
Calidad de Servicio(QoS) y Calidad de Experiencia(QoE) en Sistemas de Telefonía Móvil



Autor: Ramiro Lema

Tutor FI: Federico Aguirre

Tutor empresa: Gabriel Ordoñez

Telecom Argentina S.A.

Río Cuarto, Julio 2018

RESUMEN

Esta práctica profesional consta del desarrollo de un sistema de representación que permite de manera simple, identificar las zonas de interés y los resultados correspondientes a mediciones realizadas que buscan detectar la calidad de servicio (**QoS**) y la calidad de experiencia (**QoE**) de la telefonía móvil.

El objetivo principal es brindar a la empresa prestadora del servicio una herramienta de visualización y reporte de alarmas sencilla que le permita actuar proactivamente ante los posibles reclamos respecto del servicio de telefonía móvil, considerando la experiencia del usuario al utilizar el servicio.

Ya que la herramienta se presentará ante un prestador que debe cumplir requisitos de instituciones nacionales, se recurre a normativas que establecen el marco dentro del cual deben llevarse a cabo, tanto las mediciones del servicio, como las representaciones de lo medido y así desarrollar una herramienta que cumpla los requisitos institucionales.

Mediante la incorporación conceptual de puntos clave presentes en [1], la resolución 3797/2013 del Ente Nacional de Comunicaciones (ENACOM, anterior CNC), que incluye el Manual de Procedimientos de Auditoría y Verificación Técnica del Reglamento de Calidad de los Servicios de Telecomunicaciones, [2], se adquiere el marco dentro del cual se busca trabajar, pudiendo así desarrollar un sistema de representación que se encuentre dentro de los límites reglamentarios.

Debido a que la práctica se plantea con un punto de partida en el que existen mediciones realizadas en campo, se utilizaron las mediciones obtenidas en la práctica [3].

Como propuesta de mejora a los estándares de calidad nacionales, donde no esté establecido o debidamente detallado el umbral de calidad de una determinada medición, se presentan distintos valores que, respaldados por entidades internacionales, se toman como límites de calidad para el desarrollo de la herramienta de representación.

Índice

1	INTRODUCCIÓN	4
1.1	Actualidad del análisis del servicio	4
1.2	Objetivos	5
1.2.1	Objetivos generales	5
1.2.2	Objetivos específicos	5
1.3	Lugar de desarrollo	6
2	MARCO TEÓRICO	8
2.1	Marco Legal	8
2.2	Marco Técnico	10
2.2.1	Disposiciones generales	10
3	VARIABLES DE AUDITORÍA DE QoS Y QoE DEL SERVICIO DE TELE- FONÍA MÓVIL	13
3.1	Factor nominal de reuso	13
3.2	Accesibilidad del servicio	15
3.3	Retenibilidad del servicio	16
3.4	Tasa de cumplimiento de tiempo de transmisión	17
3.5	Tasa de pérdida de paquetes	18
3.6	Tasa de cumplimiento de fluctuación máxima	19
3.7	Tasa de cumplimiento de sincronismo	20
3.8	Tasa de cumplimiento de la velocidad efectiva media de transferencia	20
3.9	Tasa de entrega de mensajes cortos	21
4	DESARROLLO DE UNA PLATAFORMA DE ANÁLISIS DE QoE	22
4.1	Implementación de alertas basadas en reglas de calidad	22
4.2	Desarrollo del sistema de Representación visual intuitiva	26

4.3	Implementación de un mapa de calor	26
4.4	Estimación de proyecciones entre puntos de medición	27
4.4.1	Consideraciones del canal	28
4.4.2	Estimación LSE	28
4.4.3	Proyección del canal utilizando Kalman	30
5	RESULTADOS	35
5.1	Resultados obtenidos del proceso de Estimación de Cobertura	35
5.2	Resultados obtenidos del proceso de Estimación de Throughput	38
6	CONCLUSIONES	43

Índice de figuras

1.	Organigrama Field Service Córdoba Sur	7
2.	Estado inicial	35
3.	Primera estimación	36
4.	Segunda estimación	37
5.	Tercera estimación	38
6.	SNR vs BER para distintas modulaciones	41
7.	Throughput	42

Índice de Tablas

1.	Segmentación de prestadores	11
2.	Accesibilidad del servicio	15
3.	Retenibilidad del servicio	16
4.	Métodos de representación de mapas de calor	27

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Actualidad del análisis del servicio

El crecimiento acelerado de las telecomunicaciones a nivel mundial y el aumento en la demanda de acceso a la telefonía móvil de calidad a nivel nacional hacen notar la necesidad de establecer parámetros que muestren la realidad del rendimiento de las redes de telefonía móvil.

Por otro lado, las mediciones realizadas hasta la actualidad se desarrollan en un contexto cercano al ideal, incluyendo dispositivos de medición con capacidades para detectar los parámetros de la red, mucho mayores a las de los equipos con los que cuenta el usuario común para acceder al servicio. Esto trae aparejado valores en las mediciones que no son fieles a la experiencia y calidad que percibe el abonado al acceder a los servicios de voz, datos y mensajería SMS.

Asimismo, el análisis de la QoE realizado a través de los reportes de usuarios en forma de reclamos, permiten sólo resolver situaciones de manera correctiva y no preventiva y, por la forma de obtener los reclamos, se trata de un proceso que lleva un tiempo que es necesario reducir. Esta situación se presenta como una oportunidad para desarrollar un método de medición y análisis de las redes de telefonía móvil, que refleje la Calidad de Servicio(QoS) y la Calidad de Experiencia(QoE) que el usuario de la red observa a través de su dispositivo móvil.

Es en este contexto que distintos organismos (nacionales e internacionales) se están ocupando de redactar un marco de trabajo para estandarizar los valores mínimos o máximos, según corresponda, de los parámetros que caracterizan un sistema de telefonía móvil, contemplando las últimas tecnologías desarrolladas. Sin embargo, estos proyectos aún se encuentran en una etapa de desarrollo y no estipulan de manera específica la metodología, los escenarios, los dispositivos requeridos para generar dichas mediciones ni los valores y representaciones de las mediciones.

En esta línea de trabajo es que surge la necesidad de crear un proceso de medición confiable, así como también un método de representación y análisis que permita identificar posibles falencias del servicio, desarrollando así estrategias de operación que faciliten:

- Solucionar conflictos existentes

- Mejorar la calidad del servicio prestado
- Prever el crecimiento de la demanda
- Planificar el dimensionamiento futuro del sistema

1.2. Objetivos

Debido a la situación actual del análisis del servicio, la QoE es reportada de tal manera que sólo permite mejorarla mediante acciones correctivas que siguen a los reclamos realizados por el abonado. Es por ello que se busca desarrollar una herramienta que puede ser utilizada proactivamente por el prestador.

1.2.1. Objetivos generales

Desarrollar un sistema que permita de manera simple y representativa, identificar las zonas de interés y los resultados correspondientes al estudio. Auditar y realizar un informe que reporte la calidad de servicio(QoS) y calidad de experiencia(QoE) de los usuarios/abonados del sistema de Telefonía Móvil.

1.2.2. Objetivos específicos

- Adquirir conocimiento sobre las normativas vigentes relacionadas con las mediciones de calidad, así como realizar una contribución en las políticas y metodologías de medición.
- Desarrollar una metodología de medición completa que contemple todas las variables involucradas (posición, condiciones climáticas, fecha y hora, etc...), cuya información sea fácilmente tabulada para realizar un posterior análisis. La misma deberá referirse a las propuestas metodológicas presentadas por otros organismos nacionales e internacionales (CNC y UIT).

- Analizar la calidad de servicio y experiencia de las últimas tecnologías implementadas.
- Desarrollar una plataforma de análisis de QoE.
- Realizar un informe final, en el que se analizan los resultados encontrados, exponiendo el estado actual de la red y proponiendo soluciones para mejorar la calidad del sistema. Desarrollar un sistema que permita de manera simple y representativa, identificar las zonas de interés y los resultados correspondientes al estudio

1.3. Lugar de desarrollo

La práctica fue desarrollada dentro de Telecom Argentina S.A., en los Grupos de Operación Río Cuarto 1 y 2 del Field Service Córdoba Sur. Ambos grupos conforman un conjunto de 12 personas coordinadas por 2 supervisores. Dentro del GO RCU1 se llevan a cabo tareas de mantenimiento de la telefonía móvil, transmisión por radio enlace y por fibra óptica. El supervisor del grupo, Julián Lazzari, funcionó como nexo con el director elegido, Ing. en Telecomunicaciones Gabriel Ordoñez, para llevar a cabo las tareas de la práctica. El GO RCU2 desarrolla tareas de mantenimiento del entorno, es decir todo lo necesario para que el equipamiento de telecomunicaciones lleve a cabo su funcionamiento en las mejores condiciones posibles; y mantenimiento de los equipos de conmutación. Debido a las características de las tareas referidas a la práctica, éstas fueron llevadas a cabo de manera adicional a la labor diaria de mantenimiento. El organigrama siguiente ilustra la estructura dentro de la cual se desarrollaron las actividades de la práctica.

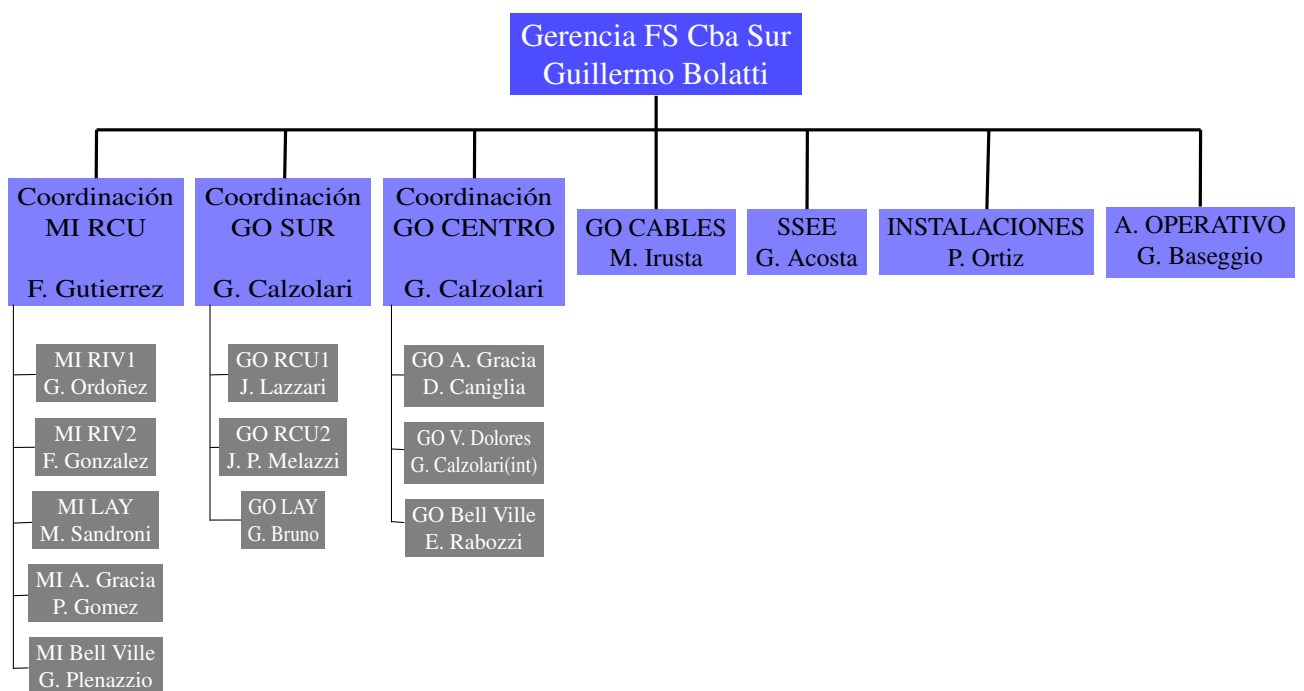


Figura 1: Organigrama Field Service Córdoba Sur

2. MARCO TEÓRICO

Debido a las características de esta práctica profesional supervisada, es necesario establecer tanto un marco teórico legal como uno técnico, donde se presente el respaldo que sustente y enmarque el desarrollo la práctica. Ambos marcos se encuentran en la referencia principal, es decir [1], del Ente Nacional de Comunicaciones (en adelante ENACOM, ex CNC).

2.1. Marco Legal

Con la idea de desarrollar una herramienta aplicable al ambiente de desarrollo de la práctica, se consideran algunas cuestiones legales tenidas en cuenta en [1]:

- En el año 2013, mediante el Artículo 2° del decreto 681/2013[4], presidencia de la nación indicó a la Secretaría de Comunicaciones(en adelante SC) que interviniera el ENACOM, para crear un reglamento con los requisitos de calidad exigibles que deben cumplir los licenciatarios al brindar servicios de telecomunicaciones, teniendo como objetivo una utilización de la red y el espectro radioeléctrico de manera eficiente, eficaz y racional, considerando también el avance tecnológico y las necesidades de los usuarios.
- En Julio de 2013 la Secretaría de Comunicaciones aprueba, en la Resolución SC 5/2013[5], el Reglamento de Calidad de los Servicios de Telecomunicaciones, solicitado en el Artículo 2° de[4], y solicita a la CNC el desarrollo de un manual de procedimientos de auditoría y control para hacer cumplir [5]. En [5] se establecen algunos principios que deben ser tenidos en cuenta al momento de implementar los sistemas de medición:

Las mediciones deben ser realizadas mediante procesos y sistemas automatizados. Es decir que previamente se deben especificar:

- Conceptos a medir
- Equipamiento necesario

- Forma de implementación del sistema
- Desarrollo de aplicaciones para la obtención, recolección y procesamiento de datos
- Mediante la Resolución CNC 25/2013[6] es creado un grupo de estudio para la redacción del Manual solicitado en el Artículo 3° de [5], es decir el manual que se toma como referencia para el desarrollo de la PPS.

Mediante distintas reuniones entre la CNC y prestadores de servicios de telecomunicaciones, cámaras empresarias, proveedores y fabricantes, se establecen las principales definiciones y se garantiza la equidad de condiciones para el cumplimiento del Reglamento. De la misma manera se detecta la falta de cumplimiento, por parte de los prestadores, de los indicadores del Reglamento[5], descubriendo también, que en muchos casos las mediciones requeridas no son llevadas a cabo.

- Finalmente, el 11 de Noviembre de 2013 el ENACOM aprueba en su Artículo 1° de [1], el “MANUAL DE PROCEDIMIENTOS DE AUDITORÍA Y VERIFICACIÓN TÉCNICA DEL REGLAMENTO DE CALIDAD DE LOS SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES”[2].

El Manual aprobado se compone de:

- Disposiciones generales, donde se determinan a los actores involucrados y aspectos administrativos,
- Indicadores relacionados a la atención de los usuarios, donde se detallan aspectos relacionados a tiempos de espera y de resolución de problemas en los servicios de atención al cliente,
- Indicadores relacionados a la operatividad de la red, dedicado a los aspectos técnicos de la red, modos de operación y protocolos de auditoría y verificación de calidad de servicios.

Éste último item es el principal del marco teórico técnico de la PPS.

2.2. Marco Técnico

El respaldo principal de la práctica es [2], que cumple la función de marco técnico. Su objeto es establecer pautas y requisitos a ser cumplidos por los prestadores de servicios de telecomunicaciones, en referencia a las exigencias establecidas en el Reglamento de Calidad de los Servicios de Telecomunicaciones [5].

2.2.1. Disposiciones generales

Debido a las características de la PPS, sólo se describen algunas, las que involucran a la práctica, de las disposiciones generales.

- Metodología
 - Mediciones periódicas: los eventos necesarios para cada indicador deben ser registrados de manera clara y precisa, según el período considerado para cada caso.
 - Entrega de la información: debe ser en formato digital y desagregada según cada caso, completando los formularios del Anexo II de [1], y según el calendario de presentación, adjunto como Anexo III en la misma resolución[1].
- Memoria técnica de los sistemas de medición: debe contener detallado, mínimamente:
 - Eventos a registrar
 - Equipos intervinientes
 - Proceso de registro
 - Forma de procesamiento de información para cada indicador
- Segmentación: los prestadores deben ser separados por servicio y volumen de accesos de usuario, en tres(3) segmentos, presentados en la Tabla 1. La determinación de la cantidad

total de accesos de usuario se realiza el último día del año calendario anterior. Si un prestador ofrece más de un servicio, es segmentado tantas veces como cantidad de servicios ofrezca.

Tabla 1: Segmentación de prestadores

SEGMENTO	SERVICIO	CANTIDAD DE ACCESOS
I	Telefonía Básica Telefonía Móvil y SRCE Datos	mayor a 10000 accesos mayor a 100000 accesos mayor a 2000 accesos
II	Telefonía Básica Telefonía Móvil y SRCE Datos	entre 1000 y 10000 accesos menor a 100000 accesos entre 200 y 2000 accesos
III	Telefonía Básica Datos	menor a 1000 accesos menor a 200 accesos

- **Publicación en la página web del prestador:** La información a publicar debe estar desagregada según el periodo de cada indicador, actualizada mensualmente y publicada dentro de los DIEZ (10) días hábiles del mes siguiente al de su presentación mediante formularios ante la Autoridad de Aplicación. Se deben exhibir al menos los resultados de los últimos DOCE (12) meses de cada indicador. La publicación, debe incluir al menos:
 - tipo de indicador
 - porcentaje de cumplimiento de la meta
 - unidad geográfica que corresponda
 - una clara y corta descripción para el usuario

La presentación, búsqueda y formas de procesamiento de la información deben ser de fácil comprensión.

- **Mapas de prestación del servicio:** Para cada servicio se deben indicar las áreas de prestación, de manera precisa y detallada y en función de la tecnología correspondiente. Los mapas deben incluir, para áreas urbanas y suburbanas, la identificación de las calles y avenidas involucradas. Para las áreas rurales también se deben especificar las rutas con su

referencia de kilometraje. En los casos de redes móviles o de punto a zona, se debe especificar la intensidad de campo eléctrico con la que se ha trazado cada curva isonivel. Los mapas a presentar ante la Autoridad de Aplicación, por los prestadores de los segmentos I y II, deben estar georeferenciados en formato SHAPEFILE o kml. De utilizar otro formato de generación de datos, deberá proveerse la herramienta de visualización correspondiente. La información debe ser representada por sus coordenadas geodésicas (latitud y longitud), debiendo utilizarse el sistema de referencia EPSG 4326 - WGS84. Los prestadores del segmento III pueden presentar, si no logran cumplir con lo establecido, un formato alternativo de los mapas de prestación del servicio, siempre que sea validado por la Autoridad de Aplicación.

3. VARIABLES DE AUDITORÍA DE QoS Y QoE DEL SERVICIO DE TELEFONÍA MÓVIL

Como se encuentra establecido en [5], los indicadores aquí expuestos, deben estar desagregados geográficamente por Área Local y, para determinar el área en la cual se contabiliza cada evento, en redes móviles se considera la ubicación de la estación radioeléctrica fija de base a la cual accede el usuario correspondiente.

Si bien los indicadores de operatividad que se presentan en esta sección se utilizan sobre la telefonía móvil, son de aplicación para todos los servicios de telecomunicaciones que se presten por redes de uso público.

Los resultados de los índices, que se expresan porcentualmente, deben consignarse con DOS (2) dígitos decimales significativos, utilizando el método de redondeo al más cercano.

En aquellos casos en que las mediciones se efectúen a través de dispositivos que simulen el comportamiento de un usuario, la Autoridad de Aplicación debe evaluar los planes de despliegue de los mismos, que deben estar detallados en la memoria técnica, y requerir las modificaciones que considere necesarias.

3.1. Factor nominal de reuso

Su objeto es valorar los recursos compartidos con que cuentan los usuarios con acceso multiplejado para relacionarse con las redes externas a su prestador. Es la relación entre la sumatoria de las velocidades de transferencia nominal de bajada de los usuarios y la sumatoria de las velocidades nominales de transferencia de los vínculos entre prestadores, así como entre éstos y los proveedores de Internet de jerarquía similar o superior.

- Aplicabilidad: prestadores de servicios de telecomunicaciones que brinden acceso a internet.

■ Medición:

- se calcula para cada área interna de red (zona dentro de la cual el tráfico es cursado sin pasar por ningún dispositivo de red de frontera)
- Se deben restar las velocidades nominales correspondientes a usuarios con acceso dedicado.
- La velocidad de transferencia nominal de bajada debe estar indicada en la relación contractual entre el prestador y el usuario del servicio.

Para efectuar los cálculos se deben tomar como válidos los datos correspondientes al último día hábil de cada trimestre. Con los datos de cada área interna de red, se efectúa el cociente entre la suma de velocidades de transferencia nominal de bajada de los usuarios con accesos multiplexados y el resultado de la diferencia entre la suma de las velocidades nominales de transferencia de los vínculos entre prestadores y las velocidades de transferencia nominal de bajada de los usuarios con accesos dedicados. Es decir:

$$FR = \frac{\sum VTNB_{Uam}}{\sum VTN_{VP} - \sum VTNB_{Uad}} \quad (1)$$

Donde:

FR : Factor nominal de Reúso.

$VTNB_{Uam}$: Velocidad de Transferencia Nominal de Bajada de Usuarios con acceso multiplexado.

VTN_{VP} : Velocidad de Transferencia Nominal del Vínculo entre Prestadores.

$VTNB_{Uad}$: Velocidad de Transferencia Nominal de Bajada de Usuarios con acceso dedicado.

Si el volumen de tráfico de un prestador es igual o menor al CINCO POR CIENTO (5%) del volumen total de tráfico de otro prestador evaluado a lo largo del mes inmediato anterior, este último no deberá sumar la velocidad de transferencia nominal correspondiente al primero, en la sumatoria de velocidad nominal de transferencia del vínculo entre prestadores (VTN_{VP}).

3.2. Accesibilidad del servicio

Su objeto es evaluar la relación entre la cantidad total de asignaciones exitosas de recursos y la cantidad total de tentativas de asignaciones de recursos, de acuerdo a lo indicado en el Reglamento de Calidad de los Servicios de Telecomunicaciones. Para las comunicaciones de voz, el tiempo de espera máximo para la recepción de señal de respuesta del destino llamado es de DIEZ (10) segundos. Superado ese tiempo, no se considera como una asignación exitosa.

- Aplicabilidad: todos los servicios de telecomunicaciones.
- Medición: para la telefonía móvil se considera una asignación exitosa cuando el recurso, canal de voz o datos, ha sido asignado. Alternativamente se considera según la Tabla 2.

Tabla 2: Accesibilidad del servicio

SERVICIO	EVENTO MEDIBLE
Telefonía Básica	Recepción de "tono" de invitación a marcar
Telefonía Movil y SRCE	Asignación del recurso
Datos(Acceso a Internet)	Disponibilidad del equipo de acceso o a través de dispositivos que registren eventos en la red

Se mide para cada usuario en el equipo de acceso a la red, es decir el equipo que interconecta al abonado con el resto de la red. El indicador se obtiene con la sumatoria mensual de los valores de hora pico diarios de cada Área Local.

La medición se realiza registrando los intentos de llamada que ingresan a la central local y el total de llamadas ingresadas que se encaminan hacia usuarios de la misma u otra central de destino. Los intentos de llamada que reporten No Contesta u Ocupado no se deben considerar para el cálculo del denominador de la fórmula. Se calcula la sumatoria mensual de las llamadas iniciadas dentro de la hora pico. Con los datos correspondientes a cada área local se efectúa el cociente de la sumatoria mensual entre las llamadas completadas

durante la hora pico y el valor resultante de la diferencia entre la sumatoria de los intentos de llamada y los casos registrados como No Contesta u Ocupado.

$$E_{LL} = \frac{\sum_1^N LLcomp}{\sum_1^N Intentos - \sum_1^N NCuO} \cdot 100 \geq 96 \% \quad (2)$$

Donde:

E_{LL} : Eficiencia de llamada

$LLcomp$: Llamadas completadas originadas en el Área Local

$Intentos$: Intentos de llamadas originadas en el Área Local

$NCuO$: Llamadas con retorno de "No Contesta u Ocupado"

3.3. Retenibilidad del servicio

Su objeto es evaluar la proporción de requerimientos exitosos de acceso a un determinado servicio que finalizaron por causas ajenas al usuario y atribuibles a la red.

- Aplicabilidad: todos los servicios de telecomunicaciones.
- Medición: según la tabla 3.

Tabla 3: Retenibilidad del servicio

SERVICIO	MEDICIÓN
Telefonía Básica	A través de dispositivos que simulen el comportamiento de un usuario o que registren eventos en la red
Telefonía Movil y SRCE	A través de dispositivos que registren eventos en la red*
Datos(Acceso a Internet)	A través de dispositivos que registren eventos en la red**

*Monitoreando los canales de señalización o canales lógicos (broadcast/canales comunes de control/canales dedicados de Control) correspondientes (ya sea en 2G y/o 3G), para los casos de interrupción involuntaria.

**Sobre los códigos de error detectados, los prestadores deberán identificar e informar para cada familia de códigos (del protocolo de comunicación empleado para brindar el correspondiente servicio) los que correspondan a una liberación del uso por causas ajenas al usuario.

3.4. Tasa de cumplimiento de tiempo de transmisión

Tiene por objeto evaluar la relación existente entre la cantidad de paquetes de datos recibidos en un tiempo y la cantidad total de paquetes recibidos, según el tipo de información transmitida de acuerdo a lo indicado en el Reglamento de Calidad de los Servicios de Telecomunicaciones.

Los procedimientos de medición deben basarse en lo establecido en las recomendaciones de la ITU-T (G.1010[7], G.114[8], Y.1543[9]) y en las normas ETSI (EG 201 769[10], EG 202 057-4[11]).

- **Aplicabilidad:** todos los servicios de telecomunicaciones que sean brindados a través de redes de conmutación de paquetes.
- **Medición:** se realiza mediante la utilización de pruebas forzadas contra un servidor determinado por la Autoridad de Aplicación, de manera de generar tráfico y extraer la información necesaria para la conformación del indicador. Se utilizan archivos de diferentes tamaños representativos de los distintos tipos de información y acorde al servicio contratado. Para los casos en que sea necesaria la medición en ambos sentidos, también deben realizarse pruebas desde el usuario hacia el servidor. Se pueden realizar pruebas que no involucren a usuarios, siempre y cuando éstas utilicen los mismos elementos de red empleados para proveer servicio a aquellos. La medición debe registrar el tiempo de transmisión de los paquetes desde el servidor donde se encuentre el archivo patrón de prueba hasta el

terminal. En caso de no realizarse la medición contra un usuario, debe hacerse contra un dispositivo que se encuentre en el punto de la red más cercano al mismo.

3.5. Tasa de pérdida de paquetes

Su objeto es evaluar la relación porcentual entre la cantidad de paquetes perdidos y la cantidad total de paquetes transmitidos, verificando que el resultado se encuentre dentro de los valores establecidos.

- **Aplicabilidad:** todos los servicios que se presten mediante la transmisión en tiempo real de datos a través de redes de conmutación de paquetes.
- **Medición:** debe realizarse en forma diaria para cada sesión RTP (Real Time Protocol - RFC 3550[12]) que se inicie o se encuentre abierta al comienzo de la hora pico y hasta la finalización de la misma, teniendo en cuenta, además, aquellas sesiones que se mantengan abiertas más allá de la finalización de la hora pico. Para la obtención de los valores de pérdida de paquetes se deben utilizar los reportes de Real-Time Control Protocol (RTCP) y/o RTP Control Protocol Extended Reports (RTCP XR - RFC 3611[13]). El lapso nominal de separación entre los requerimientos de reportes debe ser de DIEZ (10) segundos. A fin de realizar las mediciones a intervalos pseudo-aleatorios, se consideran aceptables intervalos que se encuentren entre CERO COMA CINCO (0,5) y UNO COMA CINCO (1,5) del lapso nominal. En sesiones de múltiples usuarios, el volumen del tráfico de control no debe superar el CINCO POR CIENTO (5 %) del volumen de tráfico total de la sesión. A los fines del cálculo del indicador se deben agrupar la totalidad de los valores obtenidos de los reportes de las sesiones RTP. Se deben almacenar de forma diaria, para cada Área Local, la cantidad de paquetes perdidos y la cantidad total de paquetes transmitidos registrados en los sistemas durante la hora pico, de acuerdo al servicio que corresponda.

3.6. Tasa de cumplimiento de fluctuación máxima

El presente indicador tiene por objeto mantener la fluctuación de los paquetes de datos que se generan desde la fuente de transmisión y arriban al receptor dentro de un rango de valores de tiempo establecidos, a fin de que la longitud de la estructura de cola de datos no introduzca retardos significativos en la recepción de los paquetes.

- **Aplicabilidad:** todos los servicios de telecomunicaciones que impliquen la transmisión bidireccional o unidireccional de audio en tiempo real, mediante el uso de redes de conmutación de paquetes.
- **Medición:** debe realizarse en forma diaria para cada sesión [12] que se inicie o se encuentre abierta al comienzo de la hora pico y hasta la finalización de la misma, teniendo en cuenta, además, aquellas sesiones que se mantengan abiertas más allá de la finalización de la hora pico. Para la obtención de los valores de fluctuación se deben utilizar los reportes de [13]. Se debe considerar el valor de fluctuación obtenido de cada reporte como el correspondiente a un paquete. El lapso nominal de separación entre los requerimientos de reportes debe ser de DIEZ (10) segundos. A fin de realizar las mediciones a intervalos pseudo-aleatorios, se consideran aceptables intervalos que se encuentren entre CERO COMA CINCO (0,5) y UNO COMA CINCO (1,5) del lapso nominal. En sesiones de múltiples usuarios, el volumen del tráfico de control no debe superar el CINCO POR CIENTO (5 %) del volumen de tráfico total de la sesión. A los fines del cálculo del indicador se deben agrupar la totalidad de los valores obtenidos de los reportes de las sesiones RTP. La totalidad de los datos contenidos en los reportes, deben ser conservados en los términos del artículo 8° del Reglamento de Calidad de los Servicios de Telecomunicaciones. Se deben almacenar en forma diaria, para cada Área Local, la cantidad de paquetes recibidos con una fluctuación menor o igual a la establecida y la cantidad total de paquetes recibidos registrados en los sistemas durante la hora pico, de acuerdo al servicio que corresponda.

3.7. Tasa de cumplimiento de sincronismo

Su objeto es asegurar durante la prestación del servicio de video un límite de desplazamiento temporal entre el video y el audio asociado al mismo, ya sea en la modalidad bidireccional o unidireccional.

- Aplicabilidad: es establecida por la Autoridad de Aplicación.
- Medición: es establecida por la Autoridad de Aplicación.

3.8. Tasa de cumplimiento de la velocidad efectiva media de transferencia

Su objeto es evaluar la velocidad de transferencia otorgada por el prestador.

- Aplicabilidad: alcanza a todos los prestadores del Servicio de Valor Agregado de Acceso a Internet. No se incluyen aquellos usuarios que posean contractualmente condiciones de calidad superiores a las del indicador.
- Medición: se debe realizar conforme a un muestreo sobre el parque total de usuarios, discriminado por velocidad de transferencia nominal. Para los servicios de acceso móvil se deben realizar pruebas forzadas contra un servidor determinado por la Autoridad de Aplicación. Para tal fin, se deben utilizar archivos de diferentes tamaños y acordes al servicio contratado. Para los servicios de acceso fijo se pueden utilizar sondas y procesos automáticos que reflejen la velocidad efectiva media de transferencia entre el usuario y el vínculo de interconexión de jerarquía superior del prestador. El cálculo de este indicador debe realizarse aplicando la fórmula definida en el Reglamento de Calidad de los Servicios de Telecomunicaciones para cada una de las velocidades nominales ofrecidas por el prestador a sus usuarios.

3.9. Tasa de entrega de mensajes cortos

Se define como la relación porcentual entre la cantidad de mensajes cortos entregados por el Centro de Servicio de Mensajes Cortos (SMSC) y la cantidad total de mensajes cortos recibidos por dicho centro.

- Aplicabilidad: todos los prestadores que brinden facilidades de mensajes cortos (SMS).
- Medición: para obtener el indicador se debe tener en cuenta la sumatoria mensual de los valores diarios de acuerdo a la siguiente expresión:

$$TEM C = \frac{\sum_1^N CD_{SMSE}}{\sum_1^N CD_{SMR}} \cdot 100 \geq 98 \% \quad (3)$$

Donde:

$TEM C$: Tasa de Entrega de Mensajes Cortos

N : cantidad de días del mes

CD_{SMSE} : Cantidad diaria de SMS Entregados

CD_{SMR} : Cantidad diaria de SMS Recibidos

Esta medición debe realizarse mensualmente durante las 24 horas y con alcance Nacional, haciendo uso de contadores en el SMSC. Se considera que un mensaje corto ha sido entregado si es recibido por el terminal móvil de destino (intrared) o por un SMSC (Extrared).

4. DESARROLLO DE UNA PLATAFORMA DE ANÁLISIS DE QoE

Dados los estudios presentados en las secciones anteriores, se procedió a desarrollar una plataforma capaz de representar la información relevada en el trabajo [3]. Para la misma se realizaron las siguientes consideraciones:

1. Implementación de alertas basadas en reglas de calidad
2. Desarrollo del sistema de representación visual intuitiva
3. Implementación de un mapa de calor
4. Estimación de proyecciones entre puntos de medición
5. Transformación de cobertura a throughput

A continuación se detalla el desarrollo e implementación de cada uno de los puntos previos citados.

4.1. Implementación de alertas basadas en reglas de calidad

Para poder realizar acciones correctivas a la red de telefonía móvil y mejorar la QoE del servicio prestado, es necesario conocer el estado de las mediciones en el momento que son cargadas en el sistema, es por ello que se utiliza un Sistema de Reportes que notifica la clasificación de las mediciones cargadas, vía mail. El Sistema de Reportes analiza los datos obtenidos de mediciones realizadas en campo. Ya que esta práctica fue realizada para formar un proyecto en conjunto con la práctica [3] de Franco M. Gigena, los datos utilizados para realizar el análisis de QoE y QoS provienen de mediciones realizadas en ésta última práctica. El Sistema de Reportes utiliza los datos de las mediciones para contrastarlos con umbrales definidos teniendo en cuenta

normas de calidad de organismos nacionales e internacionales, valores reportados en aplicaciones mundialmente conocidas y la experiencia personal como usuario del servicio. Cada contraste ubica el valor del indicador medido en una escala donde sus zonas están definidas según los umbrales y representadas por su color respectivo. Los umbrales se definen utilizando valor medio y su respectiva varianza de un conjunto de mediciones tomadas. Es decir que, además de los datos de las mediciones:

- Punto de medición(en orden cronológico)
- Hora de Medición (hh:mm)
- Ubicación: Lat/Long
- Tipo de Red (2G, 3G, 4G)
- Nivel de Recepción $Rx(dBx/\%$ de Red)
- Latencia $l(s)$, Uplink $UL(Mb/s)$ y Downlink $DL(Mb/s)$
- 2 datos, uno por cada llamada, por cada tipo de test:
 - Test de Post Dial Delay o $PDD(s)$
 - Test de Average Call Duration o ACD(OK, No OK)
- SMS (OK, No OK)

se cuenta con los siguientes valores, calculados por el sistema:

- Media μ_{Rx} y desviación estándar σ_{Rx} de nivel de recepción $Rx(dBm)$.
- Media μ_l y desviación estándar σ_l de latencia $l(ms)$
- Media μ_{DL} y desviación estándar σ_{DL} de velocidad de descarga $DL(kb/s - Mb/s)$
- Media μ_{UL} y desviación estándar σ_{UL} de velocidad de carga $UL(kb/s - Mb/s)$
- Media μ_{PDD} y desviación estándar σ_{PDD} de la prueba $PDD(s)$

Cada punto de la medición es analizado para ser clasificado según un conjunto de reglas que serán descritas en breve, con lo que se le asignará también un color para indicar la urgencia con que debe ser atendido el estado del servicio en el punto en cuestión. Según la clasificación obtenida y sus datos de ubicación, el punto será representado en un mapa/plano, según el sistema de referencia EPSG 4326 - WGS84. El color asignado a cada etapa de la escala se encuentra dentro de 4 posibles colores:

- Azul
- Naranja
- Rojo
- Gris

Y la escala está dada de la siguiente manera:

- Azul. Se cumplen todas las condiciones siguientes:
 - $Rx : OK$, es decir que el nivel de Rx en el punto es $\geq -97dBm$
 - $l : OK$, es decir la latencia medida en el punto es $\leq \mu_l + \sigma_l$
 - $DL : OK$, es decir la descarga medida en el punto es $> \mu_{DL} - \sigma_{DL}$
 - $UL : OK$, es decir que la carga de datos en el punto es $> \mu_{UL} - \sigma_{UL}$
 - $PDD : OK$, es decir que el PDD medido en el punto es $< \mu_{PDD} + \sigma_{PDD}$
 - $ACD : OK$, es decir que ambas llamadas resultaron OK
 - $SMS : OK$, es decir que el SMS resultó recibido
- Naranja. Se cumple una o dos de las siguientes condiciones:
 - $l : No OK$, es decir que la latencia en el punto es $> \mu_l + \sigma_l$
 - $DL : No OK$, es decir que la descarga en el punto es $< \mu_{DL} - \sigma_{DL}$
 - $UL : No OK$, es decir que la carga de datos en el punto es $< \mu_{UL} - \sigma_{UL}$

- *PDD* : *No OK*, es decir que el tiempo de *PDD* de una o ambas llamadas es $\mu_{PDD} + \sigma_{PDD} < t_{PDD} \leq 10s$

y se cumplen todas las siguientes:

- *ACD* : *OK*, es decir que ambas llamadas resultaron *OK*
- *SMS* : *OK*, es decir que el *SMS* resultó recibido
- *Rx* : *OK*, es decir que el nivel de *Rx* en el punto es $\geq -97dBm$

■ Rojo. Se cumplen tres o cuatro de las siguientes condiciones:

- *L* : *No OK*, es decir que la latencia en el punto es $> \mu_l + \sigma_l$
- *DL* : *No OK*, es decir que la descarga en el punto es $< \mu_{DL} - \sigma_{DL}$
- *UL* : *No OK*, es decir que la carga de datos en el punto es $< \mu_{UL} - \sigma_{UL}$
- *PDD* : *No OK*, es decir que el tiempo de *PDD* de una o ambas llamadas es $\mu_{PDD} + \sigma_{PDD} < PDD \leq 10s$

o se cumple alguna de las siguientes:

- *PDD* : *No OK*, es decir que el tiempo de *PDD* de ambas llamadas es $> 10s$
- *ACD* : *No OK*, es decir que alguna o ambas llamadas resultaron *NoOK*
- *SMS* : *No OK*, es decir que el *SMS* no fue exitoso o no fue recibido

■ Gris. Ambas condiciones siguientes se cumplen:

- *Rx* : *No OK* el valor de campo recibido en el punto es $< -120dBm$
- El valor de *DL* es 0, el valor de *UL* es 0 y no pueden ser realizadas las pruebas de llamadas ni *SMS*, es decir que no existen datos de *PDD*, *ACD* y *SMS*

Luego del análisis y clasificación de las mediciones del punto, se envía un reporte vía *e-mail* para informar el estado y su urgencia de atención.

4.2. Desarrollo del sistema de Representación visual intuitiva

La herramienta a desarrollar debe ser intuitiva para el operador facilitando así las tareas de mantenimiento y proactividad frente a problemas relacionados con QoS y QoE. Para el abordaje de la programación, se escogió utilizar lenguajes open-source (HTML5 y JSON) que operan con funciones disponibles por los servicios Google. La información a representar puede dividirse en tres grandes grupos:

- Resumen: Cuenta con un resumen del test realizado dando valores medios de las mediciones realizadas en [3]. Representación Textual.
- Información absoluta: Se indica en cada punto analizado el resultado puntual de la medición. Representación Textual.
- Mapa de calor: Se representan las zonas de coberturas y otras variables de manera gráfica utilizando códigos de colores.

Este último punto representa un desafío técnico y analítico adicional ya que demanda, por un lado, una complejidad de implementación que se tratará a continuación, y por otro una complejidad analítica que radica en la estimación de cobertura e interferencias entre los puntos de medición. Este tema es tratado en la siguiente sección.

4.3. Implementación de un mapa de calor

Un mapa de calor es una visualización empleada para representar la intensidad de los datos en puntos geográficos. Cuando se habilita la capa del mapa de calor, aparece una superposición coloreada sobre el mapa. De manera predeterminada, las áreas de mayor intensidad llevarán color rojo y las de menor intensidad aparecerán con color verde.

La Google Maps JavaScript API puede representar datos de mapas de calor del cliente, a través de la capa del mapa de calor, o del servidor, a través de una tabla de fusión. En la Tabla 4 se

Tabla 4: Métodos de representación de mapas de calor

Capa del mapa de calor	Capa de tablas de fusión
Un número elevado de puntos de datos puede reducir el rendimiento.	La presencia de más puntos de datos tendrá un impacto leve en el rendimiento.
Se puede personalizar el aspecto del mapa de calor modificando opciones como el gradiente de color, el radio de los puntos de datos y la intensidad de cada punto de datos.	No es posible personalizar la apariencia del mapa de calor.
Se puede controlar la posibilidad de que disipen o no los datos de mapas de calor con niveles de zoom más altos.	Todos los datos de mapas de calor se disiparán a medida que se aplique zoom.
Los datos pueden almacenarse en HTML o en un servidor, o calcularse en el momento. También pueden modificarse en el tiempo de ejecución.	Todos los datos deben almacenarse en una tabla de fusión. Los datos no pueden modificarse fácilmente en el tiempo de ejecución.

muestran algunas de las diferencias clave entre los dos métodos.

Si bien el primer punto de la tabla muestra una gran ventaja de las tablas de fusión por sobre del mapa de calor local, es crucial para nuestro trabajo servirnos del punto cuatro para la estimación de resultados (ver sección 4). Es por ello que se implementará un mapa de calor en distintas capas.

4.4. Estimación de proyecciones entre puntos de medición

Los mapas de cobertura típicos surgen de realizar un estudio de presupuesto radioeléctrico en función del análisis de la ecuación de retro-alcance. En este estudio, el modelado del canal de comunicaciones es la clave para predecir cobertura. Durante la revisión bibliográfica realizada en éste informe se encontraron diversas clasificaciones y descripciones de los modelos de canal desarrollados hasta el momento por varios autores, como las presentadas en [14], [15] y [16]. Sin embargo, en todos los casos las estimaciones realizadas deben ajustarse con mediciones reales. El comportamiento del canal durante una transmisión de información digital, independientemente del medio a utilizar, tiende a distorsionar la misma, lo que conlleva a la degradación de métricas como lo son la probabilidad de error de bits (Bit Error Rate, BER) o la probabilidad de error en

un paquete de bits (Block Error Rate, BLER). La naturaleza dispersiva (tanto en frecuencia como en tiempo) de los canales es el principal problema a enfrentar en cualquier sistema de comunicaciones. Las técnicas de modulación OFDM han demostrado gran robustez para afrontar este desafío [17], [18]. Sin embargo la capacidad de obtener una correcta estimación/caracterización del canal, sigue siendo el punto de inflexión para obtener una mejora sustancial en la performance de la comunicación [19].

El objetivo de esta etapa consiste en implementar un estimador de canal OFDM utilizando una combinación de técnicas de filtrado y predicción con LSE en conjunto con Proyecciones basadas en Kalman.

4.4.1. Consideraciones del canal

El modelo de estimación asume que el canal será invariante en el tiempo, y los anchos de banda de los símbolos se corresponden con el ancho de banda de coherencia del canal (es decir donde el canal NO es selectivo en frecuencia).

Consideraciones finales:

- Banda de frecuencia: 700MHz
- Ancho de banda: 5 MHz
- Cantidad de subportadoras: 256
- Ancho de banda de coherencia = ancho de banda de subportadora = 15KHz

4.4.2. Estimación LSE

La importancia de esta sección radica en poder extraer el modelo del canal (h) con el cual se realizan las proyecciones en el mapa de calor.

Si suponemos un canal selectivo en frecuencia que permanece invariante en el tiempo de un símbolo OFDM, la señal recibida en la n -ésima sub-portadora viene dada por:

$$y[n] = \sqrt{\varepsilon_p} H(n) s(n) + w(n), n \in I_p \quad (4)$$

En donde I_p denota las sub-portadoras pilotos transmitidas, ε_p es la energía de cada piloto, $H(n)$ es la respuesta en frecuencia del canal, $s(n)$, con $n \in I_p$, representa al símbolo piloto, mientras que $w(n)$ es ruido AWGN con media 0 y varianza $N_0/2$.

Por otro lado la información es recibida como se ilustra en la siguiente ecuación:

$$y[n] = \sqrt{\varepsilon_s} H(n) s(n) + \omega(n), n \in I_s \quad (5)$$

La energía del símbolo es representada por ε_s , mientras que $s(n)$ con $n \in I_s$ indica los símbolos de información transmitidos. Solo debe aclararse que el ruido $\omega(n)$ es ruido AWGN que afecta de manera independiente a cada muestra, y la relación señal-ruido queda definida como ε_s/N_0 o ε_p/N_0 .

Suponiendo que:

$$H_p = [H(n_1), \dots, H(n_p)]^T, \text{ con } |I_p| = P \quad (6)$$

Contiene las respuestas en frecuencia del canal en la ubicación de cada piloto, mientras que las señales percibidas en el receptor las representamos por:

$$y[n] = [y(n_1), \dots, y(n_P)]^T \quad (7)$$

Redefiniendo y descomponiendo:

$$s_p = [s_p(n_1), \dots, s_p(n_P)]^T \quad (8)$$

$$w_p[n] = [w(n_1), \dots, w(n_P)]^T \quad (9)$$

Por lo que reemplazando en 4 de forma matricial:

$$y_m = \sqrt{\varepsilon_p} D[s_p] H_p + w_p \quad (10)$$

Dados y_m y s_p se busca estimar los valores de H_p , utilizando la ecuación 10.

Utilizando métodos LSE de estimación, se construye la siguiente ecuación:

$$G = (\varepsilon_p F_p D^H[s_p] D[s_p] F_p^H)^{-1} * (\varepsilon_p D[s_p] F_p^H) \quad (11)$$

En donde F es la matriz que contempla las Frecuencias en relación al canal que afectan al sistema. Además, se remarca que $D^H[s_p] D[s_p] = I_p$. Entonces el canal estimado viene dado por:

$$h_m = G y_m \quad (12)$$

Mas detalles de las técnicas de estimación pueden encontrarse en [14]. De la ecuación 9 se extrae el modelo del canal que se usará para la próxima sección.

4.4.3. Proyección del canal utilizando Kalman

El filtro de Kalman es un filtro recursivo eficaz que estima el vector del estado de un sistema dinámico, usando una serie de las dimensiones incompletas y ruidosas. Es decir, esta herramienta fue desarrollada desde el principio para trabajar con los datos ruidosos. También es capaz de trabajar con datos incompletos. Y, finalmente, otra ventaja más que posee, es que ha sido diseñado y se usa para los sistemas dinámicos, a los que pertenece nuestro estudio.

La base de la primera etapa del trabajo del filtro es algún modelo del proceso analizado. De acuerdo con este modelo, se construye la predicción del estado del sistema a un paso adelante. En nuestro caso el modelo es el modelo de propagación.

$$x_k = F_k \hat{x}_{k-1} + B_k u_k \quad (13)$$

Donde:

- x_k - valor extrapolado del sistema dinámico en el paso k,
- F_k - matriz del modelo de la dependencia del estado actual del sistema de su estado anterior,
- \hat{x}_{k-1} - estado anterior del sistema (valor del filtro en el paso anterior),
- B_k - matriz de la influencia del impacto de control en el sistema,
- u_k - impacto de control en el sistema.

Bajo el impacto de control se puede considerar, por ejemplo, el factor de “opiniones del servicio reportadas (quejas)”. Pero en la práctica, el impacto de control generalmente se desconoce y se omite, y su impacto se refiere a los ruidos.

Luego, se predice el error de la covarianza del sistema:

$$P_k = f_k \hat{P}_{k-1} F_k^T + Q_k \quad (14)$$

Donde:

- P_k - matriz extrapolada de covarianza del vector del estado de nuestro sistema dinámico,
- F_k - matriz del modelo de la dependencia del estado actual del sistema de su estado anterior,
- \hat{P}_{k-1} - matriz de covarianza del vector del estado corregida en el paso anterior,
- Q_k - matriz de covarianza del ruido del proceso

La segunda etapa del trabajo del filtro del proceso se empieza con la medición del estado real del sistema z_k . Aquí, el valor medido del estado del sistema prácticamente se indica tomando en cuenta el estado real del sistema y el error de mediciones. En nuestro caso, bajo el error de mediciones se entienden los impactos de ruidos en el sistema dinámico.

Hasta este momento, en nuestra disposición tenemos dos valores diferentes que representan el estado de un proceso dinámico. Se trata del valor extrapolado del sistema dinámico que hemos

calculado en la primera etapa, y prácticamente del valor medido. Cada uno de estos valores, con un determinado grado de probabilidad, caracteriza el estado real de nuestro proceso que se encuentra en algún punto entre estos dos. Por tanto, nuestro objetivo consiste en determinar el grado de confianza hacia uno u otro valor. Precisamente para eso se realizan las iteraciones de la segunda etapa del filtro de Kalman.

Basándose en los datos existentes, determinamos la desviación del estado real del sistema del valor extrapolado.

$$\bar{y}_k = z_k - H_k x_k \quad (15)$$

Aquí:

- y_k - desviación del estado real del sistema en el paso k del extrapolado,
- z_k - estado real del sistema en el paso k ,
- H_k - matriz de las mediciones que refleja la dependencia del estado real del sistema de los datos calculado (en la práctica, a menudo adquiere el valor de uno),
- x_k - valor extrapolado del sistema dinámico en el paso k .

En el siguiente paso se calcula la matriz de covarianza para el vector del error:

$$S_k = H_k P_k H_k^T + R_k \quad (16)$$

Aquí:

- S_k - matriz de covarianza para el vector del error en el paso k
- H_k - matriz de las mediciones que refleja la dependencia del estado real del sistema de los datos calculado
- P_k - matriz extrapolada de covarianza del vector del estado de nuestro sistema dinámico
- R_k - matriz de covarianza del ruido de mediciones

Luego, se determina el valor óptimo de los llamados coeficientes de reforzamiento, que prácticamente reflejan un grado de confianza al valor calculado y al valor empírico.

$$K_k = P_k H_k^T - S_k^{-1} \quad (17)$$

Aquí:

- K_k - matriz de los coeficientes de reforzamiento de Kalman,
- P_k - matriz extrapolada de covarianza del vector del estado de nuestro sistema dinámico,
- H_k - matriz de las mediciones que refleja la dependencia del estado real del sistema de los datos calculado,
- S_k - matriz de covarianza para el vector del error en el paso k ,

Ahora, basándose en los coeficientes de Kalman, corregimos el valor del estado de nuestro sistema y la matriz de covarianza de la estimación del vector del estado.

$$\hat{x}_k = \hat{x}_{k-1} + K_k \bar{y}_k \quad (18)$$

Donde:

- \hat{x}_k y \hat{x}_{k-1} - valores corregidos en el paso k y $k - 1$
- K_k - matriz de los coeficientes de reforzamiento de Kalman
- y_k - desviación del estado real del sistema en el paso k del extrapolado.

$$\hat{P}_k = (I - K_k H_k) P_k \quad (19)$$

Donde:

- \hat{P}_k - matriz corregida de covarianza del vector del estado de nuestro sistema dinámico,
- I - matriz de la identidad,

- K_k - matriz de los coeficientes de reforzamiento de Kalman,
- H_k - matriz de las mediciones que refleja la dependencia del estado real del sistema de los datos calculado,
- P_k - matriz extrapolada de covarianza del vector del estado de nuestro sistema dinámico.

5. RESULTADOS

5.1. Resultados obtenidos del proceso de Estimación de Cobertura

A continuación se presenta en las figuras 2, 3, 4 y 5 el proceso de estimación de cobertura basándose en el método previamente citado. La figura 2 cuenta con el estado inicial en donde pueden identificarse las mediciones puntuales realizados en [3].

Al hacer click en cada una de ellas se accede a información absoluta sobre la medición.

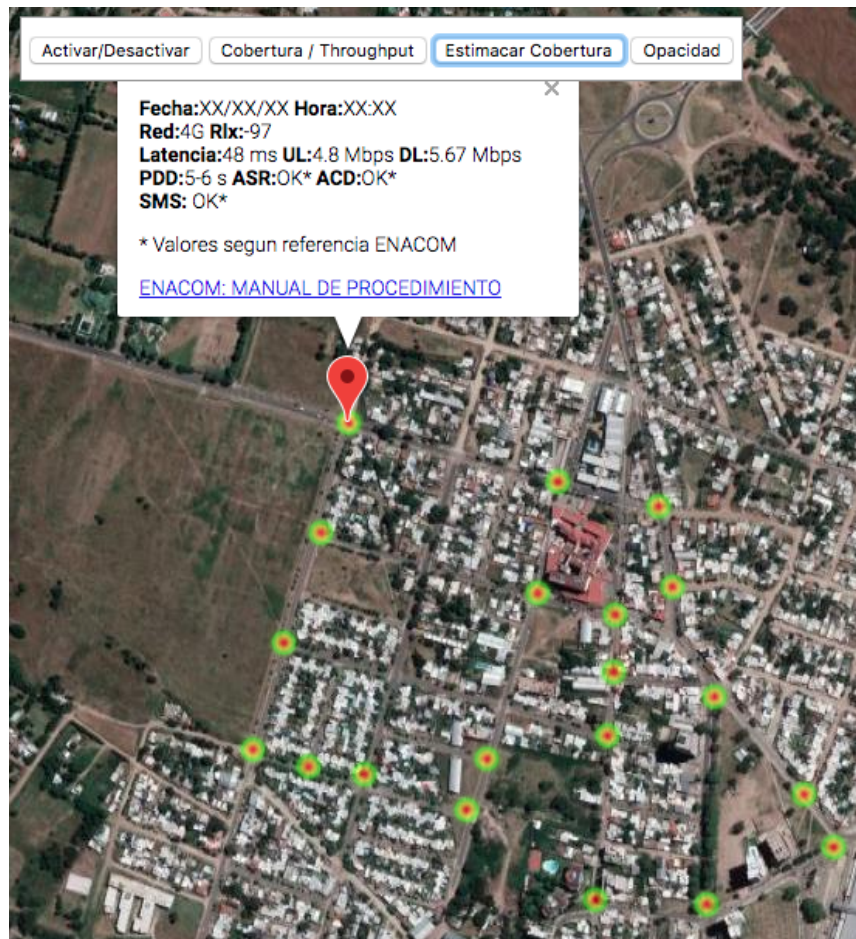


Figura 2: Estado inicial

Con la función “Estimar cobertura” se realizan los cálculos pertinentes a dicho proceso pudiendo apreciar cómo crece el mapa de calor. Ver Figura 3.

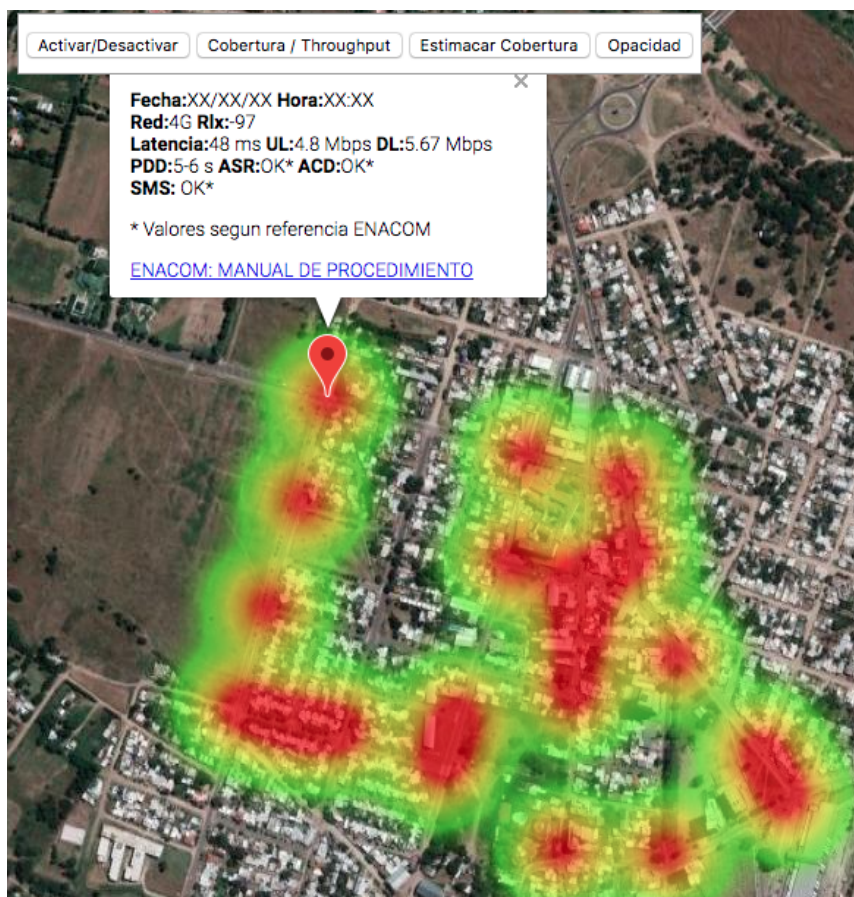


Figura 3: Primera estimación

Tal como se percibe en las mediciones absolutas, el valor utilizado para la evaluación de la cobertura es el nivel de señal recibido (SNR). Dado que el esquema estudiado presentó una cobertura total en la tecnología 4G, el estudio de interferencias no fue tenido en cuenta en esta etapa (relativo a 3G WCDMA).

La definición de códigos de colores se basa en un esquema de “cálidos a fríos” (rojos hacia azules).

- Rojo: niveles en el rango 0 a $-97dBm$
- Amarillo: niveles en el rango -97 a $-100dBm$
- Verde: niveles en el rango -100 a $-103dBm$
- Celeste: niveles en el rango -103 a $-106dBm$
- Azul: niveles menores a $-106dBm$

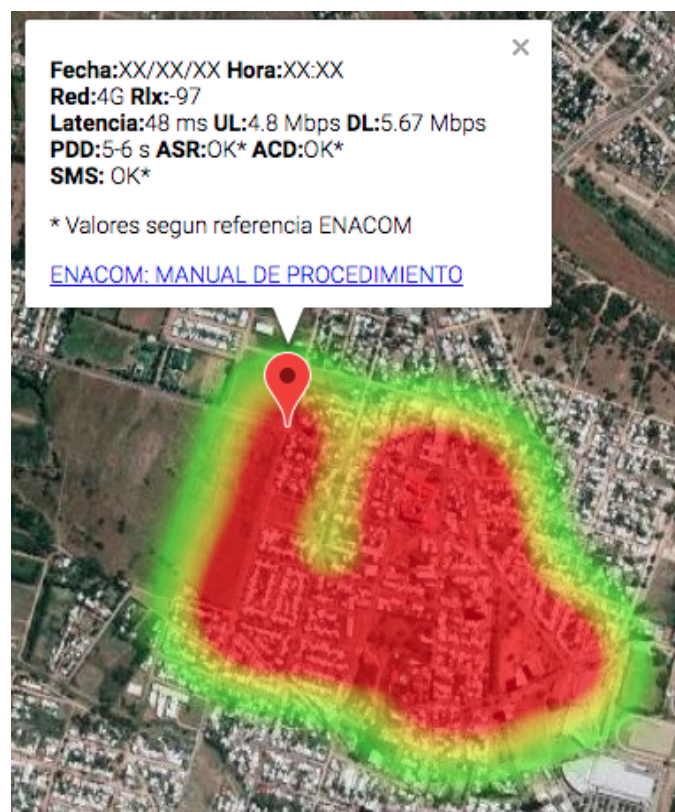


Figura 4: Segunda estimación

Sin embargo pueden apreciarse zonas sin estimación, esto se debe principalmente a la resolución del mapa y cantidad de mediciones realizadas que se traduce en una falta de puntos para proyectar mediciones. Este fenómeno se ve reducido a medida que nos alejamos del mapa, debido a que la retícula de proyección se ve modificada y por ende el mapa de calor comienza a brindar una



Figura 5: Tercera estimación

mayor cobertura. Ver Figuras 4 -5.

Aún así el error en las proyecciones se ve afectado al decrecer la retícula (es decir al aumentar el tamaño en m^2 de cada píxel del mapa). Mientras que en la primer proyección (Figura 3) el error en la estimación es menor a 5 %, en las figuras 4 y 5 supera el 8 % y el 15 %, respectivamente.

5.2. Resultados obtenidos del proceso de Estimación de Throughput

En la plataforma puede apreciarse una función que convierte el mapa de calor de niveles de señal en un mapa con diferentes colores que representa las velocidades en Mbps que pueden alcanzarse (Ver Figura 6). A simple vista los gráficos parecen presentar una correspondencia directa. Esto

se debe a que el cálculo utilizado para la obtención del Throughput se realiza basándose en las estimaciones previas de SNR realizadas en el apartado anterior.

A continuación se describe el procedimiento escogido para la representación:

1. Se recuperan los valores estimados de niveles de señal (SNR) conformando una matriz que representa la retícula de cobertura por pixel.
2. Se calcula en energía de bit (E_b/N_o) para cada punto para diferentes esquemas de modulación (BPSK, 4PAM, QPSK, 16QAM, 16PSK, 64QAM y 32PSK).
3. Se grafican las curvas Bit Error Rate vs variaciones de energía para cada modelo.
4. Se determina una Probabilidad de error crítica inferior a 1×10^{-4}
5. Se encuentran los E_b/N_o para cada modulación que cumplen con el BER propuesto.
6. Con los valores umbrales determinados en el punto anterior se procede a evaluar cada punto de la matriz encontrada en B, con la siguiente lógica:

```
If  $E_b/N_o > \text{Umbral\_BPSK}$ 
    If  $E_b/N_o > \text{Umbral\_QPSK}$ 
        If  $E_b/N_o > \text{Umbral\_16QAM}$ 
            If  $E_b/N_o > \text{Umbral\_64QAM}$ 
                SELECT MODULATION_64QAM
            Then
                SELECT MODULATION_16QAM
        Then
            SELECT MODULATION_16QAM
    Then
        SELECT MODULATION_QPSK
Then
    SELECT MODULATION_BPSK
```

En el script desarrollado puede apreciarse que no se excursionan todas las modulaciones disponibles (Ver Figura 6). Esto se debe a que para fines prácticos se escogieron los más eficientes esquemas de modulación digital disponible. Finalmente y considerando que en su totalidad los puntos medidos corresponden a 4G LTE, podemos estimar el ancho de banda para esta tecnología de la siguiente manera:

$$Sp \cdot Ee \cdot 1/T_{SOFDM} \quad (20)$$

En donde

Sp : Subportadoras. Para el esquema de telefonía móvil implementado es 256

Ee : Eficiencia espectral. Se deriva de la modulación usada, siendo:

- 1 b/Hz para BPSK
- 2 b/Hz para QPSK
- 4 b/Hz para 16QAM
- 6 b/Hz para 64QAM

T_{SOFDM} : Tiempo de Símbolo OFDM. $1/T_{SOFDM}$ es la tasa de símbolos utilizada en LTE, que por norma asciende a 15K símbolos por segundo.

En la Figura 7 se pueden apreciar los resultados de throughput en el mapa. La definición de los colores se presenta a continuación, considerando que:

$$Ee \cdot Sp \cdot Bc = Th \quad (21)$$

Donde:

Bc : ancho de banda de coherencia

- Rojo: throughput $> 23Mbps$
- Azul: throughput $> 15Mbps$ y $< 23Mbps$

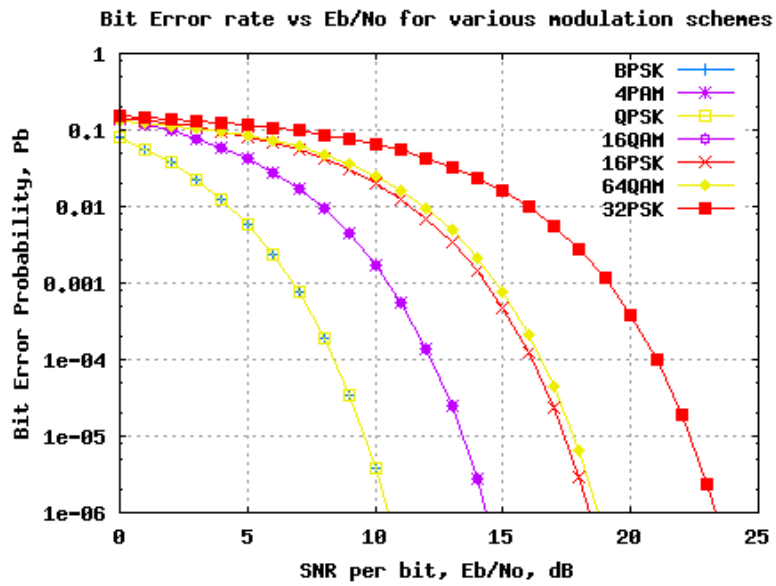


Figura 6: SNR vs BER para distintas modulaciones

- Celeste: throughput $> 7Mbps$ y $< 15Mbps$
- Amarillo: throughput $< 3Mbps$

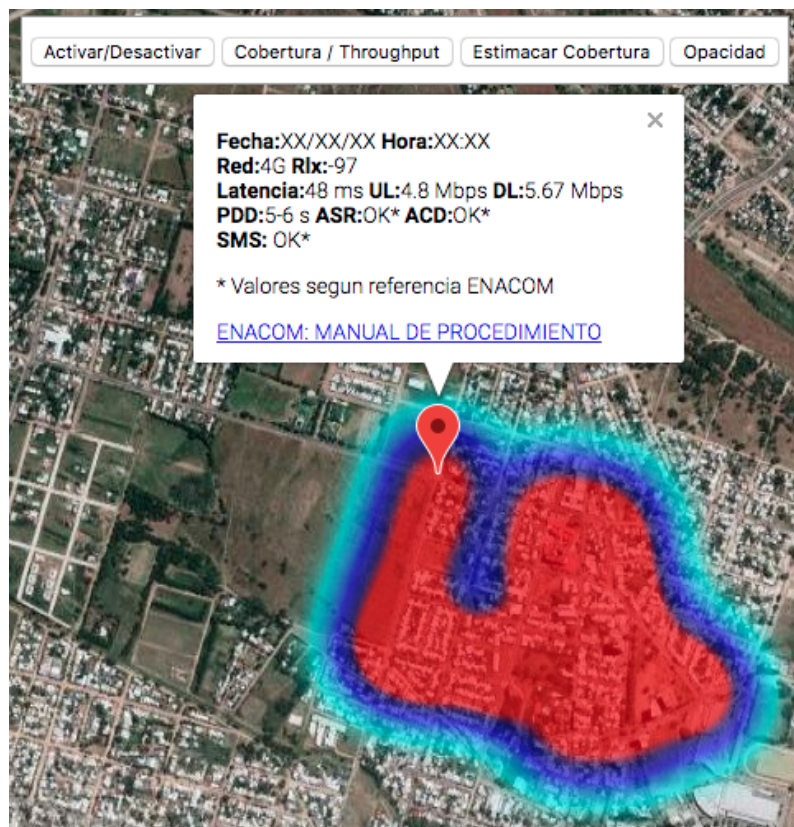


Figura 7: Throughput

6. CONCLUSIONES

Los objetivos planteados en el plan de trabajo fueron cumplidos, logrando desarrollar una herramienta, en fase alpha, que permite visualizar el estado del servicio de la telefonía móvil, considerando la calidad experimentada por el usuario y permitiendo accionar, proactivamente, sobre los puntos relevados mediante los reportes generados. Al desarrollarse la aplicación, debieron establecerse parámetros y umbrales, habiendo adquirido conocimiento sobre distintas normas, tanto a nivel nacional como internacional, que buscan mejorar la calidad del servicio. Al implementar los reportes de estado, se llevó a cabo un análisis de las mediciones, que fue implementado en la herramienta.

Adicionalmente, al desarrollar trabajo de campo en la empresa de realización de la práctica, se pudieron observar acciones de corrección de la calidad del servicio a nivel ciudad, lo que brindó una perspectiva del formato de trabajo en la actualidad al analizar la QoS y QoE.

A nivel personal, despertó mucho interés el ingresar en el análisis del servicio de telefonía móvil y poder llevar a la práctica una de las principales razones de elección de carrera universitaria y, si bien el desarrollo de la herramienta dentro de la práctica llegó a una etapa previa a la implementación, al menos a nivel local, no se descarta la posibilidad de llevarla a cabo en el futuro.

Referencias

- [1] I. N. K. Ing. Ceferino Namuncura, “Resolución n° 3797/2013 (boletín oficial no 32.764 13/11/13),” Comisión Nacional de Comunicaciones, Tech. Rep., 2013.
- [2] —, “Manual de procedimientos de auditoría y verificación técnica del reglamento de calidad de los servicios de telecomunicaciones,” Comisión Nacional de Comunicaciones, Tech. Rep., 2013.
- [3] F. M. Gigena, “Relevamiento y propuesta de protocolo de medición de qos y qoe en el sistema de telefonía celular,” Feb. 2018, informe de Práctica Profesional Supervisada. Facultad de Ingeniería UNRC-Telecom Argentina S.A.
- [4] C. E. F. de Kirchner, “Decreto 681/2013 (boletín oficial no 32.655, 06/06/13).reglamento de licencias para servicios de telecomunicaciones. decreto no 764/2000. modificación.” Comisión Nacional de Comunicaciones, Tech. Rep., 2013.
- [5] N. Berner, “Resolución n° 5/2013 (boletín oficial n° 32.671, 02/07/13),” Secretaría de Comunicaciones, Tech. Rep., 2013.
- [6] I. C. N. I. N. Karavaski, “Resolución n° 25/2013,” Comisión Nacional de Comunicaciones, Tech. Rep., 2013.
- [7] C. de Estudio 12 (2001-2004) del UIT-T, “Recomendación uit-t g.1010. categorías de calidad de servicio para los usuarios de extremo de servicios multimedia,” ITU-T, Tech. Rep., 201.
- [8] —, “Recomendación uit-t g.114. tiempo de transmisión en un sentido,” ITU-T, Tech. Rep., 2003.
- [9] I.-T. S. G. . (2005-2008), “Recommendation itu-t y.1543. measurements in ip networks for inter-domain performance assessment,” ITU-T, Tech. Rep., 2007.

- [10] E. T. S. Institute, “Etsi eg 201 769-1. speech processing, transmission & quality aspects (stq); qos parameter definitions and measurements; part 1: Parameters for voice telephony service required under the onp voice telephony directive 98/10/ec,” European Telecommunications Standard Institute, Tech. Rep., 2000.
- [11] ———, “Etsi eg 202 057-4. speech processing, transmission and quality aspects (stq); user related qos parameter definitions and measurements; part 4: Internet access,” European Telecommunications Standards Institute, Tech. Rep., 2005.
- [12] R. F.-V. J. H. Schulzrinne, S. Casner, “Rfc 3550. rtp: A transport protocol for real-time applications,” Network Working Group, Tech. Rep., 2003.
- [13] R. C. E.-A. C.-E. T. Friedman, Ed., “Rfc3611. rtp control protocol extended reports (rtcp xr),” Network Working Group, Tech. Rep., 2003.
- [14] T. S. Rappaport, *Wireless Communications: Principles and Practice*, P. Hall, Ed. Prentice Hall, 2002.
- [15] P. S.-M. J.-S. S. E.F.T. Martijn, M.H.A.J. Herben, *B4 Broadband Radio@Hand deliverable D2.1 : State of the art channel models.*, T. Eindhoven, Ed. B4, TU Eindhoven, 2002.
- [16] K. K.-A. M.-M. S.-P. T.K Sarkar, Zhong Ji, “A survey of various propagation models for mobile communications.” *IEEE Antennas and Propagation Magazine*, vol. 45, no. 3, 2003.
- [17] Y. Z. . S.-G. Haggman, “Ber analysis of ofdm communication systems with intercarrier interference,” *ICCT'98. 1998 International Conference on Communication Technology. Proceedings (IEEE Cat. No.98EX243)*, 1998.
- [18] F. da Costa Pinto; Fernando Sérgio Oliveira Scoralick; Fabrício Pablo Virginio de Campos; Zhi Quan; Moisés Vidal Ribeiro, “A low cost ofdm based modulation schemes for data communication in the passband frequency,” *2011 IEEE International Symposium on Power Line Communications and Its Applications*, 2011.

- [19] X. W. Wu;J.-Y.Chouinard, “Modified channel estimation algorithms for ofdm systems with reduced complexity,” *Proceedings 7th International Conference on Signal Processing, 2004. Proceedings. ICSP '04. 2004*, 2004.

Comisión Nacional de Comunicaciones

Resolución N° 3797/2013 (Boletín Oficial N° 32.764 13/11/13)

Bs. As., 11/11/2013

VISTO el expediente N° 14394/2012 del registro de la Comisión Nacional de Comunicaciones, y

CONSIDERANDO:

Que el artículo 42 de la Constitución Nacional establece el derecho de los usuarios a la protección de su salud, seguridad e intereses económicos, a una información adecuada y veraz, a la libertad de elección, y a condiciones de trato equitativo y digno; y el deber de las autoridades de proveer a la protección de esos derechos, a la educación para el consumo, a la defensa de la competencia y al control de la calidad y eficiencia de los servicios públicos.

Que el artículo 2° del Decreto N° 681/2013 establece la necesidad de reglamentar los requisitos de calidad para la prestación de los servicios de telecomunicaciones a ser cumplidos por los licenciatarios para un uso eficaz, eficiente y racional de la red y del espectro radioeléctrico en atención al avance tecnológico y las necesidades de los usuarios.

Que por Resolución SC N° 5/2013, se aprobó el REGLAMENTO DE CALIDAD DE LOS SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES (en adelante el REGLAMENTO), con el objeto de establecer requisitos de calidad exigibles para la prestación de los servicios de telecomunicaciones.

Que por artículo 3° de la Resolución precedentemente citada se instruyó a la COMISION NACIONAL DE COMUNICACIONES a efectos de que arbitre las medidas necesarias para la elaboración de los procedimientos de auditoría y verificación técnica necesarios para la implementación del Reglamento.

Que para cumplir con la norma precitada, se estableció un plazo de NOVENTA (90) días contados desde la fecha de su publicación, quedando a cargo del cumplimiento de la tarea encomendada la COMISION NACIONAL DE COMUNICACIONES.

Que posteriormente se dictó la Resolución CNC N° 25/2013 que creó en el ámbito de la COMISION NACIONAL DE COMUNICACIONES un Grupo de estudio con el propósito de analizar la metodología de control en materia de telecomunicaciones y la elaboración de los lineamientos para el desarrollo de la tarea encomendada.

Que en tal sentido, y continuando con el cumplimiento de los objetivos del Plan Estratégico Institucional la COMISION NACIONAL DE COMUNICACIONES se comprometió a elaborar una nueva metodología de control atento, entre otras cuestiones, a los nuevos parámetros de calidad de los servicios de telecomunicaciones.

Que mediante las Notas Nros. 2340, 2341 y 2372, de fecha 17 de julio de 2013, N° 2339 de fecha 12 de julio de 2013, la Gerencia de Control de esta Comisión Nacional

solicitó a las Prestadoras de Servicio de Telefonía Móvil y Servicio Radioeléctrico de Concentración de Enlaces, información pertinente sobre cada uno de los indicadores contenidos en la Resolución N° 5/2013, de acuerdo a los lineamientos que se establecieron en una planilla que se acompañó junto a las citadas notas.

Que de los requerimientos precitados no se obtuvo la información solicitada, razón por la cual dichas actuaciones se mantendrán por cuerda separada.

Que por otra parte, se efectuaron diversas reuniones entre la COMISION NACIONAL DE COMUNICACIONES y los Prestadores, Cámaras Empresariales, Empresas Proveedoras y Fabricantes de Equipamiento, con el propósito de establecer las principales definiciones, así como también garantizar la equidad de las condiciones de cumplimiento de lo establecido en el REGLAMENTO.

Que de la información suministrada, surgió que los Prestadores no se encontraban en condiciones de cumplir con algunas de las metas establecidas y que inclusive, en algunos casos, no se realizaban las mediciones insertas en el REGLAMENTO.

Que el citado REGLAMENTO establece que los procedimientos de medición de los Indicadores deben efectuarse a través de procesos y sistemas automatizados, de modo tal que previamente deberán realizarse las especificaciones de los conceptos a medir, adquisiciones de equipamiento, implementaciones de sistema, así como también el desarrollo de programas destinados a la obtención, recolección y procesamiento de los datos necesarios para calcular los Indicadores.

Que es objeto del REGLAMENTO generar una mejora real, efectiva y progresiva en la calidad de la prestación de los servicios de telecomunicaciones.

Que una de las bases fundamentales del REGLAMENTO es la de otorgar a los usuarios información certera, veraz y eficiente que les permita elegir su Prestador con mayor conocimiento respecto de la calidad del servicio que presta.

Que por lo expuesto, y dadas sus características geográficas y demográficas, que caracterizan a nuestro país, corresponde generar diferentes sub-áreas en el Area Local AMBA a efectos de brindar información sobre una unidad geográfica que resulte representativa de la actividad diaria, normal y habitual de los usuarios en las referidas zonas.

Que a efectos de no generar barreras regulatorias de entrada al mercado que alteren la competencia y/o atenten contra el normal desarrollo de los Prestadores, es necesario hacer uso de las facultades otorgadas a esta COMISION NACIONAL DE COMUNICACIONES para establecer dicha segmentación.

Que a fin de considerar aquellas facilidades de uso masivo que actualmente son ofrecidas por los Prestadores, conforme los lineamientos otorgados por la SECRETARIA DE COMUNICACIONES DE LA NACION, se implementó un indicador para los Servicios de Mensajería Corta.

Que tal como indica el REGLAMENTO con relación a los incumplimientos en la presentación de la información y/o formalidades establecidas, será aplicable el régimen sancionatorio previsto por el Decreto N° 1185/1990.

Que el Servicio Jurídico Permanente de este Organismo ha tomado la intervención de su competencia.

Que los suscriptos son competentes para el dictado de la presente Resolución en virtud de lo dispuesto por el Decreto N° 1185/1990 y sus modificatorios y por el Decreto N° 764/2000.

Por ello,

EL INTERVENTOR Y EL SUBINTERVENTOR
DE LA COMISION NACIONAL DE COMUNICACIONES
RESUELVE:

ARTICULO 1° — Apruébese el “MANUAL DE PROCEDIMIENTOS DE AUDITORIA Y VERIFICACION TECNICA DEL REGLAMENTO DE CALIDAD DE LOS SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES” que como Anexo I forma parte integrante de la presente.

ARTICULO 2° — Apruébese la estructura de CUADROS DE INFORMACION que como Anexo II forma parte integrante de la presente.

ARTICULO 3° — Apruébense el CALENDARIO DE PRESENTACION que como Anexo III forman parte del presente.

ARTICULO 4° — Apruébense las DISPOSICIONES TRANSITORIAS que como Anexo IV forman parte del presente.

ARTICULO 5° — Comuníquese, publíquese, dése a la Dirección Nacional del Registro Oficial y archívese. — Ing. CEFERINO A. NAMUNCURA, Interventor, Comisión Nacional de Comunicaciones. — Ing. NICOLAS KARAVASKI, Subinterventor, Comisión Nacional de Comunicaciones.

Texto digitalizado y revisado, de acuerdo al original del Boletín Oficial, por el personal del Centro de Información Técnica de la Comisión Nacional de Comunicaciones.