

Propuesta para la medición mensual del servicio efectivo contemplado en la Resolución 3078 de 2019 del MinTIC

Trabajo de Grado de Maestría

ALEJANDRO VENCE VILLAMIL

Director:

Juliana Alejandra Arévalo Herrera

Codirector:

Martha Isabel Villarreal López

UNIVERSIDAD SANTO TOMAS

FACULTAD DE INGENIERIA DE TELECOMUNICACIONES

MAESTRIA EN TELECOMUNICACIONES Y REGULACION TIC

BOGOTÁ, JUNIO 2026

Tabla de contenido

ACRÓNIMOS	3
RESUMEN	5
ABSTRACT	5
INTRODUCCIÓN	6
1. MARCO GENERAL.....	7
1.1 PROBLEMA	7
1.2 JUSTIFICACIÓN.....	8
1.3 OBJETIVOS.....	9
1.3.1 OBJETIVO GENERAL	9
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	9
1.4 ALCANCE	9
1.5 METODOLOGÍA	9
2. DEFINICIÓN DE SERVICIO EFECTIVO.	11
2.1 DEFINICIÓN CALIDAD DEL SERVICIO (QoS) 4G – UIT.....	11
2.2.1 Recomendación UIT-T E.800 – Definiciones de términos relativos a la calidad del servicio ...	11
2.2 DEFINICIÓN CALIDAD DEL SERVICIO - CRC	12
2.3 DEFINICIÓN CALIDAD DEL SERVICIO - MinTIC	13
2.4 DEFINICIÓN DE SERVICIO EFECTIVO.....	13
3. SELECCIÓN DE METODO DE MEDICION Y DE INDICADORES PARA EVALUAR EL SERVICIO EFECTIVO MENSUAL.....	14
3.1 SELECCIÓN METODO DE MEDICION	14
3.2 METODOLOGIA	17
3.2.1 METODOLOGÍA DE MEDICIÓN Y REPORTE.....	18
3.4 SELECCIÓN DE INDICADORES	21
3.4.1 INDICADORES SEGUN (Resolución 6890 de 2022 y Resolución 7777 de 2025 – CRC)	21
3.4.2 VALORES OBJETIVO DE LOS INDICADORES DE CALIDAD.	21
3.4.3 INDICADORES DE DISPONIBILIDAD DE ELEMENTOS DE RED DE ACCESO (Resolución 7777 de 2025 – CRC)	22
3.4.4 PROPUESTA DE INDICADORES PARA LA VERIFICACION DEL MES DE SERVICIO EFECTIVO.....	23
4. ANEXO TÉCNICO PARA IMPLEMENTAR LA VERIFICACIÓN MENSUAL DEL SERVICIO EFECTIVO MEDIANTE EL METODO CROWDSORCING	26
4.1 EJEMPLO PRACTICO.	27
5. CONCLUSIONES	30
REFERENCIAS.....	31

ACRÓNIMOS

MINTIC	Ministerio de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones
CRC	Comisión de Regulación de Comunicaciones
UIT	Unión Internacional de Telecomunicaciones
ETSI	Instituto Europeo de Normas de Telecomunicaciones
3GPP	Generation Partnership Project (Proyecto de Asociación de Tercera Generación)
PRSTM	Proveedor de Redes y Servicios de Telecomunicaciones Móviles
IMT	Telecomunicaciones Móviles Internacionales
LTE	Long Term Evolution (Evolución a Largo Plazo)
4G	Cuarta Generación
RSRP	Reference Signal Received Power (Potencia Recibida de la Señal de Referencia)
RSSI	Received Signal Strength Indicator (Indicador de Intensidad de Señal Recibida)
SINR	Signal to Interference plus Noise Ratio (Relación Señal a Interferencia más Ruido)
ANE	Agencia Nacional del Espectro
CPE	Customer Premises Equipment (Equipo en las Instalaciones del Cliente)
EB	Estación Base
GNSS	Global Navigation Satellite System (Sistema Global de Navegación por Satélite)
GPS	Global Positioning System (Sistema de Posicionamiento Global)
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
IP	Internet Protocol (Protocolo de Internet)
ITU	International Telecommunication Union
IVC	Inspección, Vigilancia y Control
KPI	Key Performance Indicator (Indicador Clave de Desempeño)
MNO	Mobile Network Operator (Operador de Red Móvil)
OSS	Operations Support System (Sistema de Soporte de Operaciones)

PMCP	Punto de Mayor Concentración Poblacional
PRST	Proveedor de Redes y Servicios de Telecomunicaciones
QoE	Quality of Experience (Calidad de Experiencia)
QoS	Quality of Service (Calidad de Servicio)
RAN	Radio Access Network (Red de Acceso Radio)
RSRQ	Reference Signal Received Quality (Calidad de Señal de Referencia Recibida)
SDK	Software Development Kit (Kit de Desarrollo de Software)
TIC	Tecnologías de la Información y las Comunicaciones
UE	User Equipment (Equipo de Usuario)

RESUMEN

El presente documento, muestra el análisis realizado a la normatividad relacionada con la verificación de la calidad del servicio de datos para tecnología 4G, y su aplicación puntual a la verificación del servicio de datos efectivo mensual de la obligación de ampliación de cobertura que se desprenden de los permisos para uso del espectro radioeléctrico, en la banda de 700 MHz otorgado en el año 2019 a tres operadores móviles.

Inicialmente se describe el problema y sus características más relevantes. Después, en el marco general se relacionan y describen algunas normas a nivel internacional y nacional relacionadas con la verificación de niveles de servicio de los operadores móviles celulares, lo que permite determinar los posibles indicadores y los niveles a implementar para la validación del servicio efectivo mensual, permitiéndonos extraer los indicadores y establecer de alguna manera el significado de servicio efectivo mensual.

Con base en lo anterior, se elaborará una propuesta de anexo técnico que describa los procedimientos, aspectos técnicos y normativos necesarios para implementar la verificación mensual del servicio efectivo. Este trabajo constituye principalmente un aporte de carácter regulatorio-aplicado, centrado en la interpretación y aplicación de la normativa vigente, y no en el desarrollo experimental de nuevos indicadores.

Palabras clave: Niveles de cobertura, Calidad del servicio, Crowdsourcing, indicadores de calidad, ampliación de cobertura.

ABSTRACT

This document presents the analysis carried out on the regulations related to the verification of data service quality for 4G technology and its specific application to the verification of the monthly effective data service arising from the coverage expansion obligations stemming from the permits for use of the radioelectric spectrum in the 700 MHz band granted in 2019 to three mobile operators.

The document begins by describing the problem and its most relevant characteristics. Subsequently, the general framework outlines and describes a number of international and national standards related to the verification of service levels for mobile cellular operators, which makes it possible to determine the potential indicators and levels to be implemented for the validation of the monthly effective service, allowing us to extract the relevant indicators and establish, to some extent, the meaning of monthly effective service.

Building on the above, a technical annex proposal will be developed describing the procedures and the technical and regulatory aspects required to implement the monthly verification of the effective service. This work constitutes primarily a regulatory-applied contribution, focused on the interpretation and application of existing regulations, rather than on the experimental development of new indicators.

INTRODUCCIÓN

El Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (MinTIC) tiene, entre sus funciones, la inspección, vigilancia y control sobre los proveedores de redes y servicios de telecomunicaciones (PRST), entre los cuales se encuentran los operadores móviles. Esta función cobra particular relevancia cuando los permisos otorgados a dichos proveedores incluyen, además de la contraprestación económica por el uso del espectro radioeléctrico, obligaciones de despliegue de infraestructura orientadas a cerrar brechas de conectividad en el territorio nacional.

Un ejemplo de lo anterior es la subasta del espectro en la banda de 700 MHz realizada en el año 2019, mediante la cual se adjudicaron permisos de uso a tres operadores móviles. Como parte de las condiciones de dicha adjudicación, los operadores asumieron obligaciones de ampliación de cobertura de datos en tecnología 4G en localidades del territorio nacional que, hasta ese momento, no contaban con cobertura móvil de ningún proveedor. Dado que el valor de estas obligaciones se descuenta de la contraprestación económica que de otra forma percibiría el Estado por el uso del espectro, su cumplimiento involucra directamente recursos públicos, lo cual exige al MinTIC un seguimiento riguroso y sistemático.

Sin embargo, uno de los parámetros centrales para verificar dicho cumplimiento —el denominado servicio efectivo mensual— se encuentra mencionado en las resoluciones generales y particulares del permiso de espectro, pero no definido con la precisión técnica necesaria para su evaluación objetiva. Esta ausencia de definición impide al MinTIC establecer con claridad si, en un mes determinado, una estación base está efectivamente prestando el servicio en los términos exigidos, y deja al operador y al regulador sin un criterio común para determinar el descuento correspondiente sobre la contraprestación y la póliza de garantía. A esta dificultad se suma que los regímenes de calidad existentes en la normatividad colombiana —principalmente las Resoluciones 5050 y 6890 de la Comisión de Regulación de Comunicaciones (CRC)— fueron diseñados para evaluar la calidad del servicio por ámbitos geográficos amplios (capitales, municipios por categoría, resto del departamento), y no por localidad o estación base individual, que es la unidad de análisis requerida en este caso.

Frente a este vacío, el presente trabajo busca construir una propuesta de definición y verificación del servicio efectivo mensual, a partir de la revisión de la normatividad nacional, las recomendaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) y la literatura técnica relacionada con la calidad del servicio en redes móviles 4G. Este trabajo constituye principalmente un aporte de carácter regulatorio-aplicado, centrado en la interpretación y aplicación de la normativa vigente, y no en el desarrollo experimental de nuevos indicadores.

Para ello, el documento se organiza de la siguiente manera: el capítulo 1 presenta el marco general del trabajo, incluyendo el planteamiento del problema, la justificación, los objetivos, el alcance y la metodología; el capítulo 2 desarrolla la definición de servicio efectivo a partir de las recomendaciones de la UIT y la normatividad nacional aplicable;

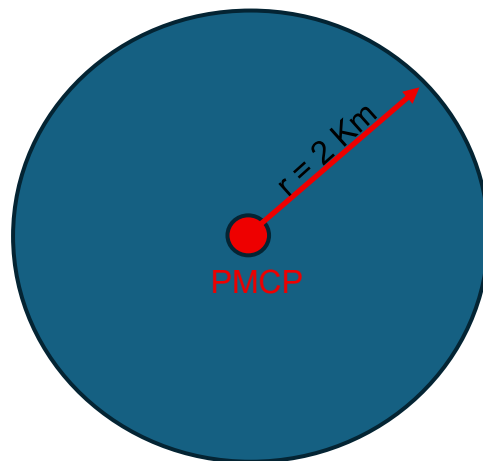
el capítulo 3 identifica los indicadores y niveles de referencia disponibles para evaluar dicho servicio; el capítulo 4 propone un borrador de anexo técnico para la verificación mensual del servicio efectivo; y, finalmente, el capítulo 5 presenta las conclusiones del trabajo.

1. MARCO GENERAL

1.1 PROBLEMA

El Ministerio de Tecnologías de la información y las Comunicaciones (MINTIC) otorgó permisos para uso del espectro radioeléctrico en la banda de 700 MHz a tres proveedores de redes y servicios de telecomunicaciones móviles (PRSTM) en el año 2019, estos permisos incluyen una obligación de ampliación de cobertura de datos en tecnología 4G, en 3620 localidades escogidas por MINTIC, por el tiempo que dure el permiso para uso del espectro en la banda de 700 MHz, en este caso por 20 años.

Estas localidades, están distribuidas en todo el territorio nacional, en sitios donde no había cobertura de ningún operador móvil, y el área de cada una de estas localidades está definida por una coordenada geográfica suministrada por MINTIC la cual corresponde al punto de mayor concentración poblacional (PMCP) y el radio de dos kilómetros alrededor de este punto.



Gráfica 1: Área de cobertura mínima para cada localidad. Fuente: Propia

En resumen, la obligación de ampliación de cobertura debe cumplir con las siguientes condiciones técnicas, las cuales deben ser verificadas por la Dirección de Vigilancia e Inspección del MINTIC:

- Nivel de potencia recibida de señal de referencia (RSRP)
- Tecnología 4G.
- Servicio efectivo mensual.

Sin embargo la dirección de Vigilancia e Inspección del MINTIC, en su labor de vigilancia, ha venido verificando el nivel de potencia (RSRP) y la tecnología 4G, lo que no ha sucedido con el servicio efectivo mensual porque no se cuenta con la definición de los parámetros que permitan determinar si el servicio es efectivo o no.

Al interior del MINTIC inicialmente se propuso evaluar el servicio efectivo aplicando el régimen de calidad contemplado en las Resoluciones 5050 y 6890 de la CRC, sin embargo, estas Resoluciones no cuentan con un régimen de calidad diseñado para evaluar la calidad del servicio por localidad, sino que se evalúa por ámbitos geográficos, como por ejemplo capitales de departamento, municipios según categoría, y resto de departamento. Por tal razón, a la fecha no ha sido posible evaluar el servicio efectivo de las localidades objeto de ampliación de cobertura, lo que genera dificultades al Ministerio en su función de vigilancia e inspección y al PRSTM en la reducción del valor de la garantía.

Ante esta situación, se plantea la pregunta de investigación: ¿Cómo, con qué parámetros y con qué niveles mínimos se puede evaluar el mes de servicio efectivo?

1.2 JUSTIFICACIÓN

La obligación de ampliación de cobertura de datos derivada de la subasta del espectro en la banda de 700 MHz no constituye una carga adicional para los operadores móviles, sino una contraprestación que se descuenta del valor que de otro modo percibiría el Estado por el uso del espectro. En consecuencia, el cumplimiento mensual de esta obligación en cada una de las localidades comprometidas involucra directamente recursos públicos, lo que exige al MinTIC contar con criterios técnicos claros, objetivos y verificables para determinar si el servicio efectivo se está prestando o no. La ausencia de dicha definición no es un asunto menor: mientras no exista un parámetro establecido, el Ministerio carece de fundamento técnico sólido para aplicar los descuentos correspondientes sobre la contraprestación y la póliza de garantía, y los operadores, a su vez, no cuentan con reglas claras frente a las cuales planear y reportar su cumplimiento.

Para resolver este vacío, es necesario un análisis comparativo entre las recomendaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) y la normatividad nacional emitida por la CRC y el MinTIC en materia de calidad del servicio móvil de datos. Este ejercicio no es fácil: las recomendaciones de la UIT no son vinculantes para un país a menos que sean adoptadas por vía administrativa (ley o decreto), y la normatividad nacional de calidad del servicio 4G, si bien es aplicable a los operadores móviles en general, fue diseñada para evaluar ámbitos geográficos amplios y no estaciones base o localidades individuales, que es la unidad de análisis que exige el marco de la subasta de 700 MHz. Por tal motivo, se requiere identificar qué elementos de ambos marcos —internacional y nacional— pueden adaptarse o reinterpretarse para dar respuesta a una obligación cuyo verdadero marco legal es la resolución de adjudicación del permiso de espectro, que opera, en la práctica, como un contrato entre los operadores y el MinTIC.

El presente trabajo se justifica, porque ofrece al MinTIC una herramienta técnica y metodológica que hoy no existe, necesaria para ejercer de manera rigurosa su función de inspección, vigilancia y control sobre una obligación que compromete recursos públicos durante un periodo de veinte años y en el plano académico, se enmarca en los objetivos de la Maestría en Telecomunicaciones y Regulación TIC, en la medida en que articula conocimiento técnico de redes móviles con su aplicación regulatoria concreta.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar los parámetros y valores mínimos necesarios para la verificación del mes de servicio efectivo de cada estación base que da cobertura a las localidades objeto de ampliación de cobertura.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Proponer una definición de 'servicio efectivo' a partir de la revisión del estado del arte incluyendo fuentes académicas y normativas.
- Determinar los aspectos técnicos que se deben tener en cuenta para definir los indicadores y los niveles de referencia de estos indicadores para verificar el servicio efectivo, considerando los indicadores que actualmente pueden reportar los operadores.
- Proponer un borrador de anexo técnico donde se describan los procedimientos, la parte técnica y normativa para implementar la verificación mensual del mes de servicio efectivo.

1.4 ALCANCE

Generar un borrador de anexo técnico que describa la manera de evaluar el servicio efectivo de una estación base teniendo en cuenta lo siguiente:

- Las condiciones técnicas de contexto, procedimiento, resultados esperados (parámetros y valores mínimos) para verificación del cumplimiento del servicio efectivo.
- Las condiciones mínimas requeridas para dar cumplimiento al anexo técnico.

1.5 METODOLOGÍA

Identificar las diferentes fuentes normativas y académicas asociadas al régimen de calidad de datos de los operadores móviles a nivel nacional e internacional y realizar un análisis que permita conocer a fondo el régimen de calidad actual y la posible aplicación de este régimen de calidad a una estación base y no a un ámbito geográfico.

Buscar en los diferentes indicadores asociados al servicio de datos reportados por los PRSTM (Proveedores de redes y servicios de telecomunicaciones móviles) al MINTIC y

hacer un análisis que permita identificar con cuáles de estos se podría verificar el servicio efectivo.

Con los indicadores seleccionados, se debe hacer una revisión de los niveles de referencia generados por los PRSTM para así definir un valor de referencia para cada indicador de los seleccionados.

Articular la información técnica, académica y normativa definida en los 3 puntos anteriores y generar un documento final.

2. DEFINICIÓN DE SERVICIO EFECTIVO.

En este punto se describen las definiciones de calidad del servicio según la normatividad de la UIT, CRC y MinTIC, con el propósito de determinar si estas incluyen o se refieren de alguna manera al concepto de servicio efectivo, del cual se hace referencia en la resolución 3078 de 2019 de apertura de requisitos y condiciones para participar en la asignación de espectro en banda de 700 MHz así:

"PARÁGRAFO 8o. Anualmente, los asignatarios en la banda de 700 MHz también podrán reducir el monto de la garantía de cumplimiento en la medida en que se cumpla con las obligaciones correspondientes a la ampliación de cobertura [...] en 0,342% del valor estimado en \$1.300.000.000 por cada mes de servicio efectivo que se haya prestado a cada una de las localidades." [1]

2.1 DEFINICIÓN CALIDAD DEL SERVICIO (QoS) 4G – UIT

La Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) es el organismo especializado de las Naciones Unidas en el campo de las telecomunicaciones y de las tecnologías de la información y la comunicación. El Sector de Normalización de las Telecomunicaciones de la UIT (UIT-T) es un órgano permanente de la UIT que estudia los aspectos técnicos, de explotación y tarifarios y publica Recomendaciones sobre los mismos, con miras a la normalización de las telecomunicaciones en el plano mundial [2]

2.2.1 Recomendación UIT-T E.800 – Definiciones de términos relativos a la calidad del servicio

Esta recomendación relaciona los términos más utilizados en el estudio y la gestión de la calidad de servicio (QoS), permitiendo unificar criterios. A continuación se relacionan los que se consideran más relevantes:

Calidad: La totalidad de las características de una entidad que determinan su capacidad para satisfacer las necesidades explícitas e implícitas.

Calidad de servicio (QoS): La totalidad de las características de un servicio de telecomunicaciones que determinan su capacidad para satisfacer las necesidades explícitas e implícitas del usuario del servicio.

Parámetro: Característica cuantificable de un aspecto del servicio y determinado por unos límites.

Parámetros objetivos (cuantitativos): Los parámetros mensurables (mediante instrumentos u observaciones) cuyo valor de calidad de funcionamiento se asigna cuantitativamente.

Parámetros subjetivos (cualitativos): Los parámetros que pueden expresarse mediante juicios y conceptos humanos.

Características de calidad de servicio:

- **Velocidad:** Criterio que describe el intervalo de tiempo utilizado para realizar la función o la velocidad a la que se realiza.
- **Precisión:** Criterio que describe el grado de corrección con que se realiza la función.
- **Certidumbre:** Criterio que describe el grado de certeza con que se realiza la función dentro de un determinado intervalo de observación.
- **Disponibilidad:** Disponibilidad 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 se facilitan los recursos externos necesarios.
- **Fiabilidad:** Probabilidad de que una entidad realice la función requerida en las condiciones impuestas en un intervalo de tiempo dado.
- **Simplicidad:** Facilidad y ausencia de complejidad para beneficio del usuario de una función del servicio.

Calidad de accesibilidad del servicio: Capacidad para obtener un servicio, dentro de determinados límites y otras condiciones, cuando así lo solicita el usuario.

Accesibilidad de la red: Probabilidad de que el usuario de un servicio, tras haberla solicitado, reciba la señal "proceda a la selección" dentro de determinadas condiciones[2]

2.2 DEFINICIÓN CALIDAD DEL SERVICIO - CRC

Nivel conceptual. La definición base de Calidad de Servicio (QoS) que usa toda la normatividad de la CRC —incluida la Resolución 5050 de 2016— es la heredada de la Resolución CRC 3067 de 2011: el efecto global de la calidad de funcionamiento de un servicio que determina el grado de satisfacción del servicio por parte de un usuario. La CRC no ha vuelto a redefinir este concepto general; lo que ha hecho es desarrollarlo operativamente a través de su régimen de calidad.

Nivel operativo/regulatorio. Ese desarrollo está contenido en el Capítulo 1 del Título V de la Resolución 5050 de 2016 (el "Régimen de Calidad para los Servicios de Telecomunicaciones"), que fue creado originalmente por la Resolución CRC 5078 de 2016. Según el propio texto regulatorio, su finalidad es triple: establecer los requisitos de calidad aplicables a la prestación de los servicios de telecomunicaciones y los indicadores que deben ser medidos y reportados por los PRST; fijar las condiciones para incentivar la mejora continua de la calidad del servicio ofrecida a los usuarios; y definir la metodología para realizar las mediciones técnicas orientadas a conocer la calidad del servicio experimentada por el usuario. Es decir, la CRC entiende "calidad del servicio" no solo como un concepto de satisfacción del usuario, sino como un conjunto de indicadores técnicos medibles, reportables y comparables entre operadores.

Este capítulo fue posteriormente subrogado y actualizado por la Resolución CRC 6890 de 2022, que modernizó el régimen adoptando tecnologías innovadoras de medición para servicios móviles, promoviendo la mejora de la calidad en zonas apartadas del país e impulsando la modernización de las redes.

En cuanto al ámbito de aplicación, el régimen aplica para todos los Proveedores de Redes y Servicios de Telecomunicaciones que presten servicios al público, salvo en los casos de planes corporativos negociados individualmente entre las partes.

2.3 DEFINICIÓN CALIDAD DEL SERVICIO - MinTIC

A diferencia de la UIT y la CRC, el MinTIC no tiene una definición normativa propia de "calidad del servicio", y esto no es una omisión casual sino una consecuencia de cómo la Ley 1341 de 2009 distribuye competencias en el sector TIC en Colombia.

Por mandato legal, es la CRC —no el MinTIC— quien tiene la facultad de regular los parámetros de calidad. Así lo confirma el propio Decreto 1079 de 2023 (que modifica el Decreto 1078 de 2015, Decreto Único Reglamentario del sector TIC), al señalar que corresponde a la CRC, en virtud del numeral 3 del artículo 22 de la Ley 1341 de 2009, expedir toda la regulación de carácter general y particular en las materias relacionadas, entre otros, con los parámetros de calidad de los servicios de telecomunicaciones.

El rol del MinTIC frente a la calidad del servicio es distinto: es la entidad que ejerce la función de inspección, vigilancia y control (IVC) sobre los proveedores de redes y servicios de telecomunicaciones —incluyendo el cumplimiento del régimen de calidad que expide la CRC—, pero no la que define o regula los parámetros técnicos de esa calidad.

2.4 DEFINICIÓN DE SERVICIO EFECTIVO

El concepto de calidad del servicio según CRC y la UIT es el siguiente;

- **Calidad de servicio UIT:** La totalidad de las características de un servicio de telecomunicaciones que determinan su capacidad para satisfacer las necesidades explícitas e implícitas del usuario del servicio.
- **Calidad de servicio CRC:** El efecto global de la calidad de funcionamiento de un servicio que determina el grado de satisfacción del servicio por parte de un usuario

No se evidencia que el término “servicio efectivo” este definido de manera clara o que este incluido dentro de la definición de Calidad del Servicio.

Ahora, el diccionario de la lengua española define "efectivo" como real y verdadero y "servicio" como acción y efecto de servir, lo que configura una definición muy general del término.

En consecuencia, al no haber un concepto definido específico y claro, se debe apelar al objetivo de la obligación de ampliación de cobertura el cual era dar cobertura, pero con calidad.

Por todo lo anterior se considera que servicio efectivo mensual es: La prestación con calidad del servicio de datos móviles en tecnología 4G durante un mes calendario, dentro del área de dos kilómetros alrededor de la estación base que da cobertura a una localidad.

3. SELECCIÓN DE METODO DE MEDICION Y DE INDICADORES PARA EVALUAR EL SERVICIO EFECTIVO MENSUAL.

En este capítulo se hará un análisis de las diferentes metodologías de medición de calidad para datos móviles y de los indicadores a cumplir, para luego determinar cual se puede aplicar en la verificación del servicio efectivo mensual.

3.1 SELECCIÓN METODO DE MEDICION

Existen principalmente tres tipos de procedimientos que se pueden implementar para evaluar la calidad del servicio en redes de datos móviles en 4G así:

Drive/walk test: Es un método de medición y evaluación de la cobertura, capacidad y Calidad de Servicio (QoS) de una red móvil. Consiste en realizar recorridos con instrumentación especializada de medición, en rutas previamente planificadas mientras los equipos registran de forma continua y georreferenciada los parámetros de desempeño de la red, La ITU-T define el Drive Test dentro del marco de su Recomendación E.806 (2019)[3] — Campañas de medición, sistemas de monitoreo y metodologías de muestreo para monitorear la calidad de servicio en redes móviles.

El 3GPP reconoce formalmente el Drive Test como la metodología de referencia tradicional para la optimización de redes.

Sonda: Es un dispositivo, instalado de manera permanente en un punto estratégico de la red o en una ubicación geográfica fija, que recolecta de forma automática, continua y no supervisada datos de desempeño de la red de telecomunicaciones, con el propósito de evaluar la calidad del servicio (QoS) y la calidad de experiencia (QoE) desde la perspectiva del usuario final o desde el interior de la infraestructura de red.

Las mediciones de los KPIs pueden realizarse usando tráfico real o tráfico de prueba. Cuando se usa tráfico real, las mediciones deben hacerse mediante un sistema automático de recolección de datos, basado en los contadores del sistema de soporte de operaciones (OSS) o en sondas que capturan el tráfico real de la red. El tráfico de prueba es un tráfico inyectado o creado con fines de prueba, que normalmente se obtiene mediante drive test/walk test o sistemas de prueba[3].

Crowdsourcing: Es una metodología que consiste en recolectar masivamente datos de calidad de red directamente desde los dispositivos móviles de los propios usuarios, quienes autorizan el uso anónimo de su información de desempeño de red. Está definido

formalmente en la Recomendación ITU-T E.812 (2020) y fue adoptado en Colombia mediante la Resolución CRC 6890 de 2022, con vigencia desde el 1° de abril de 2023.

Método	Ventajas	Desventajas	Para Validar servicio efectivo mensual en 3260 estaciones base
Drive/Walk Test	Metodología controlada y repetible bajo las mismas condiciones; permite geolocalización precisa de cada medición; ampliamente aceptada y estandarizada por reguladores a nivel mundial; permite diagnóstico técnico detallado en el momento de la medición.	Costo elevado (vehículo, combustible, personal especializado, equipos); cobertura temporal limitada (mide en una ventana de tiempo puntual, no de forma continua); limitada a vías transitables en vehículo, lo que dificulta su uso en zonas rurales de difícil acceso; no refleja necesariamente los patrones reales de uso de los usuarios.	Requiere hacer 3260 Drive Test mensuales por todo Colombia, durante 20 años.
Sondas (pruebas no atendidas)	Monitoreo continuo las 24 horas del día, de extremo a extremo; automatizada, sin necesidad de desplazamiento de personal; permite análisis de tendencias e históricos al medir siempre desde el mismo punto de referencia; menor costo operativo en el largo plazo frente a campañas repetidas de Drive Test.	Requiere inversión inicial en infraestructura (instalación, alojamiento, energía); su ubicación fija limita la representatividad espacial de la medición; no captura escenarios de movilidad (traspasos entre celdas) que sí experimenta un usuario en desplazamiento; la cobertura depende de cuántos puntos fijos se instalen.	Requiere instalar y mantener 3260 sondas durante 20 años.
Crowdsourcing	Volumen de datos mucho mayor que los métodos tradicionales; refleja la experiencia real de los usuarios finales con sus propios dispositivos y patrones de uso; menor costo por dato recolectado; cubre gran extensión geográfica sin necesidad de desplazar personal o vehículos.	Bajo costo operativo, Menor control sobre la heterogeneidad de los dispositivos, lo que puede sesgar los resultados; depende de la participación voluntaria de usuarios, por lo que zonas sin cobertura o con muy baja densidad poblacional pueden no generar datos suficientes; requiere procesos robustos de filtrado y validación estadística; implica consideraciones de privacidad en el manejo de los datos.	No requiere desplazamiento de personal ni instalación de equipo especializado en cada una de las estaciones base objeto de análisis, pero si requiere software o personal para análisis de la data recibida.

Tabla 1: comparación entre Drive Test y sondas/pruebas no atendidas y la UIT-T E.812 (Crowdsourcing). Fuente propia.

Un Drive Test mensual en las 3620 localidades resulta financiera y operativamente inviable, y esto no es una afirmación general sino una consecuencia directa de la magnitud de la obligación: verificar la totalidad de las localidades cada mes implicaría más de 43.000 desplazamientos técnicos al año y, a lo largo de los veinte años de vigencia del permiso de espectro, cerca de 870.000 visitas de campo acumuladas. Cada una de estas visitas exige desplazar un vehículo equipado con instrumentación especializada de medición y personal técnico calificado hasta zonas rurales que, en su mayoría, carecen de vías pavimentadas o de acceso vehicular permanente, precisamente la misma condición de aislamiento que originó la obligación de ampliación

de cobertura. A esto se suma el costo no marginal de adquisición, calibración y mantenimiento de los equipos de Drive Test, así como el tiempo de desplazamiento entre localidades dispersas en todo el territorio nacional, que reduce de forma drástica la capacidad operativa real del MinTIC frente a sus demás funciones de inspección, vigilancia y control sobre el resto del sector TIC. En consecuencia, utilizar esta metodología como mecanismo de verificación no solo resulta costoso: compromete la viabilidad misma del esquema de vigilancia durante la totalidad del periodo de la obligación.

Ahora bien, en relación con el método de sondas, este requiere instalar y mantener 3620 equipos —uno por cada localidad objeto de la obligación—, lo que conlleva que el MinTIC deba asumir, de forma directa o mediante la tercerización del servicio, la adquisición de cada sonda, su instalación, el mantenimiento preventivo y correctivo, el suministro de energía y, en buena parte de los casos, el alquiler y la seguridad física del punto donde se aloja el equipo, durante los veinte años de vigencia del permiso de espectro. Se trata de una inversión de capital considerable que, lejos de eliminar el problema logístico identificado en el Drive Test, simplemente lo traslada del ciclo de medición al ciclo de mantenimiento: incluso bajo el supuesto conservador de solo dos visitas técnicas al año por sonda, la operación implicaría más de 7.200 desplazamientos anuales —y cerca de 145.000 a lo largo de los veinte años— hacia las mismas zonas rurales de difícil acceso que originaron la obligación de cobertura. A esto se suma que muchas de estas localidades, por carecer previamente de cualquier infraestructura de telecomunicaciones, tampoco cuentan con suministro eléctrico confiable ni con instalaciones que garanticen la seguridad del equipo, lo que obliga a soluciones adicionales de energía autónoma y de custodia que encarecen aún más cada punto de medición.

Por último, en relación con el método Crowdsourcing, a la fecha este ya se encuentra implementado y no genera costos de desplazamiento, de adquisición de equipos de ingeniería especializados, ni de instalación de elementos en cada estación base, lo que lo diferencia estructuralmente de los dos métodos anteriores: mientras el Drive Test exige movilizar personal y el método de sondas exige desplegar infraestructura física en cada localidad, el Crowdsourcing no requiere ninguna inversión adicional de capital ni logística recurrente, porque reutiliza información que los operadores móviles ya están obligados a reportar al MinTIC. Adicionalmente, estos datos se encuentran georreferenciados y asociados a la estación base mediante su identificador (ID), lo que permite filtrar de manera precisa cuáles registros se ubican dentro del radio de dos kilómetros alrededor de la estación base objeto de análisis, ofreciendo exactamente el nivel de granularidad por localidad que el régimen general de calidad de la CRC no provee.

Esto permite conocer el estado de cada estación base de forma continua, sin necesidad de tener personal en sitio de manera ocasional ni permanente, lo cual posiciona al Crowdsourcing como el único de los tres métodos capaz de escalar a las 3620 localidades sin comprometer la capacidad operativa del MinTIC ni multiplicar sus costos a lo largo de los veinte años de la obligación.

No obstante, la principal limitación del Crowdsourcing radica en la densidad poblacional de cada una de las localidades objeto de verificación: al tratarse de zonas que antes no contaban con cobertura móvil de ningún operador, es razonable esperar que su densidad poblacional sea baja, lo que reduce el número de usuarios con dispositivos activos generando datos y, en consecuencia, el volumen de muestras disponibles en cada localidad. Esta limitación es crítica porque la propia Recomendación UIT-T E.812 condiciona la validez del método a un muestreo que garantice la validación estadística de los resultados; si el número de muestras mensuales en una localidad es insuficiente, los datos recolectados podrían no ser representativos ni defendibles desde el punto de vista regulatorio para determinar el cumplimiento o incumplimiento de la obligación.

3.2 METODOLOGIA

Según lo anterior el método de medición más viable para la verificación del servicio efectivo de datos 4G mensual es el de Crowdsourcing, razón por la cual se presentan las características de los indicadores establecidos para este método según la normatividad de la CRC y en consecuencia determinar la manera de implementarlos en la verificación del servicio efectivo mensual.

Actualmente en Colombia, la calidad del servicio de datos móviles se rige según lo indicado en la Resolución 5050 de 2016 de la CRC. Sin embargo, en 2023 entró en vigor la Resolución 6890 de 2022, y la resolución 363 de 2024 que modifica la Resolución 5050, en donde se cambia la forma de medición, los indicadores técnicos a evaluar y el ámbito geográfico de aplicación.

Entre los cambios más relevantes se destaca la sustitución de la obligación de medir indicadores de calidad para datos móviles 4G mediante gestores de desempeño de red de acceso, por mediciones a través del método de Crowdsourcing, con base en la Recomendación UIT-T E.812, mediciones que debían realizarse desde el 1° de abril de 2023 [4]

El Crowdsourcing, según la norma, es el método de medición de calidad del servicio extremo-extremo, utilizado para recopilar mediciones activas o pasivas a partir de una gran cantidad de equipos terminales de los usuarios finales [5]. Es decir, se reemplazaron las sondas de medición ubicadas en diferentes puntos geográficos por la información obtenida directamente de los dispositivos móviles celulares de los usuarios.

Este método recopila datos de usuarios reales a través de apps o SDKs integrados en otras aplicaciones y existen tres modalidades: sindicalización (recolección en segundo plano), app del operador y app propia.

3.2.1 METODOLOGÍA DE MEDICIÓN Y REPORTE

La Resolución 6890 de 2022 establece la siguiente metodología para la medición de indicadores de calidad[4]

Primera Etapa: Determinación del ámbito geográfico.

El ámbito de medición de los parámetros es el territorio donde el PRSTM preste el servicio de datos móviles, y los parámetros de calidad se miden separadamente para las tecnologías 3G y 4G. Se contemplan los siguientes ámbitos geográficos:

- **Municipal:** Todo aquel municipio en donde el PRSTM cuente con cobertura de datos móviles con tecnología 4G y cuatro (4) mil líneas móviles ajustadas o más.
- **Resto de departamento:** Agrega todos aquellos municipios de un mismo departamento en donde el PRSTM cuente con menos de cuatro (4) mil líneas móviles ajustadas por municipio en tecnología 4G.

Sin embargo, ninguno de estos dos ámbitos resulta aplicable para la verificación del servicio efectivo mensual objeto de este trabajo: dado que la obligación de ampliación de cobertura se exige por localidad y no por municipio, el ámbito geográfico debe restringirse al radio de dos kilómetros alrededor de la estación base objeto de análisis. Esta condición es técnicamente viable de cumplir porque el MinTIC tiene acceso tanto a las coordenadas y al identificador (ID) de cada estación base, como a las coordenadas de los equipos de usuario en el momento de la toma de la muestra, lo que permite filtrar exclusivamente los registros ubicados dentro de dicho radio.

Segunda Etapa: Determinación de cantidad de muestras por ámbito geográfico.

Según la norma se debe garantizar una representatividad estadística a nivel municipal, localidad o comuna. Para los municipios con más de 500 mil habitantes, la medición debe realizarse por localidad o comuna y "Resto del municipio"[4]

Ahora, para la verificación del servicio efectivo mensual no es viable aplicar lo indicado en la norma respecto a los ámbitos geográficos municipal o resto de departamento, por tal razón se propone un protocolo estadístico mínimo:

Tamaño mínimo de muestras por mes y por localidad

El tamaño de muestra debe calcularse con la fórmula estándar para estimación de una proporción[5]:

$$n = (Z^2 \times p \times (1-p)) / e^2$$

Donde Z es el valor crítico asociado al nivel de confianza (1,282 para 80%), p es la proporción esperada (se recomienda usar 0,5 por ser el escenario más conservador cuando no hay información previa de la localidad), y e (15%) es el margen de error admitido, y redondeo hacia arriba.

Con un 80% de confianza y un margen de error del 15%, el tamaño de muestra requerido es de 19 muestras mensuales por localidad. Lo anterior porque se está trabajando con localidades que, por definición, no tenían cobertura móvil antes de la obligación, es decir, poblaciones muy pequeñas. Un umbral de 80% amplía el número de localidades donde el método es estadísticamente viable, mientras que exigir 95% de confianza en todas partes podría dejar sin verificación justamente a las localidades más pequeñas y aisladas, que son las que más necesitan vigilancia. Es decir, exigir más rigor estadístico del que la realidad demográfica permite alcanzar no produce mejor regulación, produce menos regulación.

Intervalos de confianza

Dado que el objeto de verificación no es estimar un parámetro desconocido de una población, sino constatar el comportamiento técnico de un elemento de red específico, el uso de intervalos de confianza no resulta metodológicamente necesario en este protocolo. El promedio aritmético de las muestras válidas disponibles en el mes constituye el valor de referencia para determinar el cumplimiento o incumplimiento del indicador, bajo el entendido de que cada muestra es un registro directo del estado de la red en ese momento, y no una observación extraída de una distribución poblacional de la que se requiera inferir parámetros con un margen de error.

Este enfoque es consistente con el precedente establecido por la CRC en el artículo 9 de la Resolución 7777 de 2025, que contempla el cálculo de indicadores a partir de las muestras disponibles independientemente de su número, sin exigir intervalos de confianza para la validación del resultado.

Distribución por días y horas

Siguiendo el enfoque de muestreo estratificado que recomienda la UIT-T E.806, las muestras de cada localidad deben distribuirse proporcionalmente entre días hábiles y no hábiles del mes, y entre franjas horarias representativas: hora pico (18:00–22:00, periodo de mayor consumo de datos), horas valle (00:00–06:00) y horario diurno general (06:00–18:00). Se sugiere exigir que al menos el 30% de las muestras mensuales correspondan a la hora pico, por ser la franja en la que la degradación del servicio es más probable y relevante para el usuario.

Tratamiento de Valores atípicos

Es importante distinguir entre un valor atípico estadístico genuino (por ejemplo, un error de georreferenciación que ubica la muestra fuera del radio de 2 km, o una falla del dispositivo del usuario) y un valor bajo que refleje una falla real de cobertura, que no debe excluirse aunque estadísticamente luzca atípico, porque es justamente lo que el indicador busca detectar. Por eso se recomienda que la exclusión de valores atípicos se limite a errores de captura o geolocalización verificables, no a valores simplemente "inusuales" de calidad. Adicionalmente, conviene adoptar el mismo criterio que ya usa la CRC en el Anexo 5.2-A de la Resolución 5050 de 2016: excluir de la medición los días

atípicos de tráfico (24, 25 y 31 de diciembre, 1 de enero, Día de la Madre, Día del Padre y Día del Amor y la Amistad), así como las ventanas de mantenimiento programado y notificado.

Regla de decisión cuando no existan muestras suficientes

Se proponen las siguientes dos reglas:

Si el número de muestras mediante crowdsourcing del mes es igual o superior al mínimo definido (19, con la distribución de días y horas exigida), los indicadores se calculan y se evalúan normalmente.

Ahora, el protocolo estadístico—tamaño mínimo de muestras, intervalos de confianza, distribución por días y horas, y tratamiento de valores atípicos— es aplicable cuando el volumen de muestras mensuales disponibles en una localidad es suficiente para construir estimaciones estadísticamente válidas. No obstante, dado que las localidades objeto de verificación fueron seleccionadas precisamente por carecer de cobertura móvil previa y, en consecuencia, presentar baja densidad poblacional, es necesario establecer una regla complementaria para los casos en que el número de muestras disponibles sea inferior al mínimo requerido o, incluso, sea cero.

En estos casos, la verificación del servicio efectivo mensual se fundamenta en un principio distinto: la verificación directa de disponibilidad de la estación base que da cobertura a la localidad objeto de análisis, esto constituye evidencia suficiente de que la estación base estuvo operativa y prestando el servicio en las condiciones requeridas durante el periodo en que fue registrada, sin embargo se calculan los indicadores de manera informativa.

#	Paso 1	Paso 2	Paso 3	Paso 4
Regla 1	No de muestras mayor o igual a 19	Se evalúan los indicadores de Crowdsourcing	Se emite concepto de aprobación o no del mes de servicio efectivo	
Regla 2	No de muestras menos a 19	Se evalúan los indicadores de Crowdsourcing (informativo)	Se evalúan disponibilidad en eNB que da cobertura a la localidad objeto de análisis	Se emite concepto de aprobación o no del mes de servicio efectivo

Tabla 2: Reglas de decisión, Fuente propia.

3.4 SELECCIÓN DE INDICADORES

3.4.1 INDICADORES SEGUN (Resolución 6890 de 2022 y Resolución 7777 de 2025 – CRC)

Con base en la Resolución 6890 de 2022 y la Resolución 7777 de 2025, los indicadores de calidad para datos móviles 4G mediante Crowdsourcing son los siguientes:

- **Velocidad de carga:** Tasa de transferencia de datos del dispositivo del usuario a un servidor de prueba, medida en Megabits/segundo.
- **Velocidad de descarga:** Tasa de transferencia de datos de un servidor de prueba al dispositivo del usuario, medida en Megabits/segundo.
- **Latencia:** Tiempo que le toma a un mensaje realizar un viaje de ida y vuelta medido desde el primer bit que sale del dispositivo del usuario y hasta el último bit que regresa a este.
- **Fluctuación de fase (Jitter):** Medida de la variación del tiempo de ida y vuelta en una serie de mínimo dos pruebas de latencia.
- **Tasa de pérdida de paquetes:** Relación entre la cantidad de paquetes perdidos y el total de paquetes transmitidos entre el dispositivo del usuario y un servidor de prueba.

3.4.2 VALORES OBJETIVO DE LOS INDICADORES DE CALIDAD.

En la siguiente tabla se establecen los valores objetivo para los indicadores de calidad de datos móviles 4G, extraídos de la Resolución 7777 de 2025:

Indicador	Valor objetivo por ámbito geográfico
Latencia (ida y vuelta)	100 ms máximo
Fluctuación de fase (Jitter)	50 ms máximo
Tasa de pérdida de paquetes	5% máximo

Tabla 3: Valores objetivo de indicadores de calidad. Fuente: CRC, Resolución 7777 de 2025

Para las velocidades de carga y descarga, los valores objetivo están definidos en una senda de exigencia creciente:

Año	Periodo de exigibilidad	V.C. Alto (Mbps)	V.C. Medio (Mbps)	V.C. Bajo (Mbps)	V.D. Alto (Mbps)	V.D. Medio (Mbps)	V.D. Bajo (Mbps)
0	1 jul 2024 – 30 jun 2025	2,6	2,6	2,6	5	5	5
1	1 jul 2025 – 30 jun 2026	3,2	3	2,9	6,1	5,8	5,6
2	1 jul 2026 – 30 jun 2027	3,8	3,5	3,3	7,4	6,7	6,3
3	1 jul 2027 – 30 jun 2028	4,7	4	3,7	9	7,8	7,1
4	1 jul 2028 – 30 jun 2029	4,7	4,7	4,2	9	9	8
5	A partir del 1 jul 2029	4,7	4,7	4,7	9	9	9

Tabla 4: Valores objetivo de indicadores de velocidad de carga (V.C.) y descarga (V.D.) por ámbito geográfico. Fuente: CRC, Resolución 7777 de 2025

3.4.3 INDICADORES DE DISPONIBILIDAD DE ELEMENTOS DE RED DE ACCESO (Resolución 7777 de 2025 – CRC)

La Resolución 7777 de 2025 indica que los PRSTM (Proveedores de redes y servicios de telecomunicaciones móviles) deberán medir mensualmente y reportar trimestralmente el tiempo de indisponibilidad y los porcentajes de disponibilidad de todos los elementos de su red de acceso, incluyendo E-Nodos B (4G).

Disponibilidad: El porcentaje de tiempo, en relación con un determinado periodo de observación, en que un elemento de red permanece en condiciones operacionales de cursar tráfico de manera ininterrumpida.

Fórmula de cálculo de disponibilidad por estación base:

$$\% \text{Disponibilidad EB} = (1 - (\text{Tiempo total de indisponibilidad (min)} / \text{Tiempo total del Periodo (min)})) \times 100$$

Donde:

- Tiempo total de indisponibilidad (min): Es el tiempo total en minutos en que el elemento de red estuvo fuera de servicio o no se encontró disponible.
- Tiempo total del periodo (min): Es el tiempo en minutos del mes.

Los valores objetivo de disponibilidad por ámbito geográfico son los siguientes:

Elemento de red según ámbito	Ámbito	% Disponibilidad
Estaciones Base por municipio	Clúster alto	99,95
Estaciones Base por municipio	Clúster Medio	99,8
Estaciones Base por municipio	Clúster bajo	98,5

Tabla 5: Valores objetivo de indicadores de disponibilidad por ámbito geográfico. Fuente: CRC, Resolución 7777 de 2025

3.4.4 PROPUESTA DE INDICADORES PARA LA VERIFICACION DEL MES DE SERVICIO EFECTIVO.

La verificación del servicio efectivo mensual en cada una de las localidades objeto de la obligación de ampliación de cobertura en la banda de 700 MHz requiere la adopción de un conjunto de indicadores técnicos y de valores objetivo que permitan determinar, de manera objetiva, si una estación base está prestando el servicio de datos móviles en las condiciones exigidas por el permiso de espectro. Dado que ni las resoluciones generales de la subasta (Resoluciones MinTIC 3078 y 3121 de 2019) ni las resoluciones particulares de adjudicación (Resoluciones 330, 331, 332 y 333) definen con precisión técnica los indicadores ni los umbrales de cumplimiento aplicables, por tal razón es necesario acudir a la normatividad de calidad del servicio expedida por la CRC.

En ese sentido, los indicadores adoptados en la presente propuesta son los mismos que la CRC estableció en la Resolución 6890 de 2022 y en la Resolución 7777 de 2025 para la medición de la calidad del servicio de datos móviles 4G mediante el método Crowdsourcing: latencia, velocidad de carga, velocidad de descarga, fluctuación de fase (jitter) y tasa de pérdida de paquetes, complementados con el indicador de disponibilidad de la estación base definido en el Anexo 5.2-A de la Resolución 7777 de 2025. La adopción de estos indicadores se justifica en tres razones. Primera, son los indicadores que los operadores ya están obligados a medir y reportar al MinTIC bajo la normatividad vigente, lo que elimina la necesidad de crear nuevas obligaciones de reporte y hace viable la verificación sin costos adicionales para los PRSTM. Segunda, son los indicadores que mejor capturan la experiencia real del usuario final del servicio de datos móviles, que es precisamente lo que el concepto de "servicio efectivo" busca garantizar. Tercera, su adopción garantiza consistencia metodológica entre el régimen general de calidad y el régimen específico de verificación de obligaciones de cobertura, lo que facilita tanto la labor de inspección del MinTIC como la defensa jurídica de sus decisiones frente a eventuales recursos de los operadores.

No obstante, la aplicación de los valores objetivo y la metodología de medición definidos en las Resoluciones 6890 de 2022 y 7777 de 2025 no puede realizarse de forma directa e íntegra en el contexto de la verificación del servicio efectivo mensual, por dos razones estructurales. La primera es el ámbito geográfico: ambas resoluciones evalúan los indicadores a nivel municipal o por resto de departamento, mientras que la verificación

del servicio efectivo exige hacerlo a nivel de estación base individual, dentro del radio de dos kilómetros alrededor del punto de mayor concentración poblacional de cada localidad. La segunda es la senda de valores objetivo: las resoluciones establecen umbrales diferenciados por clúster de calidad (alto, medio y bajo) y, en el caso de velocidad, una senda de exigencia creciente en el tiempo; para la verificación del servicio efectivo se propone adoptar en todos los casos el valor objetivo del clúster bajo como umbral mínimo de referencia, por ser las localidades objeto de la obligación zonas rurales de difícil acceso, y establecer una regla de actualización automática que vincule los umbrales de velocidad a la senda vigente en cada año de verificación, de manera que la propuesta mantenga su vigencia durante los veinte años de duración del permiso de espectro sin necesidad de modificaciones adicionales.

En consecuencia, los indicadores y valores objetivo que se describen a continuación constituyen una adaptación técnicamente fundamentada del régimen de calidad de la CRC al contexto específico de la obligación de ampliación de cobertura en la banda de 700 MHz, y no una creación regulatoria nueva ni una contradicción con la normatividad vigente.

Indicador	Valor objetivo
Latencia (ida y vuelta)	100 ms máximo
Fluctuación de fase (Jitter)	50 ms máximo
Tasa de pérdida de paquetes	5% máximo

Tabla 6: Valores objetivo-propuestos de indicadores de calidad para servicio efectivo. Fuente: elaboración propia con base en CRC, Resolución 7777 de 2025

Año	Periodo de exigibilidad	V.C. Bajo (Mbps)	V.D. Bajo (Mbps)
2	1 jul 2026 – 30 jun 2027	3,3	6,3
3	1 jul 2027 – 30 jun 2028	3,7	7,1
4	1 jul 2028 – 30 jun 2029	4,2	8
5	A partir del 1 jul 2029	4,7	9

Tabla 7: Valores objetivo de indicadores de velocidad de carga (V.C.) y descarga (V.D.) por ámbito geográfico. Fuente: Modificada CRC, Resolución 7777 de 2025

Los valores objetivo de velocidad se actualizan automáticamente cada vez que la CRC modifique la senda de la Resolución 7777 de 2025 (o la resolución que la reemplace), adoptando siempre el valor más bajo de la senda vigente para el clúster bajo en el año de verificación.

Adicionalmente, se debe evaluar el indicador de disponibilidad de elementos de red para E-Nodos B (Estación base 4G completa), según lo indicado en la Resolución 7777 de 2025 en su artículo 5, ya que esto permite validar el tiempo mensual al aire de la estación base objeto de análisis.

Elemento de red según ámbito	% Disponibilidad mínima propuesta
eNB 700 MHz con transmisión satelital	98,5
eNB 700 MHz con transmisión terrestre (microondas fibra)	99,6

Tabla 8: Valor objetivo propuesto de disponibilidad para estación base en obligación 700 MHz. Fuente: Propia

Se propone un esquema diferenciado: 99,60% para estaciones con transmisión terrestre (microondas o fibra) y 98,50% para estaciones con transmisión satelital, siguiendo exactamente la lógica de la Resolución 7777 de 2025.

En resumen, el servicio efectivo mensual es la prestación con calidad del servicio de datos móviles en tecnología 4G durante un mes calendario, dentro del área de dos kilómetros alrededor de la estación base que da cobertura a una localidad.

es la suma del resultado de la verificación de indicadores de calidad y de la disponibilidad de la estación en un mes. Sin embargo, lo que no se puede aplicar al pie de la letra es el ámbito geográfico para la evaluación de indicadores y de valores objetivo tal como lo indica la Resolución 7777 de 2025, ya que en esta se habla de ámbitos geográficos a nivel municipal y resto de departamento, y lo que se necesita verificar es el mes de servicio efectivo en el área generada por los dos kilómetros de radio alrededor del punto de mayor concentración poblacional establecido para cada una de las localidades beneficiadas con la obligación de ampliación de cobertura.

En caso de que el PRSTM presenten eventos de fuerza mayor, mantenimiento programado, fallas de energía deberá presentar los respectivos soportes para descontar ese tiempo de. “tiempo total del periodo” de la fórmula de %Disponibilidad EB.

4. ANEXO TÉCNICO PARA IMPLEMENTAR LA VERIFICACIÓN MENSUAL DEL SERVICIO EFECTIVO MEDIANTE EL METODO CROWDSORCING

1. Información básica requerida:

- a. Reporte en bruto del mes de análisis de latencia, jitter, perdida de paquetes, velocidad de carga y descarga (Crowdsourcing) a los cuales tiene acceso el MinTIC.
- b. Reporte de disponibilidad de la estación base eNb del mes y la estación que da cobertura a la localidad objeto de verificación del servicio efectivo, en donde se debe indicar si la red de transporte es satelital o terrestre (Fibra o microondas)
- c. Coordenada e ID de la estación base que da cobertura a la localidad objeto de análisis.

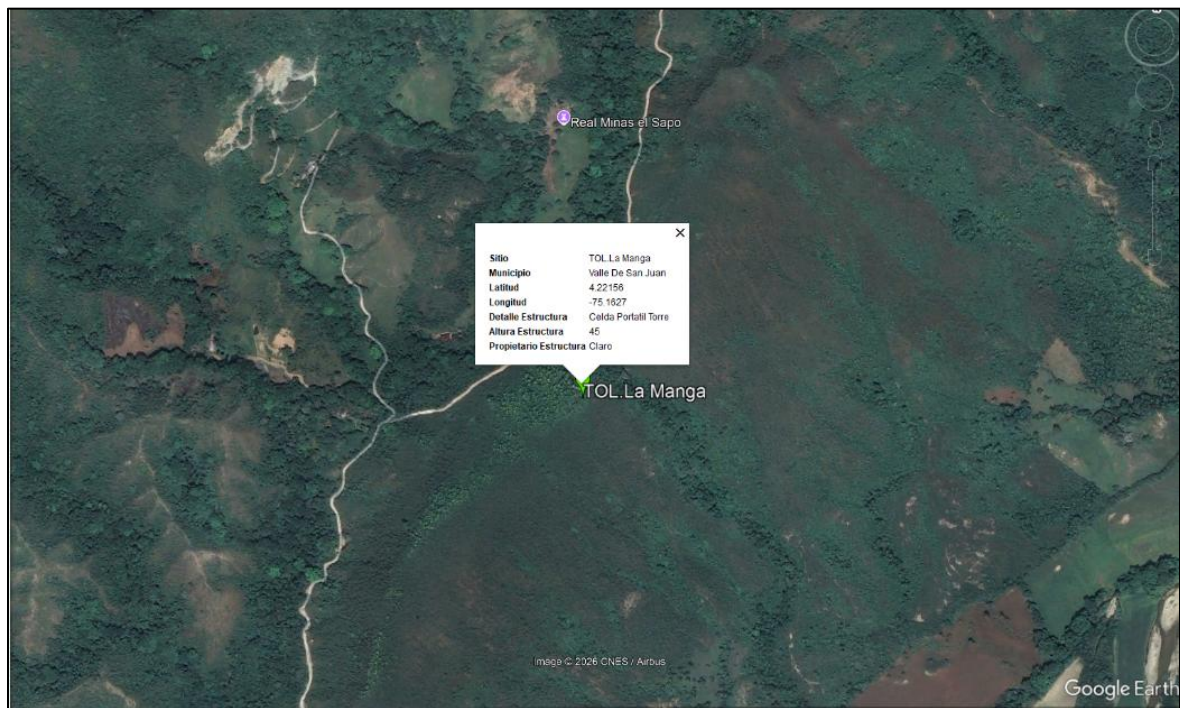
2. Procedimiento.

- a. Filtrar el reporte de Crowdsourcing, por el ID de la estación base.
- b. Ubicar en un herramienta digital de cartografía, como por ejemplo Google Earth, la estación base y las mediciones a nivel de usuario asociadas a la misma estación base.
- c. Excluir las mediciones de usuario que estan ubicadas a más de dos kilómetros de radio de la estación base objeto de análisis.
- d. calcular los indicadores para verificar si cumplen con los valores objetivo:
 - i. Si el número de muestras es mayor o igual a 19 se calculan los indicadores para latencia, jitter, perdida de paquetes, velocidad de carga y descarga, para saber si cumplen con los valores objetivo, y se emite concepto de cumplimiento o no según lo indicado en la tabla 6 y 7.
 - ii. Si el número de muestras es menor que 19 se calculan los indicadores de latencia, jitter, perdida de paquetes, velocidad de carga y descarga, de manera informativa, y se verifica el porcentaje de disponibilidad, y se emite concepto de cumplimiento solo teniendo en cuenta la disponibilidad según los valores indicados en la tabla 8.

- iii. En caso de que el PRSTM presenten eventos de fuerza mayor para justificar el incumplimiento de los indicadores o de disponibilidad, este deberá proporcionar los elementos probatorios que den soporte a dicho evento, y debe indicar de manera clara y específica el tiempo de afectación del evento de fuerza mayor.

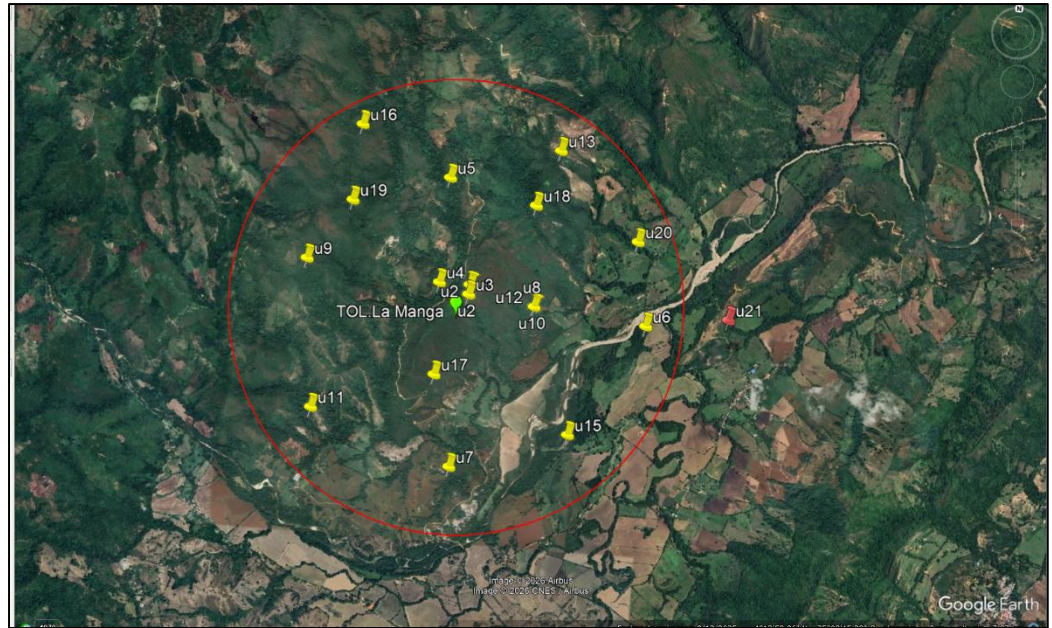
4.1 EJEMPLO PRACTICO.

1. Contando que ya se tiene la documentación básica requerida.
2. Procedimiento.
 - a. Filtrar el reporte de Crowdsourcing, por el ID o nombre de la estación base.



Gráfica 2: Ejemplo ubicación estación base eNodoB. Fuente: Propia

- b. Ubicar en un herramienta digital de cartografía, como por ejemplo Google Earth, la estación base y las mediciones a nivel de usuario asociadas a la misma estación base.



Gráfica 3: Ejemplo ubicación estación base eNodoB, muestras y 2 kilómetros alrededor de la estación base eNodoB. Fuente: Propia

- c. Excluir las mediciones de usuario que están ubicadas a más de dos kilómetros de radio de la estación base objeto de análisis.

Par este caso la muestra 21 está por fuera del radio de 2 km alrededor de la estación base, por tal razón esa muestra se excluye para los cálculos.

- d. calcular los indicadores para verificar si cumplen con los valores objetivo:
- Si el número de muestras es mayor o igual a 19 se calculan los indicadores para latencia, jitter, pérdida de paquetes, velocidad de carga y descarga, para saber si cumplen con los valores objetivo, y se emite concepto de cumplimiento o no según lo indicado en la tabla 6 y 7.

Muestras en un mes	Latencia (ms)	Fluctuación (ms)	Pérdida de paquetes %	Velocidad Carga año 2026 (Mbps)	Velocidad Descarga año 2026 (Mbps)
1	89	55	1	3	7
2	100	60	2	3,3	5,3
3	110	45	2	2	8
4	70	48	3	3,7	5,7
5	50	48	4	3,5	5,5
6	55	49	3	5	7
7	62	55	2	4	6
8	67	40	2	3	5
9	90	42	2	3	9

10	120	43	1	3	5
11	115	44	1	2	4
12	112	38	0	1	8
13	89	39	0	5	7
14	90	50	3	5	7
15	95	50	3	5	7
16	77	52	6	4	6
17	78	53	6	5	7
18	43	55	5	3	5
19	54	52	4	2	8
20	102	40	3	2	6
Calculo indicador	83,4	47,9	2,65	3,375	6,425

Tabla 4: Ejemplo muestras indicadores, Fuente: Propia

Como en este caso hay más de 19 muestras la evaluación del cumplimiento se realiza solo con el cumplimiento de los indicadores para latencia, jitter, perdida de paquetes, velocidad de carga y descarga. Para este ejemplo todos los indicadores cumplieron según lo indicado en las tablas 6 y 7.

Esto se calcula mediante el promedio aritmético de cada indicador, es decir se debe sumar el total de muestras y el resultado se divide por el número total de muestras.

En caso de que el número de muestras hubiera sido menor a 19, también se realiza el cálculo de los indicadores para latencia, jitter, perdida de paquetes, velocidad de carga y descarga, pero solo de manera informativa, y se evalúa la disponibilidad de la estación base eNb del mes el cual debe indicar si la red de transporte es satelital o terrestre (Fibra o microondas) y utilizando la siguiente formula:

$$\% \text{Disponibilidad EB} = (1 - (\text{Tiempo total de indisponibilidad (min)} / \text{Tiempo total del Periodo (min)})) \times 100$$

Ejemplo:

- Tiempo total de indisponibilidad (min)=500
- Tiempo total del Periodo (min)=43200

$$\% \text{Disponibilidad EB} = ((1 - (500 \text{ (min)} / 43200 \text{ (min)}))) \times 100$$

$$\% \text{Disponibilidad EB} = 98,8$$

En este caso el indicador de disponibilidad cumpliría para transmisión satelital, pero no para transmisión terrestre (fibra y microondas).

5. CONCLUSIONES

Se determinó que la definición de servicio efectivo hace referencia a la buena experiencia de usuario final del servicio de datos móviles en 4G, la cual se valida técnicamente con la disponibilidad de la estación base y con el cumplimiento de los indicadores de calidad (latencia, jitter, tasa de pérdida de paquetes, velocidad de carga y velocidad de descarga). Aunque el término no está definido en la normatividad nacional ni en los estándares internacionales, es posible construir una definición operativa a partir de los marcos normativos de la UIT y de la CRC, y aplicarla al contexto específico de las obligaciones de cobertura en la banda de 700 MHz.

Aunque existe normatividad internacional y nacional relacionada con la verificación de calidad del servicio de datos en 4G, para este caso en particular prima lo exigido en las resoluciones generales y particulares que adjudican el permiso para uso del espectro radioeléctrico para la banda de 700 MHz. Se concluye que los indicadores definidos en la Resolución 7777 de 2025 (latencia, jitter, tasa de pérdida de paquetes, velocidad de carga y descarga) y disponibilidad son aplicables con ciertas modificaciones para verificar el servicio efectivo.

Se concluye que utilizar la información recolectada mediante el método Crowdsourcing permite evaluar la disponibilidad y la calidad del servicio en cada una de las 3620 estaciones base objeto de ampliación de cobertura de manera mensual durante el tiempo requerido (20 años), sin incurrir en los altos costos generados por evaluar los indicadores de calidad en campo. El borrador de anexo técnico propuesto en el Capítulo 4 establece los procedimientos, indicadores y valores mínimos para implementar la verificación mensual del servicio efectivo, y puede ser adoptado por el MINTIC como referencia para la vigilancia de las obligaciones de cobertura en la banda de 700 MHz.

REFERENCIAS

- [1] MINTIC, «Resolucion_mintic_3078_2019», 2019.
- [2] C. de Estudio y del Uit-t, «UIT-T Rec. E.800 (09/2008) Definiciones de términos relativos a la calidad de servicio», 2008.
- [3] Itu-t, «ITU-T TELECOMMUNICATION STANDARDIZATION SECTOR OF ITU ESTR-KPI-RAN Key performance indicators (KPIs) for radio access mobile networks», 2022.
- [4] CRC, «Resolución_CRC_6890», 2022. [En línea]. Disponible en: <https://www.crcom.gov.co/uploads/images/files/201229%20AR%202021-22%20VPUB.pdf>
- [5] L. Naing, T. Winn, y B. N. Rusli, «Practical Issues in Calculating the Sample Size for Prevalence Studies», 2006.

DOCUMENTOS DE CONSULTA

- 1 MINTIC, «RESOLUCION 330 DE 20 FEB 20 - PARTNERS», 2020.
- 2 MINTIC, «RESOLUCION 331 DE 20 FEB 20 - COMCEL SA», 2020.
- 3 MINTIC, «RESOLUCION 332 DE 20 FEB 20 - COLOMBIA MOVIL», 2020.
- 4 MINTIC, «RESOLUCION 333 DE 20 FEB 20 - COLOMBIA MOVIL», 2020.
- 5 MINTIC, «Resolucion_mintic_3121_2019», 2019.
- 6 Diego Zegarra, « Introducción al derecho de las telecomunicaciones», en *Introducción al derecho de las telecomunicaciones*, Fondo Editorial de la PUCP, Ed., 2018.
- 7 C. de Estudio y del Uit-t, «UIT-T Rec. E.800 (09/2008) Definiciones de términos relativos a la calidad de servicio», 2008.
- 8 UIT, «UIT-T 806 Campañas de medición, sistemas de seguimiento y metodologías de muestreo para el seguimiento de la calidad de servicio en las redes móviles», 2019.
- 9 UIT-T, «R UIT-T E.812 Enmienda 1 – Enfoque de externalización masiva para la evaluación de la calidad de servicio de extremo a extremo en las redes de banda ancha fija y móvil», 2020.
- 10 MINTIC, «Resolucion_mintic_3078_2019»

11 Ley-1341-de-2009

12 CRC, «RESOLUCIÓN No. 7363 DE 2024 - Por la cual se modifican algunas disposiciones del régimen de calidad para los servicios de telecomunicaciones móviles establecidas en el Título V de la Resolución CRC 5050 de 2016 y se dictan otras disposiciones». Accedido: 30 de junio de 2025.

13 CRC, «Resolución_CRC_6890», 2022.

14 Rohde y Schwarz, «Crowdsourcing market segmentation, based on company positioning», 2022.

15 Itu-t, «ITU-T TELECOMMUNICATION STANDARDIZATION SECTOR OF ITU ESTR-KPI-RAN Key performance indicators (KPIs) for radio access mobile networks», 2022.

16 «9161253».

17 S. Bouzouki, «Measurement campaigns, monitoring systems and sampling methodologies to monitor the quality of service in mobile networks».

18 L. Amour y A. Dandoush, «Crowdsourcing Based Performance Analysis of Mobile User Heterogeneous Services», *Electronics (Switzerland)*, vol. 11, n.º 7, abr. 2022, doi: 10.3390/electronics11071011.

19 CRC, «Data Flash Mediciones de calidad Internet móvil desde la experiencia del usuario.», jul. 2024.

20 CRC, «Resolución No. 7777 DE 2025», 2025.