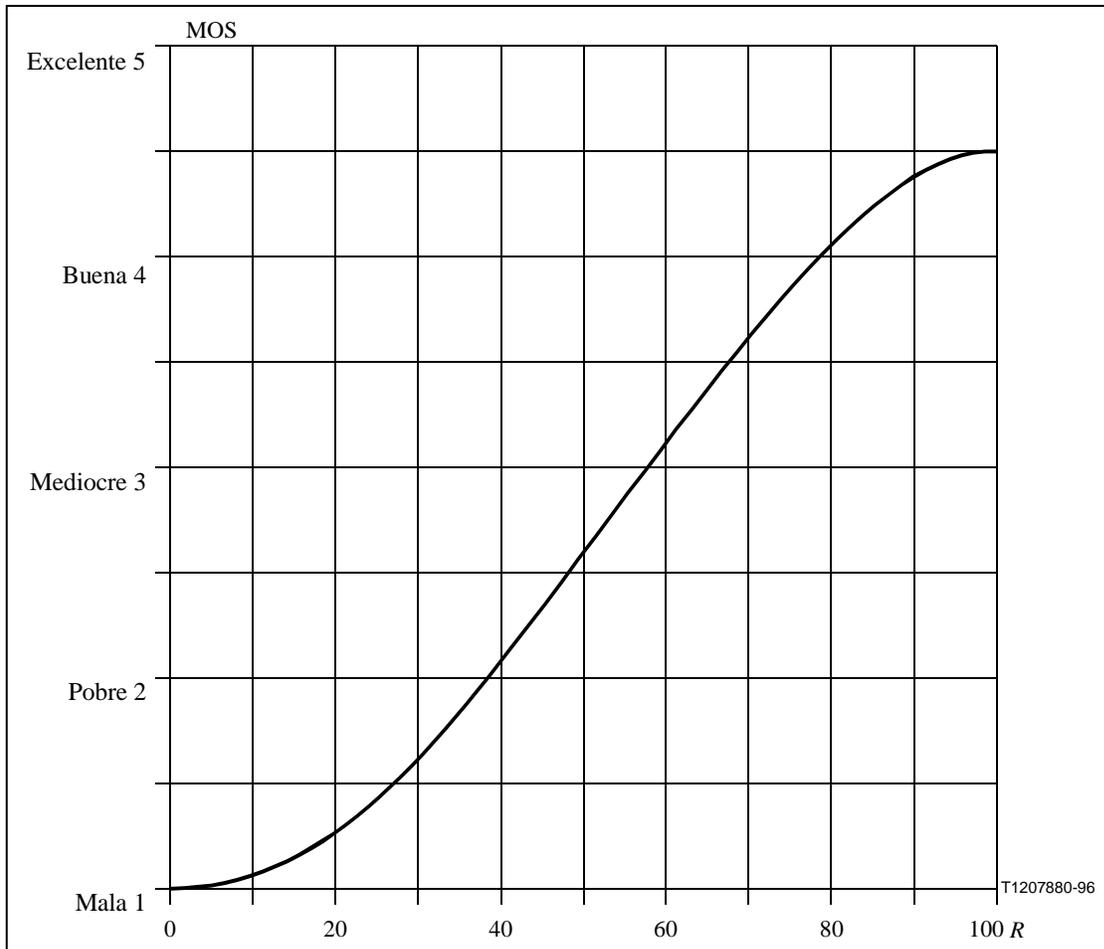


Figura 5.2 Escala del MOS en relación con R

5.9.1 Medición de la Calidad del Diálogo

Como vemos en la figura 5.2, la escala del MOS cuantifica el esfuerzo necesario para que la conversación sea perceptible. Cuando la percepción es nula el MOS la evalúa con 0; una percepción perfecta tiene un MOS de 5. La siguiente escala nos da una mejor idea de la medición de este parámetro con el MOS.

Calidad en MOS

- 5 Excelente
- 4 Buena
- 3 Mediocre
- 2 Pobre
- 1 Mala

5.10 Tiempo de Respuesta de los Servicios de Emergencia

Cabe aclararse en este punto que este parámetro es únicamente perceptible por los abonados que tengan contrato con algún operador de telefonía móvil.

El tiempo de respuesta del operador es el tiempo con la cual una llamada es contestada por una telefonista para los servicios de emergencia.

El tiempo de respuesta del operador debe ser como sigue:

- 90% de las llamadas asistidas por servicios de emergencia deben contestarse en un tiempo no mayor de 10 segundos.
- 100% de las llamadas asistidas por servicios de emergencia deben contestarse en un tiempo no mayor a 20 segundos.

5.10.1 Medición del Tiempo de Respuesta a los Servicios de Emergencia

La medición es como sigue:

$$\frac{\text{Llamadas de emergencia contestadas dentro del tiempo pactado}}{\text{Total de llamadas de emergencia recibidas durante el periodo de prueba}} \times 100$$

La medición de este parámetro debe basarse en un muestreo de prueba o en la observación del servicio sobre cualquiera de las dos horas consecutivas en cualquier día. Para el muestreo, el mínimo debe ser de 30 llamadas de prueba. El máximo intervalo entre dos llamadas de prueba debe ser de 2 minutos.

5.11 Equipo de Medición

El equipo de medición debe tener la posibilidad de medir los enlaces de subida y bajada simultáneamente de forma autónoma ya que así los problemas en cada enlace de transmisión pueden aislarse con exactitud.

5.11.1 Medición del Enlace de Subida (up link)

Para la medición del enlace de subida debe utilizarse un equipo de medición en tierra. Este equipo debe estar conectado a líneas fijas de la red telefónica pública conmutada (PSTN) reservadas para este propósito y así evitar tener una medición del enlace de subida que sea afectada por condiciones ajenas a la red celular.

Este equipo puede constar básicamente de una PC y un procesador digital de señales, conectados a las respectivas líneas telefónicas fijas. El equipo debe realizar una medición de la calidad de audio del enlace de subida para los teléfonos celulares utilizados durante las pruebas, registrando todos los datos recolectados en un archivo para después ser procesados con programas apropiados (software).

5.11.2 Medición del Enlace de Bajada (down link)

Para la medición del enlace de bajada se utiliza un equipo de medición de campo. A éste se conectan los teléfonos celulares. Este equipo debe estar conformado básicamente por un módulo electrónico que contenga las siguientes partes funcionales:

- 1.- Transreceptor de llamadas: constituidos por los módulos de llamada a los cuales están conectados los teléfonos celulares utilizados en las pruebas, y por un microprocesador que es el encargado de gobernar el control de la programación de las llamadas.
- 2.- Receptor escáner: es la parte del módulo encargada de realizar las mediciones de intensidad de señal de las redes en análisis, tanto en canales de control como de voz.
- 3.- Sección de navegación: esta sección es la que permite la recolección de datos geográficos de posición durante las pruebas. Debe constar de un equipo GPS (Sistema de Posicionamiento Global) y de una interfaz de conexión por medio de un cable de datos hacia una computadora portátil para la recolección de datos.
- 4.- Recolector de datos: adicionalmente el equipo de campo debe estar equipado con una computadora portátil, la cual realiza el almacenamiento de la información recolectada. Este equipo tiene también la función de gobernar los esquemas bajo los cuales se realicen las pruebas: tiempo de llamada, tiempo entre llamadas, tiempo para la desconexión del protocolo de comunicación, etc.

5.11.3 Programa de Post-proceso

Para el post-proceso se debe utilizar un programa de cómputo que manipule los datos recolectados con los equipos de medición, produciendo reportes estadísticos y mapas para un análisis del desempeño de las redes analizadas.

Con el software de post-procesamiento de los recorridos se debe hacer una relación de los datos recolectados en campo y tierra, y de esta forma poder evaluar cobertura, calidad y estadísticas de llamadas en las redes analizadas.

El instrumento de medición que se propone para realizar las mediciones de los parámetros considerados es el M366-PLUS de Tektronix (ver apéndice B) ya que es muy versátil.

CAPÍTULO 6 ANTEPROYECTO DE NORMA OFICIAL MEXICANA SOBRE CALIDAD EN EL SERVICIO DE TELEFONÍA CELULAR Y PCS

0.- Introducción

1.- Objetivo

2.- Campo de aplicación

3.- Referencias

4.- Definiciones

5.- Símbolos y Abreviaturas

6.- Especificaciones

6.1 Especificaciones para la cobertura

6.2 Especificaciones para el índice de llamadas caídas

6.3 Especificaciones para el grado de servicio

6.4 Especificaciones para el índice de llamadas bloqueadas

6.5 Especificaciones para el índice de llamadas conectadas

6.6 Especificaciones para el índice de llamadas completadas

6.7 Especificaciones del tiempo promedio de establecimiento de llamadas

6.8 Especificaciones para la calidad de diálogo

7.- Métodos de prueba

7.1 Áreas de prueba

7.2 Tamaño de la muestra

7.3 Método de prueba para la cobertura

7.4 Método de prueba para el índice de llamadas caídas

7.5 Método de prueba para el grado de servicio

7.6 Método de prueba para el índice de llamadas bloqueadas

7.7 Método de prueba para el índice de llamadas conectadas

7.8 Método de prueba para el índice de llamadas completadas

7.9 Método de prueba para la calidad de diálogo

8.- Equipo de medición

9.- Bibliografía

10.- Vigilancia

ANTEPROYECTO DE NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-XXX-XXX-2003

CALIDAD DEL SERVICIO EN TELEFONIA CELULAR Y PCS

0.- INTRODUCCION

Debido a la globalización de los mercados, actualmente los abonados se han vuelto más exigentes, más conocedores y más complejos, dispuestos a elegir con bases sólidas. Los gerentes reconocen que se pueden obtener ventajas competitivas sustanciales mediante un mejor servicio al abonado, asimismo éste ha venido a ser un medio poderoso para diferenciar una empresa de sus competidores. En la actualidad el servicio ha asumido un nuevo significado para los abonados, ya que, en él se evalúan precios, calidad y la capacidad para brindar una diferenciación distinta del producto en sí. La búsqueda de una diferenciación competitiva se ha convertido en una prioridad en la mayoría de los negocios orientados al mercado.

Recientemente, muchas empresas han comenzado a cambiar su definición de calidad más allá de la estrecha descripción de las características propias del producto para ampliarla hacia la oferta total del producto. En otras palabras, la calidad total es igual al producto principal más el ambiente del producto. Así, para llegar a ser un proveedor de calidad a los ojos del abonado, la organización debe cumplir con los requerimientos y expectativas del mismo.

Al abonado típico no le interesa la forma en la que se presta un servicio determinado, sino la comparación de un servicio con otro en función de algunos parámetros universales de calidad de funcionamiento aplicables a cualquier servicio. La calidad de servicio (QoS) se expresa mediante parámetros que:

- No dependen de supuestos sobre el diseño interno de la red.
- Se expresan en términos de efectos perceptibles por el abonado y no en función de sus causas en la red.
- Se describen en términos independientes de la red y crean un lenguaje común comprensible tanto por el abonado como por el proveedor.
- Tienen en cuenta todos los aspectos del servicio que pueden medirse objetivamente en el punto de acceso al servicio.

A un proveedor de red le interesa la eficiencia y la eficacia de la red. Desde el punto de vista de los proveedores de la red, la mejor manera de expresar la calidad de funcionamiento de la red consiste en utilizar parámetros que dan información sobre:

- Desarrollo de sistemas.
- Planificación de redes.
- Operaciones y mantenimiento.

Los parámetros de calidad de servicio (QoS) orientados al abonado proporcionan un marco valioso para el diseño de redes, pero no son necesariamente utilizables para especificar los requisitos de calidad de funcionamiento de una red en conexiones determinadas.

De modo similar, los parámetros de calidad de funcionamiento de la red (NP) determinan fundamentalmente la QoS, pero no necesariamente describen dicha calidad de manera significativa para los abonados.

Ambos tipos de parámetros son necesarios, y sus valores deben estar relacionados si una red ha de prestar un servicio eficaz a sus abonados. La definición de los parámetros de QoS y de NP debe hacerse de manera que la correspondencia entre sus valores sea clara en los casos en que no exista una relación biunívoca simple entre ellos.

Por lo tanto para darse una idea adecuada del nivel de calidad de servicio (QoS) en el funcionamiento de la red para algún operador de telefonía móvil, es necesario un conjunto de parámetros medidos, registrados y tratados como datos.

Cada concepto de calidad de funcionamiento puede ser degradado por un cierto número de causas precisas. Estas causas (por separado o en grupo) son el origen de los síntomas de fallas observadas por el abonado.

El abonado ve el servicio prestado desde fuera de la red, y su percepción puede describirse por parámetros de la calidad de servicio observada.

En términos generales, la calidad del servicio en telefonía es el efecto global de la calidad de funcionamiento de un servicio que determina el grado de satisfacción de un abonado respecto de un servicio.

1.- OBJETIVO

Este anteproyecto de norma oficial mexicana tiene como principal objetivo evaluar la calidad del servicio de los operadores de telefonía celular y PCS en nuestro país, mediante los indicadores de calidad establecidos.

2.- CAMPO DE APLICACIÓN

El presente anteproyecto de norma se aplica directamente al servicio que prestan las compañías de telefonía celular en las diferentes regiones celulares en que se encuentra dividida la República Mexicana.

3.- REFERENCIAS

Para la correcta aplicación de este anteproyecto de norma oficial mexicana se deben aplicar las siguientes normas:

NOM-008-SCFI-1993 Sistema General de Unidades de Medida, publicada en el Diario Oficial de la Federación el día 14 de octubre de 1993.

NMX-Z-012/2-1987 Muestreo para la inspección por atributos – Parte 2: Métodos de muestreo y gráficas. Declaratoria de vigencia publicada en el Diario Oficial de la Federación el día 28 de octubre de 1987.

4.- SÍMBOLOS Y ABREVIATURAS

DCCH2	Digital Control Channel 2 – Canal de Control Digital 2
DCS	Digital Communications System – Sistema de Comunicación Digital
DSP	Digital Signal Processor – Procesador Digital de Señales
GSM	Global System for Mobile communications – Sistema Global para comunicaciones móviles
MOS	Mean Opinion Score – Significado de la Medida de Opinión
NP	Network Performance – Desempeño de la Red
PCS	Personal Communications System – Sistema de Comunicación Personal
PSTN	Public Switched Telephone Network – Red de Telefonía Pública Conmutada.
QoS	Quality of Service – Calidad del Servicio

SÍMBOLOS

mW	Miliwatt
dBm	Unidad de potencia referido a 1mW
km	Kilómetro

5.- DEFINICIONES

Para los efectos de este anteproyecto de norma se establecen las siguientes definiciones:

- 5.1 Abonado:** es la persona que por consideración adquiere o se suscribe al servicio de telefonía móvil celular.
- 5.2 Calidad de voz:** la calidad de voz se entiende como correcta cuando en la comunicación no hay presencia de interferencia de ruido o distorsión, es decir, entre los interlocutores hay una comunicación inteligible.
- 5.3 Calidad del servicio:** efecto global de las características del servicio que determinan el grado de satisfacción de los usuarios.
- 5.4 Cobertura:** es el nivel de señal recibida de una conexión inicializada en una estación base y finalizada en una estación móvil en el modo dedicado, medido en dBm.
- 5.5 Grado de servicio:** es el conjunto de variables de ingeniería de tráfico utilizadas para tener una medida de la aptitud de un grupo de órganos en condiciones especificadas.
- 5.6 Handover:** es como se denomina al proceso de pasar una comunicación de un mismo móvil de un canal a otro.
- 5.7 Horas pico:** periodo entre las 8:00 a.m. y las 8:00 p.m. en un día laborable.
- 5.8 Llamadas bloqueadas:** son aquellas en las que no hay acceso a la red deseada debido a una alta densidad de tráfico.
- 5.9 Llamadas caídas:** son aquellas que son encontradas después de que una estación móvil ha tenido un acceso exitoso al tráfico de canales pero después experimenta un funcionamiento anormal tanto por la calidad del radio como por problemas con la cobertura.
- 5.10 Llamadas completadas:** son aquellas en las que el abonado satisface el ciclo total de una llamada, es decir él la inicia y la termina.

5.11 Llamadas conectadas: son aquellas en las que ya sea que sean contestadas por el receptor o sean enrutadas hacia un sistema de respuesta automática o a otra red. En otras palabras son las llamadas que conectan al usuario a la red deseada.

5.12 Llamadas intentadas: es la suma de las llamadas completadas y no completadas.

5.13 Llamadas no completadas: son aquellas en las que el abonado no concluye el ciclo total de una llamada debido a que fue bloqueada o caída.

5.14 Modo dedicado: es el monitoreo de las estaciones móviles a su alrededor para un handover y/o para otro tipo de información.

5.15 Operador: es la empresa que renta sus servicios a los abonados.

6.- ESPECIFICACIONES

Indicadores para evaluar la calidad del servicio

6.1 Especificaciones para la cobertura:

La cobertura se debe monitorear a través de la fuerza de la señal como muestra la tabla 1:

TABLA 1- Fuerza de la señal

Dimensiones en dBm	
> -77	Buena
-86 a -77	Suficiente
-110 a -87	Mala

6.2 Especificaciones para el índice de llamadas caídas:

Es la relación porcentual de las llamadas caídas entre el número total de llamadas intentadas. No debe ser mayor al 4%.

Cuantificador:

$$\frac{\text{Llamadas caídas}}{\text{Número total de llamadas intentadas}} \times 100$$

6.3 Especificaciones para el grado de servicio:

Es la relación porcentual de las llamadas no completadas entre el total de llamadas intentadas. No debe ser mayor al 3%.

Cuantificador:

$$\frac{\text{Llamadas no completadas}}{\text{Número total de llamadas intentadas}} \times 100$$

6.4 Especificaciones para el índice de llamadas bloqueadas:

Es la relación porcentual de las llamadas bloqueadas entre el total de llamadas intentadas. No debe ser mayor al 0.5%.

Cuantificador:

$$\frac{\text{Llamadas bloqueadas}}{\text{Número total de llamadas intentadas}} \times 100$$

6.5 Especificaciones para el índice de llamadas conectadas:

Es la relación porcentual de las llamadas conectadas exitosamente entre el total de llamadas intentadas. No debe ser menor al 99.5%.

Cuantificador:

$$\frac{\text{Número de llamadas exitosamente conectadas}}{\text{Número total de llamadas intentadas}} \times 100$$

6.6 Especificaciones para el índice de llamadas completadas:

Es la relación porcentual de las llamadas intentadas menos las llamadas bloqueadas y caídas entre el número total de llamadas intentadas. No debe ser menor del 97%.

Cuantificador:

$$\frac{\text{Llamadas intentadas} - \text{llamadas bloqueadas} - \text{llamadas caídas}}{\text{Número total de llamadas intentadas}} \times 100$$

6.7 Especificaciones del tiempo promedio de establecimiento de llamada

Se define como el intervalo de tiempo desde el instante en que el terminal llamado envía el primer bit del mensaje de conexión a su sistema de señalización de acceso, hasta que el terminal llamante recibe el último bit del mensaje de conexión. El tiempo seleccionado para este punto debe ser inferior a 10 segundos.

6.8 Especificaciones para la calidad de diálogo

Está expresado mediante la interpretación del MOS, como se muestra en la tabla 2, índice referido en la recomendación G.107 de la ITU.

Tabla 2. Calidad en MOS

5	Excelente
4	Buena
3	Mediocre
2	Pobre
1	Mala

7.- MÉTODOS DE PRUEBA

7.1 Áreas de prueba

Como el objetivo de este análisis es comparar la calidad del servicio proporcionado por los operadores móviles percibida por el abonado, se seleccionan áreas donde esos servicios son más usados, por ejemplo en áreas urbanas y las principales arterias vehiculares.

Las áreas urbanas cubiertas serán acorde con el último censo de abonados.

La metodología seguida para esta prueba se basa en 3 aspectos fundamentales:

- a) Medición punto a punto: Las mediciones se realizan entre 2 puntos terminales en la red móvil o entre una terminal móvil y una terminal fija (PSTN).
- b) Imparcialidad: Las mediciones a las redes de los operadores serán llevadas a cabo simultáneamente para asegurar la igualdad de condiciones en la prueba.
- c) Objetividad: La prueba será totalmente automática, por lo tanto elimina la subjetividad inherente en la intervención o decisión del ser humano.

Se realizarán dos tipos de pruebas: fija y móvil con una proporción 50:50 entre ambas y realizadas en las horas pico.

La prueba fija debe realizarse como sigue:

- La prueba debe realizarse mientras se encuentra estacionado o fijo en áreas accesibles al público donde el servicio del operador tiene cobertura.
- La medición se basa en un muestreo de llamadas de prueba en un día hábil.

La prueba móvil debe realizarse como sigue:

- La prueba debe realizarse mientras se encuentra manejando en las principales avenidas en lugares de alta densidad comercial y áreas residenciales.
- Cada área donde la prueba se realizará debe cubrir por lo menos 200 km en 5 horas de tiempo de manejo.
- Las antenas de la unidad origen y destino deben ser colocadas a la misma altura en el mismo vehículo.

7.2 Tamaño de la muestra

Referenciando el estudio de la COFETEL se tomarán los siguientes tamaños de muestra:

- Para una población mayor a 100,000 habitantes se necesita una muestra mínima de 7000 llamadas.
- Para una población menor a 100,000 habitantes se necesita una muestra mínima de 6000 llamadas.

7.3 Método de prueba para la cobertura

El equipo de prueba usado nos permite medir la fuerza de la señal recibida por la terminal móvil. Las mediciones serán tomadas en el canal de control DCCH2. Todas las mediciones son geo-referenciadas para permitir un mapeo subsecuente para facilitar la visualización de los niveles de cobertura de cada operador.

7.4 Método de prueba del índice de caída de llamadas

La prueba debe ser como sigue:

La secuencia de la llamada para ambas pruebas es:

- 1) El tiempo de llamada dura entre 120 y 180 segundos con un intervalo de 10 segundos entre llamadas.
- 2) Si cualquier llamada se cae durante la prueba del sistema debe permanecer parada por el resto de la duración de la llamada junto con el intervalo correspondiente hasta que el próximo intento de llamada se realice. Y será contabilizada como una llamada caída.

7.5 Método de prueba para el grado de servicio

La secuencia de la llamada para ambas pruebas debe ser como sigue:

- 1) El tiempo de llamada dura entre 120 y 180 segundos con un intervalo de 10 segundos entre llamadas.
- 2) Si cualquier llamada se cae o se bloquea en la prueba del sistema, éstas se deberán tomar como llamadas no completadas.

Deberán excluirse las siguientes llamadas:

- Exceptúese de las llamadas no completadas y de los intentos, las situaciones en las que el abonado llamado no contesta porque su terminal está ocupado, apagado, fuera de servicio, o que la llamada es enrutada hacia un sistema de buzón de mensajes.

7.6 Método de prueba para el índice de llamadas bloqueadas:

La secuencia de la llamada para ambas pruebas debe ser como sigue:

- 1) El tiempo de llamada dura entre 120 y 180 segundos con un intervalo de 10 segundos entre llamadas.
- 2) Si cualquier llamada se bloquea en la prueba del sistema debe permanecer parada por el resto de la duración de la llamada junto con el intervalo correspondiente hasta que el próximo intento de llamada se realice. Y será contabilizada como una llamada bloqueada.

7.7 Método de prueba para el índice de llamadas conectadas:

La secuencia de la llamada para ambas pruebas debe ser como sigue:

- 1) El tiempo de llamada dura entre 120 y 180 segundos con un intervalo de 10 segundos entre llamadas.
- 2) Si cualquier llamada se bloquea en la prueba del sistema, éstas se deberán de tomar como llamadas no conectadas.

7.8 Método de prueba para el índice de llamadas completadas:

La secuencia de la llamada para ambas pruebas debe ser como sigue:

- 1) El tiempo de llamada dura entre 120 y 180 segundos con un intervalo de 10 segundos entre llamadas.
- 2) Si cualquier llamada se cae o se bloquea en la prueba del sistema, éstas se deberán de tomar como llamadas no completadas.

Deberán excluirse las siguientes llamadas:

- Exceptúese de las llamadas no completadas y de los intentos, las situaciones en las que el abonado llamado no contesta porque su terminal está ocupado, apagado, fuera de servicio, o que la llamada es enrutada hacia un sistema de buzón de mensajes.

7.9 Método de prueba para la calidad del diálogo

La secuencia de la llamada para ambas pruebas debe ser como sigue:

- 1) El tiempo de llamada dura entre 120 y 180 segundos con un intervalo de 10 segundos entre llamadas.
- 2) Después de que la llamada fue establecida, se mantiene una simulación de conversación.
- 3) Las llamadas son iniciadas alternadamente por una terminal y luego por la otra, sin importar cual terminal haga la llamada, la calidad del audio (MOS) es medida en ambas direcciones durante una conversación simultánea.

8.- EQUIPO DE MEDICIÓN

El equipo recomendado para las pruebas deberá contar con las siguientes características:

Módulos de interfaz
PSTN con marcación pulso/DTMF.
DCS móvil 1800 Mhz.
GSM móvil 900 Mhz.
PCS móvil 1900 Mhz.
Doble banda móvil 900/1800 Mhz.

Mediciones de calidad de voz

- Retardo por eco
- Pérdida por eco
- Modos de volumen
- Ruido impulso

Datos celulares y estudio de calidad para fax.

Verificación SMS.

Nivel de satisfacción del subscriptor.

Generación automática de llamadas desde teléfonos celulares hacia teléfonos fijos o móviles.

Mediciones Simultáneas sobre 4 diferentes redes.

Despliegue de resultados en tiempo real en mapas digitales.

Post-proceso de datos obtenidos durante la campaña de mediciones.

Ejemplos reales de voz.

Condiciones ambientales:

Operación: de 0 a +35 °C (independientemente la PC); de 5 a +40°C

9.- BIBLIOGRAFÍA

- Determinación de la Comisión sobre el Reglamento de la Calidad de Servicio (Servicio Público Celular). Determinación No.2 de 2002 de Malasia.
- Calidad de Servicio Celular: MCMC para realizar las pruebas periódicas en Malasia.
- Inspección en la Calidad de Servicio de Redes Móviles de Portugal.
- Reglamento de calidad de servicio para el servicio de radiocomunicaciones móvil celular y para el servicio de telefonía móvil S.C. N° 18.979/99, de Argentina, publicado el 6 de julio de 1999.
- Manual de indicadores-Anexo II de Brasil (ANATEL).
- Metodología de Verificación AMCM de la Región 9 en México número DMJ_DGPFT_0075_00.

- Metodología de Verificación AMCM de la Regiones 4 y 6 en México número DMJ_DGPFT_0142_00.
- Reglamento del servicio de telefonía celular de Nicaragua (TELCOR).
- Resolución de Consejo Directivo No. 015-98-CD/OSIPTEL de Perú.
- Resolución 409 de 2001 de la Comisión de Regulación de Telecomunicaciones de Colombia (CRT).
- Revisión para la competitividad efectiva: Móvil de Inglaterra (OFTEL).
- Investigación de evaluación de la calidad del servicio de la red de telefonía móvil en Francia desarrollado en el 2000 (ART).
- Recomendaciones de la ITU número G.107, E.600, E.800, E430, M1224.
- Norma Oficial Mexicana NOM-R-50-1997. Guía para la redacción, estructuración y presentación de las Normas Oficiales Mexicanas.
- DENTON, D. Keith: Calidad en el Servicio a los Clientes. Ediciones Díaz de Santos, S.A. Madrid (España) 1991, pp 199.
- ALBRECHT, Karl y BRADFORD, Lawrence J.: La Excelencia en el Servicio. 3R Editores LTDA. Sta. Fé de Bogota (Colombia) 1998, pp 237.
- RAYMOND, McLeod, Jr, Sistema de Información Gerencial. 7ª Edición, Editorial Pearson Education USA 1998, pp 655.
- INTERNET:
<http://www.aeca.es/pub/monog/gestioncalidadservicio.htm>
<http://www.calidad.org>

10.- VIGILANCIA

La vigilancia del presente anteproyecto de norma oficial mexicana, una vez que sea publicada como norma definitiva, estará a cargo de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, por conducto de la Dirección General de Normas y la Comisión Federal de Telecomunicaciones, conforme a sus respectivas competencias.

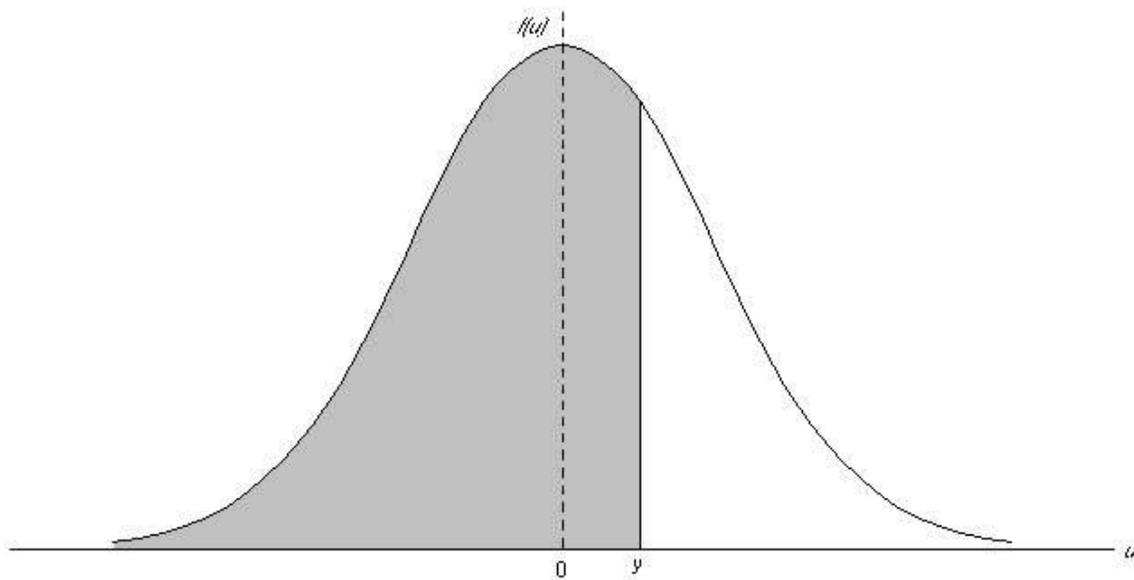
APÉNDICE A

La tabla da la probabilidad que $u \leq y$ es decir, da el área:

$$\int_{-\infty}^y \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{u^2}{2}} du$$

para $y > 0$

Véase la figura



y	.00	.01	.02	.03	.04	.05	.06	.07	.08	.09
.0	.5000	.5040	.5080	.5120	.5160	.5199	.5239	.5279	.5319	.5359
.1	.5398	.5438	.5478	.5517	.5557	.5596	.5636	.5675	.5714	.5753
.2	.5793	.5832	.5871	.5910	.5948	.5987	.6026	.6064	.6103	.6141
.3	.6179	.6217	.6255	.6293	.6331	.6368	.6406	.6443	.6480	.6517
.4	.6554	.6591	.6628	.6664	.6700	.6736	.6772	.6808	.6844	.6879
.5	.6915	.6950	.6985	.7019	.7054	.7088	.7123	.7157	.7190	.7224
.6	.7257	.7291	.7324	.7353	.7389	.7422	.7454	.7486	.7517	.7549
.7	.7580	.7611	.7642	.7673	.7704	.7734	.7764	.7794	.7823	.7852
.8	.7881	.7910	.7939	.7967	.7995	.8023	.8051	.8078	.8106	.8133
.9	.8159	.8186	.8212	.8238	.8264	.8289	.8315	.8340	.8365	.8389
1.0	.8413	.8438	.8461	.8485	.8508	.8531	.8554	.8577	.8599	.8621
1.1	.8643	.8665	.8686	.8708	.8729	.8749	.8770	.8790	.8810	.8830
1.2	.8849	.8869	.8888	.8907	.8925	.8944	.8962	.8980	.8997	.9015
1.3	.9032	.9049	.9066	.9082	.9099	.9115	.9131	.9147	.9162	.9177
1.4	.9192	.9207	.9222	.9236	.9251	.9265	.9279	.9292	.9306	.9319
1.5	.9332	.9345	.9357	.9370	.9382	.9394	.9406	.9418	.9429	.9441
1.6	.9452	.9463	.9474	.9484	.9495	.9505	.9515	.9525	.9535	.9545
1.7	.9554	.9564	.9573	.9582	.9591	.9599	.9608	.9616	.9625	.9633
1.8	.9641	.9649	.9656	.9664	.9671	.9678	.9686	.9693	.9699	.9706
1.9	.9713	.9719	.9726	.9732	.9738	.9744	.9750	.9756	.9761	.9767
2.0	.9772	.9778	.9783	.9788	.9793	.9798	.9803	.9808	.9812	.9817
2.1	.9821	.9826	.9830	.9834	.9839	.9842	.9846	.9850	.9854	.9857
2.2	.9861	.9864	.9868	.9871	.9875	.9878	.9881	.9884	.9887	.9890
2.3	.9893	.9896	.9898	.9901	.9904	.9906	.9909	.9911	.9913	.9916
2.4	.9918	.9920	.9922	.9925	.9927	.9929	.9931	.9932	.9934	.9936
2.5	.9938	.9940	.9941	.9943	.9945	.9946	.9948	.9949	.9951	.9952
2.6	.9953	.9955	.9956	.9957	.9959	.9960	.9961	.9962	.9963	.9964
2.7	.9965	.9966	.9967	.9968	.9969	.9970	.9971	.9972	.9973	.9974
2.8	.9974	.9975	.9976	.9977	.9977	.9978	.9979	.9979	.9980	.9981
2.9	.9981	.9982	.9982	.9983	.9984	.9984	.9985	.9985	.9986	.9986
3.0	.9987	.9987	.9987	.9988	.9988	.9989	.9989	.9989	.9990	.9990
3.1	.9990	.9991	.9991	.9991	.9992	.9992	.9992	.9992	.9993	.9993
3.2	.9993	.9993	.9994	.9994	.9994	.9994	.9994	.9995	.9995	.9995
3.3	.9995	.9995	.9995	.9996	.9996	.9996	.9996	.9996	.9996	.9997
3.4	.9997	.9997	.9997	.9997	.9997	.9997	.9997	.9997	.9997	.9998

APÉNDICE B

▶ M366plus



Características y Beneficios

Calidad del servicio, O&M y optimización de redes para:

- GSM900
- DCS1800
- Doble banda
- PCS1900
- GSM-R

Mediciones de calidad de voz

- Retardo por eco
- Perdida por eco
- Modos de volumen
- Ruido impulso

Datos celulares & Estudio de calidad para Fax.

Verificación SMS

Nivel de Satisfacción del subscritor

Generación automática de llamadas desde teléfonos celulares hacia teléfonos fijos o móviles.

Mediciones Simultáneas sobre 4 diferentes redes.

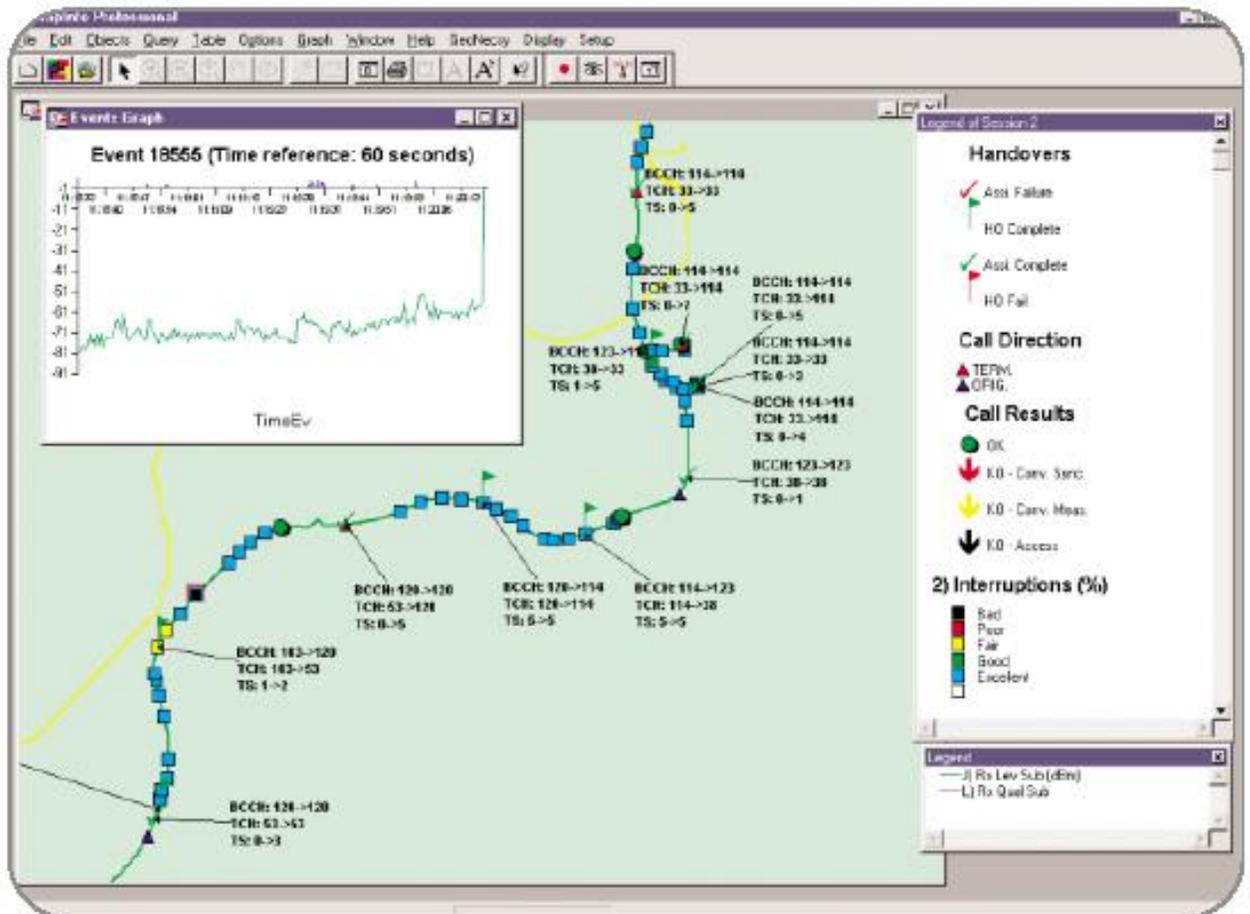
Despliegue de resultados en tiempo real en mapas digitales.

Post-proceso de datos obtenidos durante la campaña de mediciones.

Ejemplos reales de voz.

Aplicaciones

Mediciones de Calidad del servicio.
Optimización de redes móviles.



Características

Analizador de calidad para GSM900, DCS 1800, PCS 1900 y doble banda 900/1800 para redes celulares basado en unidades de medición (fijo y móvil) y un sistema de post-procesamiento (HW/SW).

Hardware

Modulos de interface

PSTN con marcación pulso/DTMF

DCS móvil 1800 Mhz.

GSM móvil 900 Mhz.

PCS móvil 1900 Mhz.

Doble banda móvil 900/1800 Mhz.

Suministro de energía:

(Equipo de medición)

Entrada de voltaje: 10 – 18 V en DC (12 V nominal), 220 V AC (con convertidor externo de AC/DC).

Corriente máxima 12 A en 10 V, 6.7 A en 18 V.

Condiciones ambientales:

Opera: de 0 a +35 °C (independientemente la PC); de 5 a +40°C

(Mediciones del equipo únicamente)

No opera: de -10 a +55 °C.

Dimensiones de la unidad:

410 x 370 x 305 mm (no incluye el asa)

16.1 x 14.6 x 12.0 pulgadas

Peso:

7KM366-BS: aproximadamente 15 Kg. (toda la configuración sin la PC)

7KM366-MS-900: aproximadamente 18 Kg. (toda la configuración sin la PC)

Notebook PC: P150 Mhz MMX 32 MB RAM 2.1 GB HD o equivalente

Software:**Equipo de medición**

Sistema operativo: Windows 95 o windows NT 4.0.

Post-procesamiento

Sistema operativo: Windows 95 o windows NT 4.0.

Base de datos: Microsoft Access 97 u Oracle 8

CONCLUSIONES

Como es bien sabido en México, el tema de la normalización ha sido muy ambiguo en muchos sectores de la industria, es el caso de las Telecomunicaciones, específicamente hablando del servicio de la Telefonía Celular y los Servicios de Comunicación Personal (PCS), por lo que no se ha logrado tener el impacto regulatorio deseado que requieren las operadoras de dichos servicios para ofrecer mayor calidad hacia los usuarios.

Al haber una mala calidad en el servicio de telefonía móvil se generan muchos conflictos en una llamada como pueden ser: la caída de una llamada, indisponibilidad de la red, perturbaciones en el sonido, demora en el tiempo de establecimiento de llamada, etc., que al abonado le provocan disgusto y además un gasto extra a la hora de remarcar. Por el contrario, si hay una buena calidad en la red de los proveedores de servicio este problema se presentaría con menor frecuencia y por lo tanto la percepción del usuario hacia el servicio sería mejor.

La calidad que ofrecen las empresas de telefonía celular en México es deficiente. Sin embargo, la COFETEL no desconoce esta problemática y se ha ocupado de realizar estudios sobre el tema como se mostró en esta tesis, además con la evolución de la tecnología en estos tiempos, algunos de los índices mostrados por estos estudios resultan insuficientes para las necesidades del México de hoy.

Por otro lado no es posible que se proporcione un servicio individual, es decir, que a cada usuario de este servicio se le de lo que desea, por lo que se hace necesario normalizar el servicio de telefonía móvil desde un punto de vista lo más objetivo posible para así poder satisfacer a casi el total de abonados de cada compañía celular. Además hacer que las empresas que ofrecen el servicio de telefonía móvil en nuestro país regularicen su servicio a través de una norma es de gran ayuda tanto para los abonados como para ellas mismas. Y de esa forma generar más competitividad.

Así, con esta propuesta de anteproyecto de norma oficial mexicana se logró el objetivo principal “Establecer un grupo de parámetros que nos permitieran evaluar esa calidad en los servicios de Telefonía Celular y PCS”, dicho trabajo servirá como base para realizar una norma oficial mexicana, se consideró de esta manera para que fuera de carácter totalmente obligatorio y no solamente de manera opcional como lo sería una norma mexicana, ya que como hemos dicho la regulación de las Telecomunicaciones es un punto del cual adolece nuestro país y que las empresas aprovechan para ofrecer un servicio caro, mediocre y de calidad insuficiente.

Comparativamente con otros países observamos que en cuanto a este tema de calidad del servicio de telefonía móvil, no se tiene mucho en realidad, cada país consideró parámetros que evalúan dicho servicio conforme al requerimiento de su país, lo que nos llevó a decidir que nosotros podríamos adoptar los parámetros que fueran necesarios y que se adaptaran a nuestro país y los que aquí presentamos, pensamos que fueron los que más se apegaron a dicho propósito.

Al realizar un análisis comparativo y detallado de cada uno de ellos, se lograron obtener los indicadores de calidad, lo que significa tener una medida integral de la calidad del sistema. Los indicadores de calidad permitirán comparar la red con la de otros operadores. La COFETEL en conjunto con las operadoras de este servicio en nuestro país llegarán a un común acuerdo de cuales son los tiempos y porcentajes que realmente se pueden alcanzar según sus propios estudios. Hacemos hincapié de que los tiempos y porcentajes que nosotros propusimos fueron tomados en base a cálculos de la red celular y que a su vez fueron muy cercanos a los que ya exigen otros países, por lo tanto los consideramos alcanzables y realizables para las operadoras en México. La COFETEL definirá, si es que así lo desea, después de evaluar el anteproyecto en conjunto con los operadores los valores objetivo de los indicadores de calidad.

Además establecimos aún más parámetros de los existentes en los estudios y en la propia Metodología de Verificación de calidad de servicio realizados en México en años anteriores por la Comisión Federal de Telecomunicaciones (COFETEL), dadas las circunstancias del país y de la enorme cantidad de quejas que se han provocado entre los usuarios de estos servicios, dichos parámetros fueron apegados lo más cercanamente posible a la objetividad y al aseguramiento de la calidad del servicio, para que así los indicadores especificados en este anteproyecto tuvieran aún más validez y los usuarios satisficieran su propia percepción que tienen de ella.

Además tratamos que los umbrales de los índices se justificaran matemática, teórica y técnicamente de la manera más conveniente posible de acuerdo al alcance y las propias necesidades de México.

Cabe aclarar que este anteproyecto de norma oficial mexicana es de carácter puramente técnico, aunque en el desarrollo de la tesis abarcamos también consideraciones administrativas debido a que el tema de calidad del servicio así lo requería.

Asimismo se deberá elaborar el procedimiento de evaluación de la conformidad con las normas oficiales mexicanas, normas internacionales u otras prescripciones o características que el grupo técnico considere necesarias anexar.

Para que los operadores del servicio celular puedan satisfacer los umbrales establecidos en el anteproyecto será necesario hacer una inversión en su infraestructura para mejorar sus redes y nivel de calidad.

Aún después de la normalización del servicio es evidente que se van a seguir teniendo problemas con las redes celulares pero en menor grado, ya que no se puede tener una perfección de funcionamiento total puesto que no existe.

BIBLIOGRAFÍA

- NYCE. Ley Federal sobre Metrología y Normalización.
- NYCE. Reglamento de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización.
- NOM-Z-13-1997. Guía para la redacción estructuración y presentación de las normas oficiales mexicanas.
- Determinación de la Comisión sobre el Reglamento de la Calidad de Servicio (Servicio Público Celular). Determinación No.2 de 2002 de Malasia.
- Calidad de Servicio Celular: MCMC para realizar las pruebas periódicas en Malasia.
- Inspección en la Calidad de Servicio de Redes Móviles de Portugal.
- Reglamento de calidad de servicio para el servicio de radiocomunicaciones móvil celular y para el servicio de telefonía móvil S.C. N° 18.979/99, de Argentina, publicado el 6 de julio de 1999.
- Manual de indicadores-Anexo II de Brasil (ANATEL).
- Metodología de Verificación AMCM de la Región 9 en México número DMJ_DGPFT_0075_00.
- Metodología de Verificación AMCM de la Regiones 4 y 6 en México número DMJ_DGPFT_0142_00.
- Reglamento del servicio de telefonía celular de Nicaragua (TELCOR).
- Resolución de Consejo Directivo No. 015-98-CD/OSIPTTEL de Perú.
- Resolución 409 de 2001 de la Comisión de Regulación de Telecomunicaciones de Colombia (CRT).
- Revisión para la competitividad efectiva: Móvil de Inglaterra (OFTEL).
- Investigación de evaluación de la calidad del servicio de la red de telefonía móvil en Francia desarrollado en el 2000 (ART).
- Recomendaciones de la ITU número G.107, E.600, E.800, E430, M1224.
- Norma Oficial Mexicana NOM-R-50-1997. Guía para la redacción, estructuración y presentación de las Normas Oficiales Mexicanas.

- DENTON, D. Keith: Calidad en el Servicio a los Clientes. Ediciones Díaz de Santos, S.A. Madrid (España) 1991, pp 199.
- WILLIAM C. Y. LEE. Mobile Cellular Telecommunications. McGraw Hill 2ª Edición 1995.
- ALBRECHT, Karl y BRADFORD, Lawrence J.: La Excelencia en el Servicio. 3R Editores LTDA. Sta. Fé de Bogotá (Colombia) 1998, pp 237.
- RAYMOND, McLeod, Jr, Sistema de Información Gerencial. 7ª Edición, Editorial Pearson Education USA 1998, pp 655.
- Manual del Instructor. Taller de Calidad de Servicio Basado en 7 herramientas Gerenciales. Servicios Pan Americano de Protección. Departamento de Adiestramiento y Desarrollo. Caracas (Venezuela) 2000, pp 74.
- Domingo Lara Rodríguez. Sistemas de Radiotelefonía Móvil Celulares. CINVESTAV 1991.
- José María Hernando Rábanos. Comunicaciones Móviles.
- Comisión Federal de Telecomunicaciones. Informe de labores 2000.
- Tesis 33 01 007: Diseño de RF de una red de servicios de comunicación personal.
- Tesis 33 01 006: Diseño de sistemas de telefonía celular.
- Tesis 33 01 004: Alternativas de implantación de una red PCS.
- Tesis 33 02 001: Auditoria de calidad de servicio para redes de telefonía celular (benchmarking).
- Asesoría en redes y telecomunicaciones S. A. de C. V. Características del mercado de Telecomunicaciones en México.

INTERNET:

<http://www.aeca.es/pub/monog/gestioncalidadservicio.htm>

<http://www.calidad.org>

<http://www.monografias.com>

<http://www.iec.org>

<http://www.cft.gob.mx>

<http://www.etsi.org>

<http://www.itu.int>

<http://www.osiptel.gob.pe>

http://www.cft.gob.mx/frame_celulares.html

<http://www.oftel.gov.uk/publications/research/index.htm>

<http://www.art-telecom.fr/communiqués/pressrelease>

<http://www.anatel.pt>

<http://www.profeco.gob.mx/revista/estudios/estudio.htm>

<http://www.mundo.ole.es/informática/articulo/html/inf69.htm>

<http://www.telefonicapr.com>

<http://www.auladatos.movistar.tsm.es/Aula-de-Datos>

<http://www.telcel.com>