

**REF.: APRUEBA PROTOCOLO PARA LAS MEDICIONES DE INDICADORES ESTABLECIDOS EN REGLAMENTO QUE REGULA LAS CARACTERÍSTICAS Y CONDICIONES DE LA NEUTRALIDAD DE LA RED EN EL SERVICIO DE ACCESO A INTERNET/**

**RESOLUCIÓN EXENTA N° 3729 /**

**SANTIAGO, 18 JUL. 2011**



**VISTOS:**

- a) La Ley N° 18.168, General de Telecomunicaciones, en adelante la Ley;
- b) El Decreto Ley N° 1.762, de 1977, que creó la Subsecretaría de Telecomunicaciones, en adelante la Subsecretaría;
- c) Decreto N° 368, de 2010, del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, Reglamento que Regula las Características y Condiciones de la Neutralidad de la Red en el Servicio de Acceso a Internet, en adelante el Reglamento;
- d) Propuesta de protocolo de medición para Neutralidad de Red presentada por ATELMO, Ingresos Subtel N° 35.096, 35.102, 35.107, 35.116, todos de 17.05.2011;
- e) Propuesta de protocolo de medición para Neutralidad de Representada por API, Ingresos Subtel N° 35.064, 35.099, 35.101, 35.115, todos de 17.05.2011;
- f) Propuestas de protocolo de medición para Neutralidad de Red presentadas por Fullcom S.A., Netline Telecomunicaciones Chile S.A. y Pacífico Cable S.A., Ingresos Subtel N° 34.107, 34.807 de 17.05.2011, y N° 35.271 de 18.05.2011, respectivamente y;

**CONSIDERANDO:**

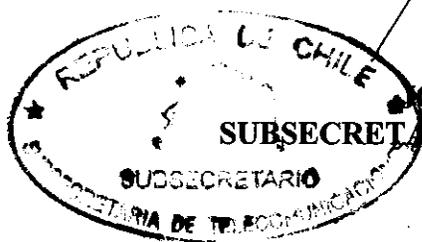
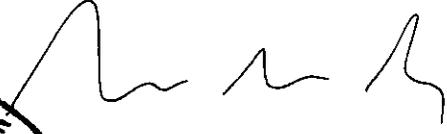
- a) Que, de acuerdo a lo establecido en artículo 6° del Decreto individualizado en la letra c) de los Vistos, la Subsecretaría debe aprobar el protocolo de medición de los indicadores definidos por el artículo 5° del mencionado Decreto, con el objeto de permitir la posterior fiscalización, por parte de la Subsecretaría de Telecomunicaciones, del efectivo cumplimiento de las obligaciones que se derivan del artículo 24° H a J de la Ley y su Reglamento de desarrollo y, en general, orientar las decisiones de esta Autoridad en el ejercicio de sus facultades de aplicación y supervisión de la citada normativa;

- b) Que, a su vez, el mismo artículo 6° del Reglamento encomienda a esta Subsecretaría verificar la veracidad de los citados indicadores y comparar sus niveles entre los distintos ISP;
- c) Que, así, los conceptos y las mediciones de los indicadores definidos por el protocolo de medición para Neutralidad deben ser uniformes para todos los ISP y utilizarse transversalmente en todo el territorio nacional con el objeto que los criterios de implementación y las respectivas mediciones permitan efectivamente la comparación de niveles de calidad y de tiempo de reposición del servicio entre los distintos ISP que requiere el mencionado inciso primero del artículo 6° del Reglamento;
- d) Que, los protocolos presentados de acuerdo a las letras d), e) y f) de los Vistos, son protocolos distintos entre sí en cuanto a su conceptualización técnica y a las consideraciones de implementación de las mediciones, por lo que afectan la comparabilidad de niveles entre ISP;
- e) Que, por otra parte, de conformidad a los artículos 3° y 4° del Reglamento, la medición de los indicadores técnicos de calidad y de tiempo de reposición del servicio de acceso a Internet debe efectuarse, en lo pertinente, de acuerdo a la metodología establecida por el Instituto Europeo de Normas de Telecomunicaciones (ETSI) en sus Recomendaciones ETSI EG 202 057-4 V1.2.1 (2008-07) y ETSI EG 202 057-1 V1.2.1 (2005-10) y sus anexos respectivos, considerando además lo dispuesto en el artículo 5° del Reglamento.
- f) Que, las disposiciones del Reglamento, incluidas las referidas a las mediciones que deben efectuarse y el protocolo que establezca el procedimiento y metodología a seguir para su obtención, resultan de aplicación a todos los ISP, sin importar el medio a través del cual se preste el servicio acceso a Internet, debiendo, el ISP, tomar en consideración las particularidades relevantes que pueden existir entre los distintos medios de acceso para proveer los servicios de conectividad entre usuarios o sus redes e Internet;
- g) Que, la letra e) del artículo 5° del Reglamento, en relación con el indicador de calidad y disponibilidad de los enlaces, expresamente prescribe que debe diferenciarse entre las conexiones nacionales e internacionales;
- h) Que, así, el texto que se aprueba recoge, ajustándolas a las exigencias contenidas en el Reglamento y en las Recomendaciones de la ETSI, las presentaciones efectuadas por las interesadas, fijando un protocolo uniforme para todos los ISP, que permite la comparación de los niveles de servicio entre ellos; y en uso de mis atribuciones,

**RESUELVO:**

**Artículo Único.** Apruébese el protocolo para la medición de indicadores para la Neutralidad de la Red, el cual se encuentra disponible en el sitio institucional [www.subtel.cl](http://www.subtel.cl)

**ANÓTESE Y PUBLÍQUESE EN EL DIARIO OFICIAL**



**JORGE ATTON PALMA**  
**SUBSECRETARIO DE TELECOMUNICACIONES**

# Protocolo de Medición de Calidad de Servicio de Acceso a Internet

Subsecretaría de Telecomunicaciones  
Gobierno de Chile

6 de Julio del 2011 - v2.0  
15 de Abril del 2011 - v1.3  
11 de Abril del 2011 - v1.0

En este documento se especifican los criterios y protocolos adicionales previstos en el Reglamento 368, del 15 de Diciembre del 2010 de la República de Chile. Estos criterios adicionales complementan la normativa vigente con la finalidad de facilitar la aplicación del método de medición establecido en la guía ETSI EG 202 057-4 V1.2.1 (2008-07) y conseguir un grado de confiabilidad y comparabilidad.

# Índice general

<b>1. Introducción</b>	<b>6</b>
<b>2. Consideraciones Generales</b>	<b>8</b>
2.1. Representatividad del Servicio . . . . .	8
2.1.1. Tipos de Tecnologías . . . . .	8
2.1.2. Nivel de Calidad . . . . .	9
2.1.3. Agrupación de Servicios de Acceso a Internet en Clases	10
2.2. Ajustes e introducción de nuevas clases . . . . .	11
2.3. Clientes Activos . . . . .	11
2.4. Alcance de las Mediciones . . . . .	11
2.5. Sondajes y Servidores . . . . .	12
2.5.1. Cantidad de Sondajes . . . . .	13
2.5.2. Cantidad de Servidores . . . . .	13
2.6. Representatividad Temporal . . . . .	14
2.6.1. Horarios Punta y Valle . . . . .	14
2.6.2. Disponibilidad Mínima del Sistema de Medición . . . . .	15
2.7. Representatividad Geográfica . . . . .	15
2.7.1. Restricciones para tecnologías fijas . . . . .	17
2.7.2. Restricciones para tecnologías móviles . . . . .	18
<b>3. Indicadores Cuantitativos</b>	<b>19</b>
3.1. Tiempo de acceso de usuario (login) . . . . .	19
3.1.1. ¿Cómo se mide? . . . . .	20
3.1.2. Cálculo . . . . .	20
3.1.3. Confiabilidad Estadística . . . . .	21
3.2. Velocidad de Transmisión de datos . . . . .	22
3.2.1. ¿Cómo se mide? . . . . .	23
3.2.2. Cálculo . . . . .	25

3.2.3.	Confiabilidad Estadística . . . . .	28
3.3.	Retardo (Latencia) . . . . .	28
3.3.1.	¿Cómo se mide? . . . . .	28
3.3.2.	Cálculo . . . . .	30
3.3.3.	Confiabilidad Estadística . . . . .	31
<b>4.</b>	<b>Indicadores Cualitativos</b>	<b>32</b>
4.1.	Proporción transmisiones de datos fallidas . . . . .	32
4.1.1.	Cálculo . . . . .	32
4.1.2.	Confiabilidad Estadística . . . . .	33
4.2.	Proporción de accesos con éxito (logins) . . . . .	33
4.2.1.	Cálculo . . . . .	33
4.2.2.	Confiabilidad Estadística . . . . .	34
4.3.	Cálculo de Error Estadístico Cualitativo . . . . .	34
<b>5.</b>	<b>Otros Indicadores</b>	<b>36</b>
5.1.	Tasa de Agregación . . . . .	36
5.2.	Tiempo de Reposición de Servicio . . . . .	37
5.2.1.	¿Cómo se mide? . . . . .	37
5.2.2.	Cálculo . . . . .	38
5.3.	Calidad y Disponibilidad del Enlace . . . . .	39
5.3.1.	¿Cómo se mide? . . . . .	39
5.3.2.	Cálculo . . . . .	40

# Glosario

**Ancho de Banda Nominal** es la velocidad de transferencia ofertada por el ISP a algún cliente quien contrata el servicio de conectividad a Internet.

**DNS** del inglés Domain Name System, es el sistema de nombres de dominio.

**CPE** del inglés Customer-Premises Equipment, es el equipo local del cliente que otorga conectividad a Internet.

**CDF** del inglés Cumulative Distribution Function, es la distribución de probabilidad.

**Período de Medición** constituye al período de tiempo que se desea medir definido por un día de inicio y un día de fin.

**FQDN** del inglés Fully Qualified Domain Name, es un nombre de dominio expresado en su totalidad.

**Heavy User** es un cliente que transfiere una cantidad de datos significativamente mayor que un cliente promedio del mismo plan.

**ICMP** del inglés Internet Control Message Protocol, es un protocolo IP utilizado para transmitir información sobre el estado de la red.

**ISP** del inglés Internet Service Provider, es la empresa que ofrece el servicio de acceso a Internet.

**RTT** del inglés Round Trip Time, tiempo que toma a un paquete IP en ir y volver entre dos hosts de una red.

**Servidor** de medición es la contraparte en una mediciones de de QoS.

**SUBTEL** Subsecretaría de Telecomunicaciones del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones del Gobierno de Chile.

**Sonda de medición** es el dispositivo encargado de ejecutar una medición de QoS contra un servidor de medición.

**Traffic Shapping** es el control de tráfico de red con el objetivo de mejorar o degradar el servicio de acceso a Internet para alcanzar un cierto nivel de servicio.

**Medición** procedimiento mediante el cual una sonda realiza un medición de calidad contra algún servidor.

**Clase** agrupación de servicios de acceso a Internet con una misma tecnología, velocidad de transferencia y nivel de calidad.

**QoS** del inglés Quality of Service, corresponde a la calidad del servicio de acceso a Internet.

**SLA** del inglés Service Level Agreement, corresponde a nivel de calidad del servicio de acceso a Internet.

# Capítulo 1

## Introducción

Este protocolo define una plataforma de medición de calidad de acceso a Internet y una serie de metodologías para medir la calidad del servicio en base a los indicadores definidos en el Reglamento 368 [1] y la recomendación ETSI EG 202 057-4 v1.2.1 [4].

El objetivo principal es que los proveedores de acceso a Internet (ISP) apliquen este protocolo a los planes comerciales que ofrecen un servicio de acceso a Internet para sus clientes terminales de Internet, y se obtengan indicadores de calidad que permitan comparar la calidad de los servicios de acceso a Internet.

Es importante destacar que este protocolo de medición busca medir la calidad del servicio de conectividad IP, y por lo tanto es principalmente agnóstico a la capa física utilizada para transmitir estos datos. Sin embargo, los parámetros utilizados para configurar este protocolo, y la configuración de la plataforma de medición podrá depender de la capa física utilizada en la “última milla”, en particular si se trata de una conectividad de tipo fija, fija inalámbrica o móvil. Cuando sea necesario diferenciar entre el tipo de tecnología se explicitará.

Este documento esta organizado de la siguiente forma.

- El Capítulo 2 presenta las consideraciones generales que detallan la recomendación ETSI [4], y ajustan los parámetros de la plataforma de medición a la realidad nacional.
- El Capítulo 3 presenta la técnica para medir, calcular y presentar los indicadores cuantitativos: tiempo de acceso de usuario (login), velocidad de transmisión de datos, y retardo (latencia).

- El Capítulo 4 presenta las técnicas para calcular y presentar los indicadores cualitativos: de proporción transmisiones de datos fallidas y proporción de accesos de usuario con éxito.
- Finalmente, el Capítulo 5 presenta la forma de calcular y presentar los indicadores restantes: tasa de agregación, tiempo de reposición del servicio, y calidad y disponibilidad del enlace.

## Capítulo 2

### Consideraciones Generales

El Reglamento 368 [1] en su Artículo 3 establece que

*... El cálculo de los indicadores se basará en muestras estadísticamente representativas de todo el país donde los ISP presten sus servicios de acceso a Internet y se medirán separadamente según tecnología, velocidad de transmisión y nivel de calidad ofrecido, identificando dónde se ha(n) realizado la(s) medición(es)."*

Este capítulo tiene por objetivo proveer los detalles necesarios que permitan a los ISP cumplir con dicho requerimiento.

#### 2.1. Representatividad del Servicio

Esta sección tiene como objetivo identificar las tecnologías, velocidades y servicios de acceso a Internet que se deberán considerar para hacer mediciones de los indicadores de calidad. Se detallan las tecnologías presentes, el concepto de nivel de calidad y finalmente el concepto de *clases* que permiten agrupar servicios con características similares para realizar las mediciones.

##### 2.1.1. Tipos de Tecnologías

A la fecha, para efectos de este protocolo las tecnologías de medición se agrupan en tres categorías.

**Fijas** aquellas que proveen conectividad a una ubicación geográfica fija utilizando tecnologías alámbricas;

Cuadro 2.1: Lista de Tecnologías (no exhaustiva)

Tipo de Tecnología	Tecnología
Fija	Dial-up (Acceso conmutado)
Fija	xDSL
Fija	HFC (Cable Modem, Fibra Óptica)
Fija Inalámbrica	WiMax 802.16d
Fija Inalámbrica	PHS
Móvil	2G (EDGE)
Móvil	3G (UMTS, HSDPA, HSPA+, LTE, ...)
Móvil	4G (LTE Advanced, WiMax 802.16e, ...)

**Fijas inalámbricas** que proveen conectividad a una ubicación con tecnologías de última milla inalámbricas; y finalmente,

**Móviles** que proveen conectividad inalámbrica en múltiples ubicaciones geográficas.

Para efectos clarificatorios se presenta una lista, no exhaustiva, de tecnologías en el Cuadro 2.1. Será responsabilidad de cada ISP identificar las diferentes tecnologías utilizadas actualmente y que puedan aparecer en el futuro, y complementarlas a las tecnologías del Cuadro 2.1.

En el caso que el CPE soporte múltiples tecnologías alternando entre ellas de manera automatizada o a voluntad del cliente, el ISP deberá elegir una sola tecnología como representativa de la velocidad para dicho CPE, procurando que dicha tecnología sea la más representativa del uso del cliente y sin sesgar arbitrariamente el criterio de representatividad definido en la sección 2.5.1.

### 2.1.2. Nivel de Calidad

Un *nivel de calidad* corresponde a una configuración por parte del ISP, o algún tercero contratado directa o indirectamente por el ISP, que tenga un efecto sobre cualquiera de los indicadores de calidad definidos en el Reglamento 368 [1] o su posterior actualización. Por ejemplo, los indicadores de velocidad de transferencia y retardo.

En caso que un servicio de acceso a Internet presente múltiples configuraciones de niveles de calidad, se deberán presentar indicadores para cada con-

figuración de nivel de calidad. Por ejemplo, si un servicio de acceso a Internet presenta cuotas de tráfico que afecten la velocidad, en realidad dicho servicio presenta dos configuraciones de nivel de calidad, una antes y otra después de la aplicación de la cuota, por lo que se deberán calcular indicadores de calidad para antes y después de la aplicación de dicha cuota.

### 2.1.3. Agrupación de Servicios de Acceso a Internet en Clases

Cada ISP deberá agrupar sus servicios de acceso a Internet ofrecidos en *clases*, siempre y cuando dichos servicios utilicen la misma tecnología, velocidad y nivel de calidad. Los servicios adicionales que un ISP pueda (o no) proveer, como telefonía o televisión, deberán ser ignorados para la agrupación por clase.

La agrupación por clase se debe hacer por separado para velocidades de subida y velocidades de bajada. Es decir, un mismo servicio de acceso a Internet estará contabilizado una vez en alguna clase de subida y una vez en alguna clase de bajada. Para efectos de las mediciones y cálculo de indicadores, todas las mediciones se harán con respecto a la clases de bajada, excepto el indicador de velocidad de subida que será el único en utilizar las clases de subida.

Si una persona contrata más de un servicio de conectividad a Internet, cada servicio de conectividad que esté asociado a un CPE diferente deberá ser contabilizado como un cliente en alguna clase. Por ejemplo, si una persona contrata un servicio de conectividad fija ADSL y además dos servicios de conectividad móvil, entonces se entenderá que hay 3 servicios en total que deben ser asignados en alguna clase como un cliente por clase.

En el caso que un servicio de acceso a Internet presente múltiples configuraciones de niveles de calidad se deberá asignar cada nivel de calidad a una clase diferente y se deberá contabilizar la fracción del cliente que corresponda en cada nivel de calidad. Por ejemplo, si un servicio de acceso a Internet ofrece 2 configuraciones de nivel de calidad entonces existirán 2 clases asociadas  $c_A$  y  $c_B$  para un mismo cliente, por lo que se deberá contabilizar como  $\frac{1}{2}$  cliente asociado a cada una de ellas.

Finalmente, cada ISP deberá realizar mediciones y presentar indicadores para todas las clases que identifique, y se deberá calcular el número de clientes por Región que cada clase representa para efecto del cálculo de sondas detallado en la sección de Representatividad Geográfica 2.7.

## 2.2. Ajustes e introducción de nuevas clases

El conjunto de clases a medir podrá ir cambiando en el tiempo y deberá ser revisado y ajustado antes de comenzar el siguiente período de medición.

Si  $d$  es la fecha de inicio del próximo período de medición, entonces en la fecha  $d - 1$  mes se deben calcular los clientes activos, y en base a estos se deben identificar las clases que serán medidas a partir de  $d$ , pudiendo darse los siguientes casos:

- Si en la fecha  $d - 1$  mes la clase ya ha cursado al menos un período completo de medición, se debe revisar si es necesario ajustar el número de sondas para cumplir con la confiabilidad estadística (sección 2.5.1) y la representatividad geográfica (sección 2.7).
- Si en la fecha  $d - 1$  mes la clase no es nueva, pero aún no ha cursado ningún período completo de medición, se debe ajustar el número de sondas para cumplir con la representatividad geográfica (sección 2.7).
- Si en la fecha  $d - 1$  mes la clase es nueva se debe distribuir sondas para cumplir con la representatividad geográfica (sección 2.7).

## 2.3. Clientes Activos

En una fecha cualquiera, los clientes activos con respecto a esa fecha serán aquellos que hayan hecho uso del servicio de acceso a Internet, de cualquier forma, en los últimos 90 días. Esto incluye tanto clientes con planes como clientes de pre y post pago.

## 2.4. Alcance de las Mediciones

Un ISP entrega un servicio de acceso a Internet a sus clientes. Para ello, debe preocuparse principalmente de resolver la conectividad en tres alcances: su propia red de acceso a los clientes (local), su interconexión con otros ISPs nacionales (nacional) y sus enlaces internacionales hacia el resto de Internet (internacional).

La calidad de servicio acceso a Internet que un ISP ofrece es entonces un producto de la calidad de las soluciones que ha implementado en estos tres

alcances. Sin duda, el único alcance cuya calidad es completamente responsabilidad del ISP es el alcance local. Sin embargo, la calidad del alcance nacional e internacional también son, en parte, responsabilidad del ISP. Cada ISP toma decisiones sobre la cantidad y calidad de sus enlaces con otros proveedores en Chile, así como fuera de Chile, que definen la calidad del servicio de acceso a Internet en forma importante.

Por ello, los indicadores de calidad son de interés para los clientes en estos tres alcances, y en especial ya que el nivel de calidad nacional e internacional no puede ser garantizado por un ISP.

Finalmente, si bien ETSI [4] recomienda medir la última milla, en ningún momento desaconseja medir más allá de la última milla. Es más, ETSI reconoce que la velocidad en la última milla no representa la calidad del servicio que percibe el usuario final ya que las mediciones locales no incluyen ni la red del ISP ni el resto de Internet.

Con lo anterior en mente se definen estos tres alcances como:

**Alcance Local** desde una sonda hasta un servidor de medición que se encuentra en las redes del Proveedor de Internet del (ISP), antes de llegar a un Punto de Intercambio de Tráfico (PIT) o enlaces con otros proveedores.

**Alcance Nacional** desde una sonda hasta un servidor de medición que se encuentra en el territorio nacional y en la red de otro ISP.

**Alcance Internacional** desde una sonda hasta un servidor de medición que se encuentre en alguna ubicación externa al territorio nacional, ya sea en Norte América, Europa, o Asia; y fuera las redes del ISP.

## 2.5. Sondas y Servidores

Los instrumentos de medición consisten en Servidores y Sondas de medición que se presentan a continuación:

- Un **servidor** de medición es una máquina física o virtual conectada a Internet con, al menos una dirección IP pública accesible sin traffic shaping, y habilitada para responder mediciones de al menos: velocidad de transferencia y/o retardo.

- Una **sonda** de medición es un dispositivo conectado a Internet a través del CPE, capaz de realizar mediciones periódicas para los indicadores de calidad.

Es del interés de cada ISP utilizar la mejor configuración de hardware posible que entregue mediciones con buenos desempeños, y por lo tanto no se restringe el hardware de estos instrumentos de medición.

### 2.5.1. Cantidad de Sondas

La cantidad de sondas deberá ser, al menos la requerida por la representatividad geográfica 2.7 y, suficiente para garantizar un mínimo nivel de confiabilidad estadística para los indicadores de una clase dado por:

- un intervalo de confianza de  $\pm 0,05$ , y
- un nivel de confianza de 0,95.

Por lo tanto, el número de sondas dependerá de la variabilidad de las mediciones de cada ISP para cada clase. Si en algún período de medición la confiabilidad calculada para un indicador es menor que la requerida, el ISP deberá publicar la confiabilidad de dicho indicador y será la responsabilidad del ISP corregir el número de sondas para alcanzar la confiabilidad mínima a lo más tardar en el período sub-siguiente.

No se restringe a que una sonda efectúe mediciones solamente para una clase. Si un ISP lo desea puede cambiar dinámicamente la configuración del CPE adosado a la sonda para reutilizar la misma sonda en mediciones de múltiples clases, siempre y cuando se respeten las restricciones de Representatividad Temporal (sección 2.6) y Representatividad Geográfica (sección 2.7).

### 2.5.2. Cantidad de Servidores

La cantidad de servidores debe ser superior o igual a 1, y será responsabilidad del ISP proveer suficientes servidores de medición para garantizar la calidad de las mediciones.

## 2.6. Representatividad Temporal

Tal y como especifica ETSI [4], cada sonda deberá efectuar mediciones periódicamente y a lo más cada 20 minutos, para cada indicador por clase y alcance a medir. Por ejemplo, si un período de medición consistiera de 3 meses, entonces cada sonda debería realizar al menos  $3 \times 24 \times \frac{365}{4} = 6570$  mediciones en dicho período.

Adicionalmente, y con el fin de no sesgar la representatividad geográfica, todas las sondas deberán utilizar la misma configuración de frecuencia para la misma clase y alcance en un mismo período de medición, siendo el número máximo de 6 mediciones por cada sonda, clase, alcance y hora.

### 2.6.1. Horarios Punta y Valle

Para cada período de medición, el ISP deberá asignar un peso  $w_h$  a cada hora de una semana característica que refleje la carga que experimentan las redes del ISP en dicho horario de tal forma que:

$$0 \leq w_h \leq 1 \quad \forall h, \quad \text{y} \quad \sum_{h=1}^{24 \times 7} w_h = 1$$

Entonces,  $w_h$  se calcula como:

$$w_h = \frac{in_h + out_h}{\sum (in_h + out_h)}$$

dónde  $in_h$  es una muestra representativa de la suma del tráfico entrante al ISP (desde los PIT, enlaces nacionales e internacionales) en el horario  $[h, h + 1[$  de una semana característica del período de medición, y  $out_h$  es una muestra representativa análoga.

Los valores de  $in_h$  y  $out_h$  pueden ser calculados de manera representativa si se suma el promedio de muestras diarias del tráfico (entrante y saliente) en el intervalo horario de  $[h, h + 1[$  de la semana para cada enlaces en cuestión.

$$in_h = \sum_{n=0}^N \overline{in}_{n(h)} \quad out_h = \sum_{n=0}^N \overline{out}_{n(h)}$$

Donde  $\overline{in}_{n(h)}$  y  $\overline{out}_{n(h)}$  son el promedio de las muestras del tráfico entrante y saliente, respectivamente, para el  $n$ -ésimo enlace en la hora  $[h, h + 1[$  de la

semana,

$$\left. \begin{aligned} \overline{in}_{n(h)} &= \frac{1}{\sum_{\rho=1}^7} \sum_{\rho} in_{n(\rho)} \\ \overline{out}_{n(h)} &= \frac{1}{\sum_{\rho=1}^7} \sum_{\rho} out_{n(\rho)} \end{aligned} \right\} \begin{aligned} \forall \rho : h &\equiv \rho \pmod{(24 \times 7)} \\ &\& \\ \rho &\in \text{período de medición} \end{aligned}$$

donde  $in_{n(\rho)}$  y  $out_{n(\rho)}$  son el tráfico entrante y saliente definidos en la sección 5.3, y  $mod$  es el operador módulo que entrega el resto de una división.

## 2.6.2. Disponibilidad Mínima del Sistema de Medición

El sistema de medición debe tener una disponibilidad de funcionamiento mínima para que sus mediciones sean consideradas como válidas. Siguiendo la línea adoptada en [2], el cálculo de disponibilidad del sistema de mediciones para alguna clase es el menor de los siguientes porcentajes:

- La tasa entre intentos de mediciones efectuados (independiente del resultado de la medición), y el número total de mediciones que el sistema ejecutaría en condiciones ideales para dicha clase.
- La tasa de horas del período de medición en que el número de intentos de medición ejecutados no es inferior al número de sondas desplegadas para dicha clase por la frecuencia mínima de muestreo (3 × hora).

Se considerarán como válidas las muestras del sistema de medición para una clase si la disponibilidad durante el período de medición es igual o superior al 95 %, y se considerarán inválidas las mediciones del sistema que tengan una disponibilidad inferior al 70 %.

Los valores intermedios (70 %-95 %) podrán ser considerados como válidos por SUBTEL siempre y cuando se presente una justificación de fuerza mayor (e.g. cortes generalizados de energía, situaciones climatológicas o geológicas, etc) y se logre la confiabilidad estadística exigida.

## 2.7. Representatividad Geográfica

Siguiendo la recomendación ETSI [4] y su aplicación en [2], se definen los siguientes criterios para distribuir sondas a lo largo del territorio nacional.

A continuación se indica la forma en que se deben distribuir geográficamente las sondas, tomando en consideración los clientes activos de cada clase (sección 2.3) y la distribución de los mismos en las regiones (según la distribución administrativa vigente):

- En las Regiones en que el ISP tenga más de 400.000 clientes para una clase se desplegarán como mínimo 5 sondas para dicha clase.
- En las Regiones en que el ISP tenga entre 200.000 y 400.000 clientes para una clase se desplegarán como mínimo 4 sondas para dicha clase.
- En las Regiones (o agrupaciones de Regiones) en que el ISP tenga entre 100.000 y 200.000 clientes para una clase se desplegarán como mínimo 3 sondas para dicha clase.
- En las Regiones (o agrupaciones de Regiones) en que el ISP tenga entre 25.000 y 100.000 clientes para una clase se desplegarán como mínimo 2 sondas para dicha clase.
- En las Regiones (o agrupaciones de Regiones) en que el ISP tenga menos de 25.000 clientes para una clase se desplegará como mínimo 1 sonda para dicha clase.

Adicionalmente se deberán cumplir las siguientes restricciones para cada clase:

- Las agrupaciones de Regiones no podrán abarcar nunca más de 2 Regiones ni 200.000 clientes de una misma clase, y deberá ser entre Regiones colindantes.
- Se deberá desplegar como mínimo dos sondas en todo el territorio nacional,
- Los clientes activos para efectos de estos cálculos deben ser considerados como se detalla en la sección 2.3 y en los plazos y condiciones establecidas en la sección 2.2.
- En el caso de tecnología móviles se deberá considerar la dirección de contacto registrada para el cliente. En caso que se desconozca la dirección, se deberá considerar al cliente como habitante de alguna Región o agrupación de Regiones en las que el cliente hizo uso de servicio en el último mes.

- Sólo se podrán instalar  $s$  sondas en alguna comuna, si ya existen al menos  $s - 1$  sondas en todas las otras comunas de la Región o agrupación de Regiones.
- Con el objetivo de no sesgar la representatividad geográfica, en caso de instalar un número mayor de sondas que el mínimo requerido, se deberá procurar mantener una proporcionalidad entre las sondas instaladas en cada Región, o agrupación de Regiones. Dicha proporcionalidad será verificada de la siguiente forma, sea  $k = \frac{s}{m}$  la tasa entre el número instalado  $s$  y el número mínimo  $m$  de sondas en una Región (o agrupación de Regiones), entonces se debe procurar que para todas las Regiones (o agrupación de Regiones) de una clase siempre:

$$\lceil k_{max} \rceil \leq \lceil k_{min} \rceil + 1$$

Donde  $k_{max}$  y  $k_{min}$  son la mayor y menor tasa de todas las Regiones o agrupación de Regiones para dicha clase, y  $\lceil \cdot \rceil$  es el operador cajón superior. Por ejemplo la configuración  $k_{max} = \frac{10}{5}$  y  $k_{min} = \frac{3}{3}$  es válida ( $\lceil \frac{10}{5} \rceil \leq \lceil \frac{3}{3} \rceil + 1$ ), pero si se instalara una sonda adicional ( $10 \rightarrow 11$ ) en la Región con mayor tasa la configuración sería inválida ( $\lceil \frac{11}{5} \rceil \not\leq \lceil \frac{3}{3} \rceil + 1$ ).

- En el caso de tecnologías móviles se deberá asignar un cliente activo de una clase a la última Región donde se utilizó el servicio de acceso a Internet.

### 2.7.1. Restricciones para tecnologías fijas

- Para las tecnologías ADSL y otras, donde es sabido que calidad de la conexión disminuye con la distancia [7] se deberá procurar que, en promedio ponderado de todas las sondas de una clase, el largo del bucle ADSL sea superior a 1200mts como sugiere [2].
- Para las tecnologías fijas se deberá procurar que, para una misma clase, dos sondas nunca estén conectadas al mismo centro de acceso, salvo que ya exista al menos una sonda en cada centro de acceso de la Región o agrupación de regiones [2].
- Para las tecnologías fijas inalámbricas se deberá procurar que la distancia entre la antena y sonda sea al menos la distancia promedio de sus clientes en la respectiva Región o agrupación de Regiones.

## 2.7.2. Restricciones para tecnologías móviles

- Para las tecnologías inalámbricas móviles se debe procurar que, en promedio ponderado, la intensidad de la señal inalámbrica de todas las mediciones de una sonda para un clase no superen un cierto umbral. Dicho umbral dependerá de cada CPE, y deberá considerarse como el mínimo entre: el 80 % máximo de sensibilidad y  $-78\text{dBm}$  [2]. Para esto las sondas deberán registrar la intensidad de cada medición en sus resultados.
- Adicionalmente, para una misma clase, dos sondas nunca deberán estar conectadas a la misma antena, salvo que ya exista al menos una sonda de la misma clase en cada antena de la Región o agrupación de Regiones.

## Capítulo 3

### Indicadores Cuantitativos

A continuación se describen los indicadores cuantitativos que deberán ser informados periódicamente. Cabe destacar que las mediciones realizadas para cada indicador deben ser realizadas de forma independiente y a lo más una medición a la vez. Es otras palabras, no deben seguir ningún orden predeterminado ni deben influir las unas con las otras.

#### 3.1. Tiempo de acceso de usuario (login)

*La confección de este indicador se basa en la propuesta de indicador "Proporción de accesos de usuarios con éxito" descrito en el documento [2].*

El tiempo de acceso de usuario ( $t$ ) es el tiempo que se demora un cliente en configurar el servicio de acceso a Internet.

En la sección 5.4 de ETSI [4] se define el tiempo para obtener un "perfecto orden de funcionamiento" (full working conditions), lo que debe ser interpretado como el tiempo necesario para que un cliente realice el proceso de autenticación y validación con el ISP (cuando sea necesario), obtenga una dirección IP y configuración de red válida para la navegación, y logre realizar al menos una resolución DNS de algún FQDN exitosamente.

Asimismo, se entiende que en algunos casos no será posible medir este tiempo dado que los parámetros de red son dados manualmente (de forma estática) y local. Por ejemplo, en el caso que a un usuario se le entregue una dirección IP fija configurada estáticamente y que tenga asociado estáticamente un servidor de resolución de nombres en la red del usuario. En estos casos, la medición se tomará solamente como el tiempo requerido para obtener la dirección IP

correspondiente a una petición "DNS – Lookup" de una FQDN determinada al servidor DNS local.

### 3.1.1. ¿Cómo se mide?

Todas las mediciones de intento de acceso de usuario deben partir de un estado en el que la sonda no tenga ni dirección IP asignada, servidor de resolución de nombres asignado ni un cache local de respuestas DNS resueltas para el FQDN utilizado en la medición.

Una medición es el tiempo  $t_i^{c(h)}$  que toma en obtener una configuración de "perfecto orden de funcionamiento" y al menos una resolución DNS donde  $c$  es la clase a la que pertenece dicha medición,  $h$  es el horario  $[h, h + 1[$  de la semana,  $i$  es el la  $i$ -ésima medición de tiempo de acceso realizado por las sondas de la clase  $c$  en el período de medición.

Se podrá elegir libremente el FQDN solicitado en cada caso, e incluso se podrán realizar varias solicitudes por diferentes FQDN terminando de registrar el tiempo al momento de recibir la primera respuesta.

En caso que pasado 15 segundos aún no se logre una configuración de "perfecto orden de funcionamiento" y al menos una resolución DNS se deberá anotar el tiempo en que se abortó la medición ( $t_i^{c(h)} > 15[s]$ ), y se deberá contabilizar dicha medición como efectuada. Se define entonces como un acceso exitoso como aquel menor o igual a 15 segundos:

$$\text{exitoso}(t_i^{c(h)}) = \begin{cases} 1 & \text{si } t_i^{c(h)} \leq 15[s] \\ 0 & \text{si } t_i^{c(h)} > 15[s] \end{cases}$$

y el número de mediciones de acceso exitosos en el horario  $[h, h + 1[$  como

$$|t_{\text{exitosos}}^{c(h)}| = \sum_{i=0}^{|t^{c(h)}|} \text{exitoso}(t_i^{c(h)})$$

donde  $|t^{c(h)}|$  es el número total de mediciones.

### 3.1.2. Cálculo

Para cada clase  $c$  se debe calcular el promedio ponderado del tiempo de acceso como:

### Indicador 1: Tiempo de Acceso Promedio

$$L_{avg}^c = \sum_{h=1}^{h=24 \times 7} (w_h \cdot l^{c(h)})$$

donde el promedio de todas las mediciones validas en el horario  $[h, h + 1[$  es

$$l^{c(h)} = \frac{\sum_{i=1}^{|l^{c(h)}|} l_i^{c(h)}}{|l_{exitosos}^{c(h)}|}, \quad \forall i : l_i^{c(h)} \leq 15[s]$$

y donde para la clase  $c$  en el horario  $[h, h + 1[$

- $l_i^{c(h)}$  es el la  $i$ -ésima medición de acceso realizada por las sondas de la clase  $c$  en el el horario  $h$  para un período de medición,
- $|l^{c(h)}|$  es el número total de mediciones,
- $w_h$  es el peso definido en la sección 2.6.1 para el mismo período.

Luego, para cada clase  $c$  en el horario  $h$ , se deberá calcular la desviación según:

### Indicador 2: Desviación Estándar de Tiempo de Acceso

$$L_{std}^c = \max \left\{ \sqrt{\frac{1}{|l_{exitosos}^{c(h)}| - 1} \sum_{i=1}^{|l^{c(h)}|} (l_i^{c(h)} - l^{c(h)})^2} \right\}, \quad \forall h, i : l_i^{c(h)} \leq 15[s]$$

### 3.1.3. Confiabilidad Estadística

Se deberá entregar la confiabilidad estadística del indicador de tiempo de acceso de usuario para cada clase  $c$  en el horario  $h$ . Esto se deberá calcular suponiendo una distribución *t-student* con un error máximo de  $\pm 0,05$  con un nivel de confianza de 95 %.

El error para la clase  $c$  en la hora es:

### Indicador 3: Confiabilidad del Tiempo de Acceso

$$L_{\text{error}}^c = A \frac{L_{\text{std}}^c}{\sqrt{n}}$$

donde

- $A$  es el valor de que se corresponde con un valor en ordenada de 0,95 de una función de distribución de probabilidad acumulada (CDF) de una distribución *t-student* definida a partir de las estimaciones de media y varianza anteriores y del número total de sondas que constituyen el sistema de medidas para el servicio ( $n - 1$  grados de libertad)
- $n = |L_{\text{exitosos}}^{c(h)}|$  es el número de muestras exitosas utilizadas para calcular  $L_{\text{std}}^c$ .

## 3.2. Velocidad de Transmisión de datos

*La confección de este indicador se basa en la recomendación ETSI [4], extendida con el fin de incluir un sistema de autenticación. Además, los cálculos estadísticos están basados en el documento [2].*

Para los objetivos de este protocolo, se define la velocidad de transferencia desde A hacia B como la cantidad máxima de bits de datos (payload) que se logran transmitir desde A hacia B con una conexión HTTP sobre TCP/IP durante una unidad de tiempo (segundos). Cabe destacar que los datos de control necesarios en la comunicación, como por ejemplo los encabezados TCP e IP, no son incluidos dentro de este indicador.

En el caso de este protocolo la velocidad de transferencia se mide desde una sonda hacia un servidor (subida) y desde un servidor hacia una sonda (bajada). Por simplicidad, a continuación se habla simplemente de velocidad, pero se entiende que se deberán realizar los mismos pasos para medir y calcular los indicadores de velocidad de subida y bajada por separado. Cuando sea necesario diferenciar entre velocidad de subida y velocidad de bajada se explicitará.

### 3.2.1. ¿Cómo se mide?

Tal y como sugiere el documento ETSI, se debe medir la velocidad transmitiendo datos incompresibles entre una sonda de medición y un servidor web. La transferencia de los datos se realizará mediante el protocolo HTTP 1.1 (RFC 2616 [5]), de tal forma que la sonda y servidor sean respectivamente el cliente y servidor HTTP.

El tamaño mínimo de datos a transmitir es tal que imponga que la medición dure al menos 2 segundos. Para permitir la estabilización de los parámetros de conexión TCP se podrán descartar los primeros  $100[KB]$  de transmisión como recomienda [7]. Es decir, el tiempo se podrá comenzar a medir desde que comienza el envío/recepción de datos, denotado  $t_{inicio}$ , o desde  $t_{100[KB]}$ , el instante en que se hayan transmitido los primeros  $100[KB]$ .

Cada medición de velocidad deberá cumplir con los siguientes pasos.

**Obtención de un Ticket** Previo a cada medición de velocidad de transferencia la sonda deberá obtener un ticket que la autorizará a realizar la medición. Para eso, se dispondrá de un servidor de autenticación central que entregue estos tickets. Cada ticket autoriza a una sonda a realizar una medición desde el instante de tiempo que se obtiene el ticket  $t_{ticket}$  hasta  $t_{ticket} + 60[s]$ , es decir, el ticket tiene un tiempo de expiración.

El servidor de autenticación será administrado por SUBTEL o alguna entidad designada por SUBTEL. Tanto las sondas como servidores instalados por cada ISP deberán ser previamente informados y registrados en el servidor de autenticación.

**Conexión a un servidor** Para comenzar la medición, la sonda debe establecer una conexión TCP a un servidor HTTP de medición en el puerto 80 y presentar el ticket de autenticación en el encabezado HTTP como sugiere el estándar RFC 4559 [6] con Kerberos v5.

Las sondas deberán utilizar la dirección IP para conectarse con el servidor de medición, no el nombre DNS si lo tuviese, para evitar pruebas fallidas por problemas de configuración de DNS.

**Realización de una medición** Para la **velocidad de bajada**, la sonda deberá enviar un HTTP Request con el método GET y la dirección Request-URI: /data/[rand], donde [rand] es un texto alfanumérico aleatorio de 16

caracteres usando los caracteres [a-z] en minúsculas y [0-9]. Además de presentar los encabezados de autenticación la sonda deberá incluir el encabezado: `Cache-Control: no-cache, private`.

El `HTTP Response` enviado por el servidor deberá especificar el encabezado (`Connection: close`). Una vez enviados los encabezados del `HTTP Response`, el servidor deberá enviar datos en formato binario (es decir, sin ninguna codificación), incompresibles y aleatorios por un mínimo de 2[s]. Pasados los 2[s] tanto el servidor como la sonda podrán cerrar la conexión a su voluntad, y se registrarán los datos transferidos a partir de  $t_{100[KB]}$  como  $d$ .

Para la **velocidad de subida**, la sonda deberá enviar un `HTTP Request` con el método `POST` en la dirección `Request-URI: /data`. Además de presentar los encabezados de autenticación la sonda deberá incluir el encabezado: `Cache-Control: no-cache, private`. Una vez enviados los encabezados del `HTTP Request`, la sonda debe escribir datos en formato binario (es decir, sin ninguna codificación), incompresibles y aleatorios por al menos 2[s]. Pasados los 2[s] tanto el servidor como la sonda podrán cerrar la conexión a su voluntad, y se registrarán los datos transferidos a partir de  $t_{100[KB]}$  como  $d$ .

Adicionalmente se deberá considerar que:

- El tiempo en que empieza la medición se conoce como  $t_{\text{ticket}}$  y el tiempo en que se termina la medición como  $t_{\text{fin}}$ . Si una medición durara más de 60[s] se deberá cerrar la conexión y registrar el tiempo de fin tal que  $t_{\text{fin}} - t_{\text{ticket}} > 60[\text{s}]$ .
- Cada ticket emitido devengará obligatoriamente una muestra de medición, independiente del resultado obtenido. La sonda tendrá hasta la expiración del ticket para transferir datos contra un mismo servidor de medición, y podrá establecer si lo desea, múltiples conexiones, secuenciales o paralelas, para realizar la medición, e incluso re-intentar en caso de algún error mientras el ticket no haya expirado.
- Las muestras deberán ser independientes. Es decir, el hecho de que una muestra entregue un valor alto o bajo, o que la medición sea fallida, no deberá influir en el instante de tiempo que se efectúe la siguiente medición.

Cuadro 3.1: Códigos de Respuesta del Servidor HTTP

Código	Descripción
200	OK: El servidor aceptó la solicitud de medición y la sonda puede proceder inmediatamente a realizar la medición.
400	Bad Request: La sonda ha realizado una solicitud inválida.
401	Unauthorized: El servidor no acepta mediciones para la sonda (e.g. ticket expirado).
403	Forbidden: Indica que la sonda no tiene permisos para utilizar el servidor.
408	Request Timeout: Indica que la sonda no ha enviado datos durante más de 60 segundos.
500	Internal Server Error Se produjo un error en el servidor que impide realizar la medición.
503	Service Unavailable el servidor se encuentra ocupado, es decir, el número máximo de sondas simultáneas ha sido sobrepasado.
509	Bandwidth Limit Exceeded (Apache bw/limited extension): La solicitud ha sido rechazada por el servidor debido a que la sonda ha sobrepasado la cantidad de mediciones autorizadas.

- Cuando una sonda solicite una medición al servidor, el servidor podrá responder con alguno de los códigos HTTP especificados en el Cuadro 3.1.

### 3.2.2. Cálculo

Se define el resultado de la  $i$ -ésima medición de velocidad realizada para la clase  $c$ , alcance  $a$ , en el horario  $h$  como la tripla:

$$\vec{v}_i^{c(a,h)} = \langle d_i^{c(a,h)}[\text{bits}], \Delta t_i^{c(a,h)}[\text{s}], \Delta \tau_i^{c(a,h)}[\text{s}] \rangle$$

donde  $d$  son los datos transmitidos,  $\Delta t$  el tiempo de transferencia de datos, y  $\Delta \tau$  es el tiempo de medición, los que se detallan a continuación.

El tiempo de transferencia se define como el tiempo transcurrido entre que empieza la transferencia de datos,  $t_{\text{inicio}}$ , y que finaliza la medición ( $t_{\text{fin}}$ ). Opcionalmente se pueden ignorar los primeros 100[KB] transmitidos y se calcula

como:

$$\Delta t = \begin{cases} t_{\text{fin}} - t_{\text{inicio}} & \text{sin descontar los primeros } 100[KB] \\ t_{\text{fin}} - t_{100[KB]} & \text{descontando los primeros } 100[KB] \end{cases}$$

El tiempo de medición se define como el tiempo transcurrido desde que se obtuvo un ticket hasta que finalizó la medición, por lo que se calcula como:

$$\Delta \tau = t_{\text{fin}} - t_{\text{ticket}}$$

Asímismo, se calculará la velocidad de dicha medición como:

$$v_i^{c(a,h)} = \frac{d_i^{c(a,h)}}{\Delta t_i^{c(a,h)}} \left[ \frac{\text{bits}}{\text{s}} \right]$$

y se interpretará que una medición de velocidad de transferencia es fallida cuando no logra transferir al menos el doble del ancho de banda nominal (ABN) en 60 segundos o menos contados desde la obtención del ticket. Es decir:

$$\text{fallida}(\bar{v}_i^{c(a,h)}) = \begin{cases} 1 & \text{si } \Delta \tau_i^{c(a,h)} > 60 \quad \vee \quad d_i^{c(a,h)} < 2 \cdot \text{ABN} \\ 0 & \text{si } \Delta \tau_i^{c(a,h)} \leq 60 \quad \wedge \quad d_i^{c(a,h)} \geq 2 \cdot \text{ABN} \end{cases}$$

Si el número de mediciones es  $|v^{c(a,h)}|$  entonces el número de mediciones fallidas se calculará como:

$$|v_{\text{fallidas}}^{c(a,h)}| = \sum_{i=0}^{|v^{c(a,h)}|} \text{fallida}(\bar{v}_i^{c(a,h)})$$

Para la clase  $c$  y el alcance  $a$  se deberán calcular la velocidad promedio  $v^{c(a,h)}$  y desviación estándar  $v_{\text{std}}^{c(a,h)}$  en el horario  $[h, h + 1[$  por separado para las velocidades de subida y bajada como:

$$\left. \begin{aligned} v^{c(a,h)} &= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{|v^{c(a,h)}|} v_i^{c(a,h)} \\ v_{\text{std}}^{c(a,h)} &= \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^{|v^{c(a,h)}|} \left( v_i^{c(a,h)} - v^{c(a,h)} \right)^2} \end{aligned} \right\} \forall i : \text{fallida}(\bar{v}_i^{c(a,h)}) = 0$$

donde  $n = (|v^{c(a,h)}| - |v_{\text{fallidas}}^{c(a,h)}|)$  es el número de mediciones exitosas.

Finalmente, el indicador de velocidad para la clase  $c$  y el alcance  $a$  se calculará como:

**Indicador 4:** Velocidad de Transmisión Promedio

$$V^{c(a)} = \sum_{h=1}^{h=24 \times 7} (w_h \cdot v^{c(a,h)})$$

El indicador de desviación de la velocidad para la clase  $c$  y el alcance  $a$  se calculará como:

**Indicador 5:** Desviación Estándar de Velocidad de Transmisión

$$V_{\text{std}}^{c(a)} = \sqrt{\sum_{h=1}^{h=24 \times 7} w_h (v^{c(a,h)} - V^{c(a)})^2}$$

ETSI [4] también indica que se deberán indicar los percentiles 5% y 95% para las velocidades, los que se deberán calcular considerando todas las velocidades promedio de cada horario  $v^{c(a,h)} \forall h \in \{1, \dots, 24 \times 7\}$  para la clase  $c$ , alcance  $a$ :

**Indicador 6:** Velocidad de Transmisión Percentil 5%

$$V_5^{c(a)} = v^{c(a,h)}[j]$$

y tomando la  $j$ -ésima mayor velocidad horaria que supere al 5% de las velocidades,

**Indicador 7:** Velocidad de Transmisión Percentil 95%

$$V_{95}^{c(a)} = v^{c(a,h)}[k]$$

tomando la  $k$ -ésima mayor velocidad horaria que supere al 95% de las velocidades.

### 3.2.3. Confiabilidad Estadística

Para cada clase  $c$ , alcance  $\sigma$  separado por subida y bajada, se debe calcular la confiabilidad estadística como:

**Indicador 8:** Confiabilidad de la Velocidad de Transmisión

$$V_{\text{error}}^{c(\sigma)} = A \frac{\max \left\{ v_{\text{std}}^{c(\sigma, h)} \right\}}{\sqrt{n}}$$

donde

- $A$  es el valor de que se corresponde con un valor en ordenada de 0,95 de una función de distribución de probabilidad acumulada (CDF) de una distribución *t-student* definida a partir de las estimaciones de media y varianza anteriores y del número total de sondas que constituyen el sistema de medidas para el servicio ( $n - 1$  grados de libertad),
- $n = (|v^{c(\sigma, h)}| - |v_{\text{fallidas}}^{c(\sigma, h)}|)$  es el número de mediciones exitosas utilizadas para calcular el máximo  $v_{\text{std}}^{c(\sigma, h)}$ .

## 3.3. Retardo (Latencia)

El retardo desde A hacia B es el tiempo necesario para enviar un paquete de A a B, y se mide como la mitad del tiempo necesario para enviar y recibir un ICMP Echo/Reply entre A y B. Cabe destacar que este tiempo incluye el tiempo de transporte de los paquetes involucrados por la red así como el tiempo de procesamiento de los mismos en los equipos A y B.

En el caso de este protocolo, el retardo se mide desde una sonda hacia un listado de servidores ya sea con alcances locales, nacionales y/o internacionales.

### 3.3.1. ¿Cómo se mide?

Una medición de retardo se realiza enviando un tren de al menos 10 paquetes ICMP Echo Request a al menos un servidor en el alcance  $\sigma$ , y contabilizando el tiempo que toma recibir las respuestas ICMP Echo Reply para cada paquete

ICMP Echo Request enviado. Los tamaños de los paquetes ICMP enviados deberán tener un payload de 54 bytes para el caso de una red IPv4 y 16 bytes para el caso de una red IPv6, dando origen a paquetes ICMP de 64 bytes en ambos casos. Por cada paquete ICMP Echo Request enviado por una sonda, se deberá esperar al menos 1 segundo para enviar otro paquete del mismo tipo al mismo servidor. Además, se deberán esperar como máximo 10 segundos por la respuesta a cada paquete ICMP Echo Reply antes de considerarla como pérdida. La diferencia de tiempo entre el envío de un paquete y la recepción de su respuesta se conoce como RTT.

Sea  $RTT_{i,k}^{c(a,h)}$  el round-trip-time del  $k$ -ésimo paquete ICMP enviado en un tren para la clase  $c$ , con el alcance  $a$  en el horario  $[h, h+1[$ , se define el retardo  $r_i^{c(a,h)}$  y desviación  $j_i^{c(a,h)}$  del tren de paquetes como:

$$\left. \begin{aligned} r_i^{c(a,h)} &= \frac{1}{\sum_k 1} \cdot \sum_k \frac{RTT_{i,k}^{c(a,h)}}{2} \\ j_i^{c(a,h)} &= \sqrt{\frac{1}{\sum_k 1} \sum_k \left( \frac{RTT_{i,k}^{c(a,h)}}{2} - r_i^{c(a,h)} \right)^2} \end{aligned} \right\} \forall k : RTT_k^{c(a,h)} \leq 10[s]$$

donde todos los paquetes enviados pertenecen al mismo tren de paquetes.

Luego, la  $i$ -ésima medición se considera exitosa o no si:

$$\text{exitosa}(r_i^{c(a,h)}) = \begin{cases} 1 & \text{si al menos el 50 \% de los } RTT_k \leq 10[s] \\ 0 & \text{si más del 50 \% de los } RTT_k > 10[s] \end{cases}$$

y el número de mediciones exitosas para la clase  $c$  y el alcance  $a$  en el horario  $[h, h+1[$  se calcula como:

$$|r_{\text{exitosas}}^{c(a,h)}| = \sum_{i=1}^{|r^{c(a,h)}|} \text{exitosa}(r_i^{c(a,h)})$$

donde  $|r^{c(a,h)}|$  es el número total de mediciones realizadas en dicho horario.

### 3.3.2. Cálculo

Para cada clase  $c$  y alcance  $a$  se debe calcular el retardo promedio y su desviación en el horario  $[h, h+1[$  de una semana ( $h \in \{1, \dots, 24 \times 7\}$ ) según:

$$\left. \begin{aligned} r^{c(a,h)} &= \frac{\sum_{i=1}^{|r^{c(a,h)}|} r_i^{c(a,h)}}{|r_{\text{exitosas}}^{c(a,h)}|} \\ r_{\text{std}}^{c(a,h)} &= \frac{\sum_{i=1}^{|r^{c(a,h)}|} j_i^{c(a,h)}}{|r_{\text{exitosas}}^{c(a,h)}|} \end{aligned} \right\} \forall i : \text{exitosa}(r_i^{c(a,h)}) = 1$$

Luego los indicadores de retardo promedio y desviación para la clase  $c$  y el alcance  $a$  se calculan como:

**Indicador 9:** Promedio de Retardo

$$R^{c(a)} = \sum_{h=1}^{h=24 \times 7} (w_h \cdot r^{c(a,h)})$$

**Indicador 10:** Desviación del Retardo

$$R_{\text{std}}^{c(a)} = \sum_{h=1}^{h=24 \times 7} (w_h \cdot r_{\text{std}}^{c(a,h)})$$

donde

- $r^{c(a,h)}$  es el retardo promedio de las mediciones de retardo,
- $r_{\text{std}}^{c(a,h)}$  es la desviación promedio de las mediciones de retardo,
- $r_i^{c(a,h)}$  es el tiempo de retardo la  $i$ -ésima medición realizada,
- $j_i^{c(a,h)}$  es la desviación del retardo en la  $i$ -ésima medición realizada,
- $|r^{c(a,h)}|$  es el número total de mediciones de retardo realizadas,
- $|r_{\text{exitosas}}^{c(a,h)}|$  es el número total de mediciones de retardo exitosas, y
- $w_h$  es el peso definido en la sección 2.6.1 para el mismo período.

### 3.3.3. Confiabilidad Estadística

Se deberá entregar la confiabilidad estadística del indicador de retardo para cada clase  $c$  en el horario  $h$ . Esto se deberá calcular suponiendo una distribución *t-student* con un error máximo de  $\pm 0,05$  con un nivel de confianza de 95 %.

Para cada clase y alcance se debe calcular como:

Indicador 11: Confiabilidad del Retardo

$$R_{\text{error}}^{c(a)} = A \frac{\max \{j^{c(a,h)}\}}{\sqrt{n}}$$

donde:

- $A$  es el valor de que se corresponde con un valor en ordenada de 0,95 de una función de distribución de probabilidad acumulada (CDF) de una distribución *t-student* definida a partir de las estimaciones de media y varianza anteriores y del número total de sondas que constituyen el sistema de medidas para el servicio ( $n - 1$  grados de libertad)
- $n = |r^{c(a,h)}|$  es la cantidad de mediciones exitosas usadas para calcular el máximo  $j^{c(a,h)}$ .

# Capítulo 4

## Indicadores Cualitativos

### 4.1. Proporción transmisiones de datos fallidas

Para cada clase se debe calcular la tasa de mediciones de velocidad fallidas y su confiabilidad estadística durante el período de medición.

#### 4.1.1. Cálculo

Para cada clase  $c$  y alcance  $a$  se deberá calcular la proporción de transmisiones de datos fallidas como

**Indicador 12:** Tasa de transmisiones fallidas

$$V_{\text{tasa}}^{c(a)} = 100,0 \times \sum_{h=1}^{h=24 \times 7} \left( w_h \cdot \frac{|V_{\text{fallidas}}^{c(a,h)}|}{|V^{c(a,h)}|} \right)$$

donde en el horario  $[h, h + 1[$

- $|V^{c(a,h)}|$  es el número total de mediciones de velocidad realizadas en ese el período de medición (sección 3.2.2),
- $|V_{\text{fallidas}}^{c(a,h)}|$  es el número de mediciones de velocidad fallidas (sección 3.2.2), y
- $w_h$  es el peso definido en la sección 2.6.1 para el mismo período.

### 4.1.2. Confiabilidad Estadística

Para cada indicador se debe calcular el error del indicador (intervalo de confianza) como:

**Indicador 13:** Confiabilidad de tasa de transmisiones fallidas

$$V_{\text{tasa-error}}^{c(a)} = \max\{e^{c(a,h)}\}$$

donde  $e^{c(a,h)}$  se calcula como se detalla en la sección 4.3 para todas las mediciones efectuadas por las sondas de la clase utilizada para calcular el indicador en el horario  $[h, h + 1[$  de la semana con

$$n = |V^{c(a,h)}|, \quad p = \frac{|V_{\text{fallidas}}^{c(a,h)}|}{|V^{c(a,h)}|}$$

## 4.2. Proporción de accesos con éxito (logins)

Para cada clase se debe calcular la tasa de accesos exitosos y su confiabilidad estadística durante el período de medición.

### 4.2.1. Cálculo

Para cada clase  $c$  se debe calcular la proporción de ingresos exitosos como

**Indicador 14:** Tasa de accesos exitosos

$$L_{\text{tasa}}^c = 100,0 \times \sum_{h=1}^{h=24 \times 7} \left( w_h \cdot \frac{|I_{\text{exitosos}}^{c(h)}|}{|I^{c(h)}|} \right)$$

donde para cada horario  $[h, h + 1[$

- $|I_{\text{exitosos}}^{c(h)}|$  es el número de mediciones de acceso exitosas definido en la sección 3.1.1,

- $|l^{c(h)}|$  es el número total de mediciones de tiempo de acceso definido en la sección 3.1.1, y
- $w_h$  es el peso definido en la sección 2.6.1 para el mismo período.

#### 4.2.2. Confiabilidad Estadística

Para cada indicador se debe calcular el error  $L_{\text{tasa-error}}^c$  del indicador (intervalo de confianza) como:

**Indicador 15:** Confiabilidad de tasa de accesos exitosos

$$L_{\text{tasa-error}}^c = \max\{e^{c(h)}\} \quad \forall h$$

donde  $e^{c(h)}$  se calcula como se detalla en la sección 4.3 para todas las mediciones efectuadas por las sondas de la clase utilizada para calcular el indicador en el horario  $[h, h + 1[$  de la semana, con

$$n = |l^{c(h)}|, \quad p = \frac{|l_{\text{exitosos}}^{c(h)}|}{|l^{c(h)}|}$$

#### 4.3. Cálculo de Error Estadístico Cualitativo

Para las mediciones cualitativas se deberá calcular la confiabilidad usando el mecanismo que corresponda según el criterio de Laplace:  $\sigma^2 = np(1-p) < 9$  donde  $n$  es el número de muestras y  $p$  la probabilidad de fallas o éxitos.

- Si se cumple el criterio de Laplace el cálculo del error se debe hacer como:

$$e = \sigma(\alpha) \sqrt{\frac{p(1-p)}{n}}$$

donde  $\sigma(\alpha) = 1,96$  para un nivel de confianza de 0,95

- Si no se cumple el criterio de Laplace, el cálculo del error se debe hacer como:

$$e = \begin{cases} \frac{k}{n} & \text{si } \lambda > 0 \\ 0 & \text{si } \lambda = 0 \end{cases}$$

donde  $n$  es el número de muestras  $k$  es el mínimo entero tal que se logra una distribución de probabilidad acumulada superior a 0,95 según una distribución de Poisson caracterizada por  $\lambda = np$ . En caso que no se registre ningún evento de falla o éxito entonces  $\lambda = 0$  lo que no está definido para una distribución de Poisson y se deberá considerar que el error es  $e = 0$ .

# Capítulo 5

## Otros Indicadores

### 5.1. Tasa de Agregación

El Artículo 5 letra b del Reglamento 368 [1] señala que cada ISP debe poner a disposición de los usuarios esta información.

*Tasa de agregación o de sobreventa utilizada, expresada como 1:XX, entendiéndose como el cociente entre la suma de las velocidades contratadas de todos los usuarios conectados a un ISP y la velocidad del enlace con su respectivo PIT.*

La Tasa de Agregación debe ser calculada globalmente para cada ISP y para cada período de medición como el cociente entre la suma de velocidades de bajada máxima (ABN) contratadas de todos sus clientes, y la suma de velocidades máximas entrantes contratadas por el ISP en sus enlaces nacionales/internacionales (ya sea hacia otros ISPs y/o PITs de carácter nacional/internacional).

**Indicador 16:** Tasa de Agregación Nacional

$$A_{\text{nacional}} = 1 : \left[ \frac{\sum \text{vel. bajada clientes}}{\sum \text{vel. max. entrante de enlaces nacionales}} \right]$$

**Indicador 17:** Tasa de Agregación Internacional

$$A_{\text{internacional}} = 1 : \left[ \frac{\sum \text{vel. bajada clientes}}{\sum \text{vel. max. entrante de enlaces internacionales}} \right]$$

Estas tasas deberán ser publicadas por el ISP en su sitio web y actualizadas en cada período de medición.

## 5.2. Tiempo de Reposición de Servicio

El Artículo 5 letra *d* del Reglamento 368 [1] señala que cada ISP debe poner a disposición de los usuarios los indicadores de:

*Tiempo de reposición del servicio que, de acuerdo lo establecido en el Artículo 4, deberá considerar las siguientes medidas:*

1. *Percentil 80 y 95 del tiempo de reposición de las fallas válidas, ordenado de menor a mayor.*
2. *El porcentaje de las fallas reparadas en el tiempo objetivo que defina el propio ISP.*

Al respecto el Artículo 4 [1] detalla:

*Los ISP deberán medir, trimestralmente, el tiempo de reposición de servicio de acceso a Internet, de acuerdo a la metodología definida en el numeral 5.5 de la Recomendación ETSI EG 202 057-1 V1.2.1 (2005-10).*

Independiente de si este tiempo de reposición está definido en un contrato específico por cliente, o forma parte de una oferta estándar.

### 5.2.1. ¿Cómo se mide?

Por lo tanto, y como señala al recomendación ETSI [3] en su sección 5.5 el tiempo de reposición del servicio es la duración desde el instante en que una falla es reportada  $f_{\text{reporte}}$  hasta el momento en que dicha falla ha sido resuelta  $f_{\text{resuelta}}$  y el servicio es restaurado a su funcionamiento normal.

$$\Delta f = f_{\text{resuelta}} - f_{\text{reporte}}$$

Para los casos donde un ISP no ha definido un "tiempo estándar" se deberá realizar el cálculo en base a un "tiempo estándar" global del ISP en dicha Región. Sin embargo, cuando se hubiera pactado un tiempo de reposición especial (mayor o menor) entre el ISP y el cliente no se deberán contabilizar dichos tiempos.

### 5.2.2. Cálculo

Para cada "tiempo estándar"  $\Delta f^e$  del ISP se debe calcular, para cada período de medición, como señala ETSI [3] en la sección 5.5.3.

**Indicador 18:** Tiempo de Reposición Percentil 80 %

$$F_{80}^e = \begin{cases} \Delta f_i^e[j] & \text{si para } e \text{ existe al menos un } f_i^e \\ 0 & \text{si para } e \text{ no existen ningún } f_i^e \end{cases}$$

tomando el  $j$ -ésimo menor tiempo de reposición inferior al 80% de todos los tiempos de reposición medidos para el "tiempo estándar"  $e$ .

**Indicador 19:** Tiempo de Reposición Percentil 95 %

$$F_{90}^e = \begin{cases} \Delta f_i^e[k] & \text{si para } e \text{ existe al menos un } f_i^e \\ 0 & \text{si para } e \text{ no existen ningún } f_i^e \end{cases}$$

tomando el  $k$ -ésimo menor tiempo de reposición inferior al 95% de todos los tiempos de reposición medidos para el "tiempo estándar"  $e$ .

**Indicador 20:** Tasa de Tiempo de Reposición

$$F_{\text{tasa}}^e = 100,0 \times \begin{cases} \frac{\sum_i^n \text{cumplido}(\Delta f_i^e)}{n} & \text{si } n > 0 \\ 1 & \text{si } n \leq 0 \end{cases}$$

donde la función *cumplido* determina si un tiempo de reposición de servicio fue inferior o igual al tiempo de reposición estándar.

$$\text{cumplido}(\Delta f_i^e) = \begin{cases} 1 & \text{si } \Delta f_i^e \leq \Delta f^e \\ 0 & \text{si } \Delta f_i^e > \Delta f^e \end{cases}$$

### 5.3. Calidad y Disponibilidad del Enlace

El Artículo 5 letra e del Reglamento 368 [1] señala que cada ISP debe poner a disposición de los usuario este indicador.

*Calidad y disponibilidad del enlace, diferenciando entre las conexiones nacionales e internacionales, de acuerdo a lo establecido en la Resolución Exenta 698 del 2000 de la Subsecretaría de Telecomunicaciones.*

Cada ISP deberá publicar en su sitio web la información del tráfico de sus enlaces externos, ya sea con otros ISPs, PITs o enlaces directos, separando por enlaces nacionales e internacionales y tráfico de entrada y salida, el cual deberá actualizarse periódicamente.

#### 5.3.1. ¿Cómo se mide?

Sea  $\rho$  la  $\rho$ -ésima hora transcurrida desde un epoch cualquiera de tal forma que  $\rho = 1$  comience en el primer horario  $[h, h + 1[$  de una semana ( $h = 1$ ), es decir, tal que  $\rho = 1 \in [1, 2[$ .

Entonces se deberán realizar 12 muestras por hora (uno cada 5 minutos) del uso del  $n$ -ésimo enlace para la hora  $\rho$ , y se deberá calcular el promedio del tráfico entrante y saliente en  $\rho$  como:

$$in_{n(\rho)} = \frac{1}{12} \sum_{i=1}^{12} in_{n(\rho)}^i \left[ \frac{\text{bits}}{\text{s}} \right]$$

$$out_{n(\rho)} = \frac{1}{12} \sum_{i=1}^{12} out_{n(\rho)}^i \left[ \frac{\text{bits}}{\text{s}} \right]$$

### 5.3.2. Cálculo

Para el  $n$ -ésimo enlace se deberán graficar los resúmenes de las últimas 24 horas, 7 días, 30 días, y 365 días tanto de las velocidades efectivas como de la tasa de ocupación del enlace.

**Indicador 21:** Calidad del  $n$ -ésimo Enlace

$$\left. \begin{aligned} \vec{in}_{n(\rho)}^d &= [in_{n(\rho-24d)}, \dots, in_{n(\rho-1)}] \\ \vec{out}_{n(\rho)}^d &= [out_{n(\rho-24d)}, \dots, out_{n(\rho-1)}] \end{aligned} \right\} \forall d \in \{1, 7, 30, 365\}$$

donde  $\rho$  es el índice de la hora actual.

**Indicador 22:** Disponibilidad del  $n$ -ésimo Enlace

$$\left. \begin{aligned} \vec{in-tasa}_{n(\rho)}^d &= \left[ \frac{in_{n(\rho-24d)}}{in-max_{n(\rho-24d)}}, \dots, \frac{in_{n(\rho-1)}}{in-max_{n(\rho-1)}} \right] \\ \vec{out-tasa}_{n(\rho)}^d &= \left[ \frac{out_{n(\rho-24d)}}{out-max_{n(\rho-24d)}}, \dots, \frac{out_{n(\rho-1)}}{out-max_{n(\rho-1)}} \right] \end{aligned} \right\} \forall d \in \{1, 7, 30, 365\}$$

donde  $\rho - i$  es el índice de la hora actual menos  $i$  horas, e  $in-max_{n(\rho-i)}$ ,  $out-max_{n(\rho-i)}$  son la máxima capacidad entrante y saliente en  $\left[ \frac{\text{bits}}{\text{s}} \right]$ , respectivamente, que el enlace podría haber transmitido en la hora  $\rho - i$ .

**Indicador 23:** Pérdida de Paquetes del  $n$ -ésimo Enlace

Se deberá indicar la tasa de pérdida de paquetes, como el cociente entre los paquetes descartados (dropped) y el total de paquetes transmitidos por el enlace como:

$$\vec{perdida-tasa}_{n(\rho)}^d = \left[ \frac{dropped_{n(\rho-24d)}}{total_{n(\rho-24d)}}, \dots, \frac{dropped_{n(\rho-1)}}{total_{n(\rho-1)}} \right] \forall d \in \{1, 7, 30, 365\}$$

donde  $\rho - i$  es el índice de la hora actual menos  $i$  horas,  $dropped_{n(\rho-i)}$  es el número de paquetes descartados en la hora  $\rho - i$  y  $total_{n(\rho-i)}$  es la cantidad total de paquetes transmitidos por el enlace en la hora  $\rho - i$ .

## Bibliografía

- [1] República de Chile. *Decreto No 368, del 2010*. Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, Subsecretaría de Telecomunicaciones. Reglamento que regula las características y condiciones de la neutralidad de la red en el servicio de acceso a Internet, Chile, 18 de diciembre del 2010.
- [2] Grupo de Trabajo sobre la calidad de los servicios de acceso a Internet (GT3). *Criterios Adicionales para la Medición de los parámetros de calidad de Servicio Específicos para el Servicio de Acceso a Internet*. Comisión para el Seguimiento de la calidad en la prestación de los servicios de telecomunicaciones, España, noviembre 2008. CSdeCalGT3-4-v4.
- [3] ETSI. *Speech Processing, Transmission and Quality Aspects (STQ); User related QoS parameter definitions and measurements; Part 1: General*, julio 2005. ETSI EG 202 057-1 V1.2.1.
- [4] ETSI. *Speech Processing, Transmission and Quality Aspects (STQ); User related QoS parameter definitions and measurements; Part 4: Internet Access*, julio 2008. ETSI EG 202 057-4 V1.2.1.
- [5] R. Fielding, J. Gettys, J. Mogul, H. Frystyk, L. Masinter, P. Leach, and T. Berners-Lee. Hypertext Transfer Protocol – HTTP/1.1. RFC 2616 (Draft Standard), June 1999. Updated by RFCs 2817, 5785.
- [6] K. Jaganathan, L. Zhu, and J. Brezak. SPNEGO-based Kerberos and NTLM HTTP Authentication in Microsoft Windows. RFC 4559 (Informational), June 2006.
- [7] Sam Knows. *UK fixed broadband speeds November/December 2010*, marzo 2011.