



Universidad de Buenos Aires  
Facultad de Ciencias Económicas  
Escuela de Estudios de Posgrado



# Universidad de Buenos Aires Facultad de Ciencias Económicas Escuela de Estudios de Posgrado

---

## **MAESTRÍA EN GESTIÓN ESTRATÉGICA DE SISTEMAS Y TECNOLOGÍA DE INFORMACIÓN**

---

### TRABAJO FINAL DE MAESTRÍA

---

Factores determinantes de la calidad de servicio en las  
redes teleinformáticas corporativas

---

AUTOR: ESP. ING. MAXIMILIANO CESAR AUGUSTO FUSARIO

DIRECTOR: MG. ING. PATRICIA CROTTI

AGOSTO, 2019

---



Universidad de Buenos Aires  
Facultad de Ciencias Económicas  
Escuela de Estudios de Posgrado



## **Agradecimientos**

*A la Facultad de Ciencias Económicas de la Universidad de Buenos Aires por brindarme la oportunidad de realizar la Maestría en Gestión Estratégica de Sistemas y Tecnología de Información*

*Al Dr. Raul H. Saroka que con entusiasmo y dedicación conduce la Maestría en Gestión Estratégica de Sistemas y Tecnología de la Información*

*A mi tutora la Mg. Ing Patricia Crotti por sus valiosas recomendaciones, sin las cuales, no habría culminado el trabajo final de la Maestría.*

*A los Profesores: Dr. Claudio Freijedo y Lic. Virginia Chaina por los consejos y el estímulo brindado que me posibilitaron encaminar este trabajo final.*

*Maximiliano Cesar Augusto Fusario*



## **Índice General**

Agradecimientos.....	2
Resumen y Palabras Claves.....	7
Planteamiento del tema.....	9
Hipótesis y Objetivo General.....	10
Objetivos Específicos.....	10
Justificación del tema Marco epistemológico .....	11

### **Capítulo 1.** Arquitectura de las redes IP/MPLS, características técnicas.

Introducción.....	14
1.1.La arquitectura TCP/IP.....	15
1.2.Limitaciones del modelo TCP/IP .....	18
1.3.Procesamiento de los datagramas IP.....	21
1.4.Principio de operación del protocolo MPLS.....	23
1.5.Routers de borde de las red MPLS.....	26
1.6.La etiqueta MPLS.....	27
1.7.Niveles de calidad de servicio en MPLS.....	28
1.8.Arquitectura de las redes con tecnología IP/MPLS.....	31
1.9.El MPLS y las redes Virtuales Privadas o VPN.....	33
<b>Conclusiones</b> .....	<b>36</b>

### **Capítulo 2.** La calidad de servicio de las redes teleinformáticas.

Introducción.....	42
2.1. Parámetros relativos a la calidad de servicios en una red de transmisión de datos y señales isócronas.....	43
2.1.1. Pérdida de paquetes. ....	44
2.1.2. Demora.....	44
2.1.3. Jitter o variación de la demora.....	45
2.1.4. BER (Bit Error Rate) o tasa de error binario.....	46
2.1.5. Ancho de banda.....	48
2.1.6. Disponibilidad de la red.....	50



2.1.7. Tiempo máximo de reparación. ....	51
2.2. La calidad de servicio en las redes ATM.....	53
2.2.1. Tasa de bits contante (CBR).....	54
2.2.2. Tasa Variable de Bits (RT - VBR).....	54
2.2.3. Transmisión no en tiempo real. (NRT – VBR).....	55
2.2.4. Tasa de bits disponible (ABR).....	55
2.2.5. Tasa de bits no especificada (UBR).....	55
2.2.6. Calidad de servicio requerida según el tipo de trafico .....	56
2.3. Clases de servicio brindados por una empresa de Telecomunicaciones.....	58
2.4. Distribución del ancho de banda de los enlaces. ....	58
2.5. Asignación de clases de servicio en la red corporativa.....	59
2.6. Evaluación continua de la calidad de servicio de la red.....	63
<b>Conclusiones</b> .....	<b>63</b>

**Capítulo 3.** Clausulas particulares y especificaciones técnicas de un contrato de servicio para la provisión de una red corporativa con tecnología IP/MPLS.

Introducción.....	69
3.1. Penalidades por incumplimiento del SLA contractual.....	69
3.1.1. Penalidades por Incumplimiento del plazo de ejecución de las instalaciones de los enlaces a cada sitio y la puesta en servicio de la red.....	69
3.1.2. Penalidades por Incumplimiento de los plazos de reposición del servicio.....	70
3.1.3. Penalidades por Incumplimiento en la prestación del servicio durante la vigencia del contrato.....	70
3.2. Rescisión del Contrato .....	71
3.3. Clausulas particulares del Pliego de Bases y Condiciones.....	73
3.3.1. Objeto.....	73
3.3.2. Dependencias.....	73
3.3.3. Plazo para el cumplimiento de la prestación y duración del contrato.....	73
3.3.4. Visitas a las sedes del organismo o empresa.....	74
3.3.5. Consultas técnicas previas a la oferta.....	74
3.3.6. Presentación de las ofertas.....	74
3.3.7. Condiciones generales de la oferta y del oferente.....	75



3.3.8. Mantenimiento de la oferta.....	75
3.3.9. Garantías.....	76
3.3.10. Criterios de evaluación y selección de ofertas.....	76
3.3.11. Adjudicación.....	77
3.3.12. Supervisión de la prestación.....	77
3.3.13. Lugar de entrega.....	78
3.3.14. Responsabilidades.....	78
3.3.15. Confidencialidad.....	80
3.3.16. Recepción provisoria y definitiva de la obra.....	80
3.3.17. Facturación y Pago.....	81
3.3.18. Penalidades.....	81
3.3.19. Conocimiento de reglamentaciones nacionales, provinciales y municipales.....	81
3.3.20. Garantía de la prestación.....	81
3.3.21. Seguro de responsabilidad civil.....	81
3.3.22. Régimen legal aplicable.....	82
3.4. Especificaciones técnicas del Pliego de Bases y Condiciones ( licitación PJN) .....	82
3.4.1. Características del trafico.....	85
3.4.2. Control del ancho de banda y retardos.....	85
3.4.3. SLA, Service Level Agreement.....	86
3.4.4. Garantía.....	86
3.4.5. Disponibilidad del servicio.....	87
3.4.6. Procedimiento para el reporte y seguimiento de incidentes.....	88
3.4.7. Tiempos de respuesta y reparación.....	89
3.4.8. Relevamientos.....	90
3.4.9. Ingeniería.....	90
3.4.10. Instalación.....	91
3.4.10.1. Acometida al sitio de instalación.....	91
3.3.10.2. Canalizaciones .....	91
3.3.10.3. Cableado.....	91
3.3.10.4. Protocolo de aceptación.....	92
3.3.10.5. Control de tráfico.....	93
3.3.10.6. Documentación técnica.....	93



Universidad de Buenos Aires  
Facultad de Ciencias Económicas  
Escuela de Estudios de Posgrado



<b>Conclusiones</b> .....	94
<b><u>Conclusiones finales</u></b> .....	95
<b><u>Referencias bibliográficas</u></b> .....	104



## Resumen y Palabras Claves

Este Trabajo Final de la Maestría es continuación del Trabajo Final de la Especialización en Gestión Estratégica de Sistemas y Tecnología de Información denominado “Gestión de la calidad de servicio en los contratos de redes de datos corporativas y su incidencia en los costos”.

En la actualidad para el desarrollo de las actividades, en las empresas y organismos públicos o privados, es imprescindible contar con redes corporativas, para la transmisión de datos que vinculen eficiente y eficazmente las dependencias y/o sucursales entre sí y también con la Red Internet.

Estas redes corporativas se constituyen en base a las redes de transporte de datos de las compañías de telecomunicaciones las cuales a su vez operan con distintas tecnologías que posibilitan asignar la calidad de servicio a cada tipo de tráfico que el usuario requiere emplear. Asociado con la conectividad, de por sí imprescindible, estas redes tienen la necesidad de contar con parámetros mínimos de calidad de servicio, diferentes para cada enlace y servicio, que aseguren su eficiencia.

Estos parámetros permiten el correcto funcionamiento de los sistemas informáticos y de los demás servicios que se brindan a través de la red, como por ejemplo videoconferencias, programas de radio, televisión en línea, aplicaciones institucionales, VOIP<sup>1</sup>, aplicaciones multimediales, etc. Se detallarán las principales características y el alcance de los parámetros de la calidad de servicio que se deben incluir en los contratos a celebrar con las empresas de telecomunicaciones, para obtener el máximo beneficio de una contratación de redes de datos, es necesario detallar los servicios y aplicaciones que harán uso en los enlaces previo a su contratación y optimizando los costos de las comunicaciones.

El objetivo de este Trabajo Final es relevar y analizar los factores determinantes de la calidad de servicio en las redes teleinformáticas y su relación con las aplicaciones, como así también, la inclusión de estos en los pliegos de licitación correspondientes a la contratación de los enlaces para una red corporativa.

---

<sup>1</sup> VOIP: Voz sobre IP.



Universidad de Buenos Aires  
Facultad de Ciencias Económicas  
Escuela de Estudios de Posgrado



Se estudiará la relación entre los factores que conforman la calidad de servicio de las redes y su incidencia respecto a la performance de las aplicaciones de misión crítica. Por último, en el capítulo 3 se analizará un pliego de licitación reciente del Poder Judicial de la Nación relativo a la contratación de una red corporativa que posibilite conectar todas las dependencias de dicho Organismos en el país.

**Palabras Claves:** Calidad de servicio; Redes de datos corporativas; Ancho de banda; Gestión de enlaces, pérdida de paquetes.



## Planteamiento del problema

En distintas empresas y organizaciones al expandirse geográficamente surge la necesidad de conectar las diferentes dependencias dispersas geográficamente, en forma eficiente y eficaz, para el soporte de las aplicaciones de misión crítica, preservando aquellos servicios informáticos y de comunicaciones imprescindibles para el funcionamiento empresarial.

Dicha expansión genera nuevos requerimientos en la infraestructura de la red corporativa de la empresa tendientes a lograr la operación adecuada de las aplicaciones informáticas y los servicios que se brindan a través de la red. Un aspecto también muy relevante es mantener, y en lo posible incrementar, la seguridad informática de la red desde el punto de vista lógico como así también físico.

La situación planteada genera la necesidad, no sólo de ampliar la red, sino también la de optimizarla, por lo cual, surge la siguiente pregunta problematizante:

- ¿Qué factores determinantes, relativos a la calidad de servicio de las redes corporativas generan condiciones técnicas y operativas que afectan la performance de las aplicaciones de misión crítica de instituciones y/o empresas, como así también de los servicios. De esta pregunta surgen también los siguientes interrogantes complementarios:
  - ¿Qué especificaciones técnicas y penalidades habría que considerar en los contratos con las empresas de telecomunicaciones para garantizar la calidad de servicio en las redes con tecnología IP/MPLS<sup>2</sup>?
  - ¿Cuáles son los parámetros determinantes relativos a la calidad de servicio que ofrecen las empresas de telecomunicaciones para satisfacer los requerimientos de los clientes y que tienen como finalidad optimizar la performance de las aplicaciones y servicios que se brindan a través de la red?

---

<sup>2</sup> IP/MPLS: Internet Protocol / Multiple Protocol Label Switching



## Hipótesis

Se estima que los factores determinantes que se deberían considerar e incorporar al SLA<sup>3</sup> del contrato con las empresas de telecomunicaciones, relativos a la calidad de servicios de una red IP/MPLS son: pérdida de paquetes, disponibilidad de la red, tiempo de reparación, ancho de banda del enlace, y para las aplicaciones isócronas: demora y jitter<sup>4</sup>. Además también se deberían incorporar las penalidades por incumplimiento de alguno de los factores.

## Objetivo general.

El objetivo principal del presente trabajo es precisar los factores determinantes inherentes a la calidad de servicio de las redes corporativas que inciden en la performance de las aplicaciones de misión crítica y multimediales de las instituciones y/o empresas, y su incorporación, conjuntamente con las penalidades por su incumplimiento, en los contratos a celebrar con las compañías de telecomunicaciones que brindan redes de transporte públicas para las empresas.

## Objetivos específicos.

- Detallar las especificaciones técnicas presentes en la calidad de servicio de las redes con tecnología IP/MPLS y determinar el efecto que estas generan en la performance de las aplicaciones informáticas y servicios de la red.
- Especificar las diferentes calidades de servicio ofrecidas por las empresas de telecomunicaciones y su incidencia en el costo de los abonos mensuales que debe afrontar la empresa u organismo que la contrata.
- Analizar los siguientes factores determinantes relativos a la calidad de servicio que afectan la performance de las aplicaciones de misión crítica de instituciones y/o

---

<sup>3</sup> SLA: Service Level Agreement, convenio sobre la calidad de servicio acordada con la empresa de telecomunicaciones.

<sup>4</sup> JITTER: Variación en la demora de los paquetes provenientes de una misma fuente.



empresas sean: pérdida de paquetes, disponibilidad de la red, tiempo de reparación, ancho de banda del enlace, y para las aplicaciones isócronas: demora y jitter.

- Especificar en los pliegos de licitación, además de los parámetros inherentes a la calidad de servicio, las penalidades que ocasiona el incumplimiento total o parcial de los parámetros y/o servicios.

### **Justificación del tema y marco epistemológico.**

La evolución de las redes teleinformáticas no fue un proceso instantáneo, sino que se generó en forma coordinada con la informática y con las tecnologías emergentes provenientes del ámbito de las comunicaciones. Al respecto Caballar, (1997) agrega:

Nada aparece de repente, la tecnología informática y de telecomunicaciones es el resultado de la evolución, evolución que para muchas personas comenzó a mediados del siglo pasado, pero que, aunque sea cierto que los avances tecnológicos llevados a cabo en el último siglo son de forma absoluta considerablemente mayores que los realizados durante el resto de la historia de la humanidad, no es menos cierto que el invento de algo tan simple como la rueda, hace más de 7000 años, no inspirada en nada que existiese en la naturaleza hasta entonces (de ahí su genialidad), supuso para la civilización un avance mucho mas importante que, por , ejemplo el desarrollo reciente de los sistemas de comunicaciones móviles, los cuales están basados en conocimientos y tecnologías existentes y donde han estado trabajando muchas personas, sabiendo de antemano donde querían llegar (pag.415).

Para el diseño de la red corporativa se deben considerar las aplicaciones institucionales de misión crítica<sup>5</sup> y las que no lo son como así también las aplicaciones multimediales y la navegación por internet. Al respecto, no alcanza con definir solamente la velocidad máxima de transmisión de los enlaces, respecto de las aplicaciones, se plantean interrogantes relativos a la respuesta de las mismas y su vinculación con el ancho de banda

---

<sup>5</sup> APLICACIONES DE MISIÓN CRITICA: Aplicaciones informáticas imprescindibles para la operatoria de la empresa.



contratado, como así también la influencia de la configuración de los parámetros de la calidad de servicio y el desempeño de una aplicación.

Por otra parte, una vez contratado los enlaces corporativos a una compañía de telecomunicaciones que permite interconectar las diferentes dependencias de una empresa u organismo, existen diversos parámetros de la calidad de servicio, que suelen no tenerse en cuenta. Por ejemplo, la tasa de error de transmisión y la pérdida de paquetes de datos lo que puede generar una baja performance del servicio. La gestión de estos parámetros tiene directa incidencia sobre los costos. En este trabajo se estudian las pautas para la correcta administración de las variables que tienen incidencia tanto en la calidad del servicio como en los costos.

La calidad de servicios se denomina SLA en los contratos celebrados entre las empresas de telecomunicaciones y los usuarios, y define el “nivel de servicios” requeridos por los usuarios y acordado por la empresa para cada enlace contratado.

Se considera que el tema a tratar en este Trabajo Final de la Maestría es relevante dado que concierne a la eficacia y eficiencia de las aplicaciones de misión crítica las cuales entre otros factores está condicionada por la red de transmisión de datos y su calidad de servicio.

La tecnología de la red corporativa a considerar será la denominada IP/MPLS vigente actualmente en dicho tipo de redes.

Por lo cual, este trabajo posibilitara a los profesionales a cargo del área de sistemas, responsables por la gestión y administración de la red de la empresa, disponer de una referencia contractual actualizada para incorporar eficazmente en los pliegos de licitación los parámetros relativos a la calidad de servicio que afectan el desempeño de las aplicaciones institucionales e inciden en la eficiencia de los servicios de datos e isócronos que brinda la red teleinformática de la empresa y/o institución.



Universidad de Buenos Aires  
Facultad de Ciencias Económicas  
Escuela de Estudios de Posgrado



El trabajo involucra una investigación cualitativa metodológica a efectos de estudiar la relación entre los parámetros relacionados con la calidad de servicio en las redes de datos corporativas y su influencia respecto de las aplicaciones informáticas y los servicios que se transmiten por la red.

En el marco teórico se considerarán los conceptos y factores determinantes relativos a la calidad de servicio de las redes IP/MPLS, a fin de evaluar su incidencia sobre la performance de las aplicaciones de misión crítica de las instituciones y/o empresas.

Por último, se considerará la inserción de los parámetros en el contrato de servicios a realizar con las empresas de telecomunicaciones, como así también, otros aspectos relevantes para la realización de las instalaciones y el control posterior de la calidad de servicio, a efectos de aplicar las penalidades económicas correspondientes por incumplimiento total o parcial de las mismas.



## **Capítulo 1. Arquitectura de las redes IP/MPLS, características técnicas.**

### **Introducción.**

Las redes corporativas actuales tienen una arquitectura basada en el empleo de la familia de protocolos TCP/IP<sup>6</sup> y MPLS. El protocolo ruteable<sup>7</sup> IP se caracteriza por ser no orientado a conexión<sup>8</sup> y no disponer de calidad de servicio. Mientras que el MPLS es un protocolo con calidad de servicio.

Los protocolos que tienen calidad de servicio realizan todas o algunas de las siguientes acciones que conforman un tratamiento confiable de los paquetes transmitidos: control de errores, control de flujo, control de congestión, secuenciación de los paquetes y administración del ancho de banda.

Con respecto al protocolo IP (Castro & Fusario, 2015) dicen:” El servicio IP se conoce como no confiable porque la entrega no está garantizada. Los datagramas se pueden perder, duplicar, retrasar o entregar sin orden, pero el servicio IP no detectará estas condiciones ni informará al emisor o al receptor” (pag.766).

El MPLS fue una consecuencia final del proceso de integración entre el protocolo IP y el ATM<sup>9</sup>. Este último, brinda una plataforma de comunicaciones con calidad de servicio y de muy alta capacidad. Ante esta situación las empresas de telecomunicaciones intentaron integrar ambos mundos, el de IP sin calidad de servicio y poco confiable con el de ATM muchos más confiable y rápido.

Se trató de combinar ambos mundos el de IP que se caracteriza por una entrega no garantizada de los datagramas y el de MPLS que garantiza la entrega y además brinda el

---

<sup>6</sup> TCP/IP: Transmission Control Protocol / Internet Protocol

<sup>7</sup> PROTOCOLO RUTEABLE: Los paquetes generados por un protocolo ruteable pueden pasar de red en red, como es el caso del datagrama IP.

<sup>8</sup> ORIENTADO A LA CONEXIÓN: Son los protocolos que previo al pasaje de la información establecen la conexión con el otro extremo del enlace.

<sup>9</sup> ATM: Asynchronous Transfer Module, protocolo con calidad de servicio generado para operar en redes LAN, como así también, en redes WAN



“camino” más adecuado para los datagramas de un dado flujo, según la característica distintiva del mismo.

### 1.1. La arquitectura TCP/IP

La arquitectura TCP/IP fue uno de los factores determinantes para la conexión en red de las computadoras, las cuales hasta la década de los 80, operaban en forma autónoma.

Con referencia a estas últimas, Tanenbaum, (2003) agrega:

Los sistemas operativos actuales se diseñaron para computadoras autónomas. Las redes aparecieron después y por lo general se tiene acceso a ellas por medio de programas especiales, como navegadores web, FTP<sup>10</sup> o Telnet<sup>11</sup>. En el futuro, es probable que las redes sean la base de todos los sistemas operativos. Una computadora autónoma sin conexión a redes será tan rara como un teléfono sin conexión a la red. Y es probable que las conexiones de varios megabits por segundo sean la regla (pag.895).

La aparición del protocolo TCP/IP está relacionada en principio con la evolución de la red DARPA<sup>12</sup>. A finales de la década de 1960 la Agencia de Proyectos Avanzados de Investigación del Departamento de Defensa de los EEUU comenzó una asociación con universidades y otros organismos de investigación para desarrollar el área de transmisión de datos y una red propia para controlar el avance de los proyectos de investigación asignados a la agencia.

Esto dio como resultado la creación de la red ARPANET<sup>13</sup> (Advanced Research Projects Agency Networks) que conectaba tres universidades, dos en California y una en Utah. En 1974 Vinton G. Cerf y Robert E. Kahn propusieron, a requerimiento del Ministerio de Defensa de EEUU, un nuevo conjunto de protocolos que fueron la base del IP y TCP.

---

<sup>10</sup> FTP: File Transfer Protocol.

<sup>11</sup> TELNET: Telecommunication Network. Protocolo de red que permite acceder a otra máquina para manejarla remotamente

<sup>12</sup> DARPA: Defense Advanced Research Projects Agency. (Agencia de proyectos avanzados de investigación del Departamento de Defensa de los EEUU)

<sup>13</sup> ARPANET: Advanced Research Projects Agency Networks. (Red de la agencia de proyectos de investigación de avanzada).



En 1978 se realizó una prueba con los nuevos protocolos, mediante una transmisión desde la autopista 101 en California, utilizando radio paquetes para conectarse a un nodo internacional, cruzando el continente mediante ARPANET, y después a través de una red satelital a un host ubicado en Londres.

A principios de 1980 se modificó el protocolo que poseía desde su origen la red ARPANET y se instaló en su lugar el TCP/IP diseñado por Vinton G. Cerf y Robert E. Kahn. No obstante, recién en 1983 el Departamento de Defensa adoptó el protocolo TCP / IP para la red que ya contaba con aproximadamente 300 nodos.

Una de las principales premisas que tuvieron en cuenta sus diseñadores era la operatividad de la red, aun ante la caída de varios nodos, dado que el gobierno de EEUU suponía que ante un ataque soviético necesitaban una red que siguiera funcionando independientemente de cuantos nodos estuvieran caídos. Recordemos que esta red se diseñó en plena época de la “guerra fría” entre EEUU y la Unión Soviética.

Este requerimiento dio como resultado el paradigma característico de funcionamiento de TCP/IP “el modo datagrama”, que a diferencia del modo por “circuitos virtuales”, encamina los paquetes denominados datagramas IP sin utilizar circuitos virtuales preestablecidos, sino que, cada vez que un datagrama acceden a un router se lo encamina de acuerdo a lo que indique la tabla de enrutamiento del dispositivo en ese momento, cabe aclarar que dicha tabla es dinámica, adaptándose a las modificaciones que ocurran en la red, por ejemplo la caída de nodos y/o enlaces.

Cabe preguntarse ¿cómo es posible que un protocolo de comunicaciones diseñado en la década de 1970 esté vigente y operando casi cincuenta años después? Para responder a esta pregunta podemos analizar los siguientes factores determinantes en el éxito del TCP/IP:

- Protocolo independiente del hardware y de los sistemas operativos.
- No se encuentra afectado por la tecnología de los enlaces de datos.
- Soporta alta tasa de error de la red.
- Tiene capacidad de encaminamiento adaptivo.



- Genera redes “Planas” en las cuales el alta o baja de los nodos no afecta al resto de las redes.
- Impulsado originariamente por el DOD<sup>14</sup> que le dio soporte económico a su desarrollo y mantenimiento posterior.

En la figura 1 se puede apreciar la arquitectura de la familia TCP/IP. Esta arquitectura tiene cuatro niveles o capas: la capa de aplicación, la de transporte, la de red o internet<sup>15</sup> y por último la capa denominada interfase de red.

Además en dicha figura se puede apreciar el modelo TCP/IP y su comparación con el modelo OSI. La capa de aplicación del modelo TCP/IP comprende las tres capas superiores del modelo OSI: aplicación, presentación y sesión.

Las capas de transporte y de red se corresponden en ambos modelos, aunque en el TCP/IP se denomina a la de red capa internet. Por último, las capas de enlace y físico del modelo OSI es una sola en TCP/IP y se denomina interfase de red.

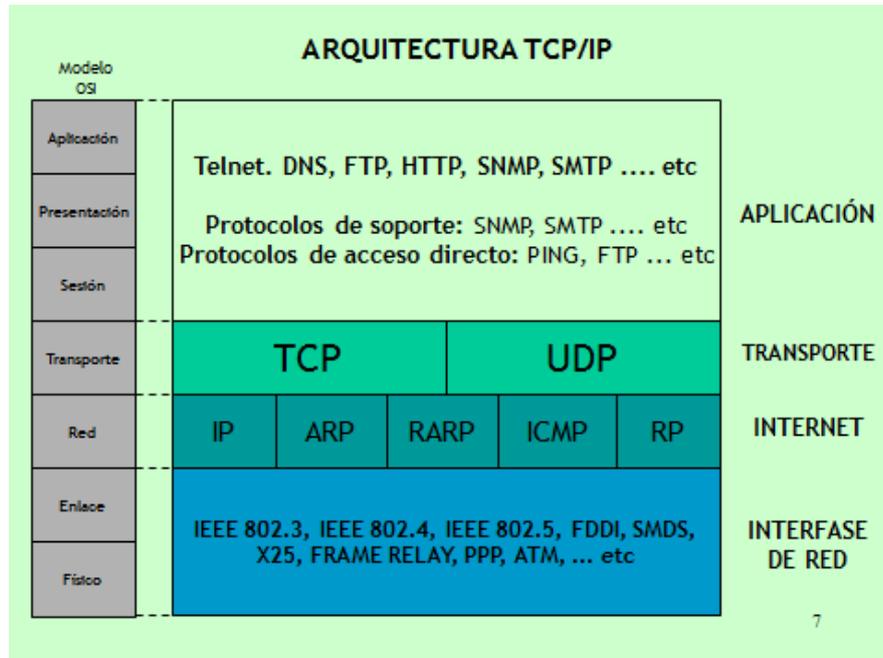
Con respecto al modelo OSI, Tomasi, (1996) nos dice:

Esta jerarquía fue desarrollada para facilitar las intercomunicaciones del equipo para el procesamiento de datos al separar las responsabilidades de la red en siete capas diferentes. El concepto básico de las responsabilidades de cada capa es que individualmente agregan valor a los servicios proporcionados por los conjuntos de capas inferiores. De esta manera para el nivel mas alto se ofrecerá el conjunto completo de los servicios necesarios para correr una aplicación de datos distribuida (pag. 558).

---

<sup>14</sup> DoD: Department of Defence. Departamento de Defensa de EEUU.

<sup>15</sup> INTERNET: No se refiere a la red Internet sino a conexión entre redes.



**Figura 1: Arquitectura TCP/IP**

**Fuente: Fusario Ruben.**

## 1.2. Limitaciones del modelo TCP/IP

Como se mencionó anteriormente la red basada en el protocolo IP no tiene calidad de servicio, se la conoce también como “best effort” en inglés y la traducción más apropiada es la que la red “hace el esfuerzo que está a su alcance” para brindar el mejor servicio. No obstante, en la práctica no brinda calidad de servicio alguna.

Es por ello que se emplea el MPLS para aprovechar las ventajas de la red ATM en lo concerniente a brindar diferentes tipos de servicios, de esta forma se crean “caminos virtuales” que permiten satisfacer esa necesidad de servicios especiales para determinados flujos de paquetes IP.



En la cabecera del datagrama IP existe un campo denominado TOS<sup>16</sup> (clase de servicio), según se puede apreciar en la figura 2. En dicho campo se puede especificar el tipo de servicio que se necesita para transmitir adecuadamente el datagrama, pero es necesario que el MPLS interprete dicho requerimiento y lo materialice en la red a través del soporte que al efecto que brinda el ATM.

El campo ToS está compuesto por 8 bits, los tres primeros determinan la prioridad que tiene el datagrama IP (000 indica mínima prioridad y 111 la más alta), el bit “D” (Delay) cuando está activado (es uno) significa que el datagrama debería direccionarse por el camino de menor demora, el bit “T” (Throughput) cuando está activado significa que el datagrama debe ir por el camino de mayor ancho de banda.

Por otro lado, el bit “R” (Reliability) activado implica que el datagrama debe transmitirse por el camino más confiable y por último el bit “C” (Cost) activado implica que el datagrama debe ir por el camino de menor costo. Cabe aclarar que solo uno de estos bits o flags puede estar activado.

El campo denominada TOS no es tenido en cuenta al desarrollar las tablas de enrutamiento que manejan los routers para encaminar el datagrama IP. Al respecto Ford, Lew, Spanier, & Stevenson, (1998) nos dicen:

Los protocolos de ruteo IP son dinámicos. En el ruteo dinámico, las rutas se calculan dinámicamente a intervalos regulares a través de software incluido en los dispositivos de ruteo. Esto contrasta con el ruteo estático, donde los ruteadores son establecidos por el administrador de la red y no cambian sino hasta que el administrador de la red los modifica. Para hacer posible el ruteo dinámico, se utiliza una tabla de ruteo IP, formada por pares de dirección destino/salto siguiente (pag.378).

El campo tipo de servicio esta insertado en la primera “palabra” de 32 bits de la cabecera del datagrama IP, otros campos de dicha palabra son la versión del datagrama, la cual puede ser 4 o 6, la longitud de la cabecera medida en palabras de 32 bits, puede varias de

---

<sup>16</sup> ToS: Type of Service.



un mínimo de 5 palabras a un máximo de 15. El ultimo campo es la longitud total del datagrama medida en octetos que puede llegar a 64 Kbytes.

0	3	8	16	21	31
<b>Versión</b>	<b>Tamaño de la cabecera</b>	<b>Tipo de servicio</b>	<b>Tamaño del datagrama</b>		
<b>Identificación</b>			<b>Banderas</b>	<b>Desplazamiento del segmento</b>	
<b>Tiempo de vida</b>	<b>Protocolo</b>	<b>Suma de verificación de la cabecera</b>			
<b>DIRECCION IP DE ORIGEN</b>					
<b>DIRECCION IP DE DESTINO</b>					
<b>OPCIONES</b> Ruta de origen estricta Ruta de origen desconectada Registro de ruta Marcas de tiempo Seguridad Rellenos					

Campo “tipo de servicio”

- Especifica el tratamiento que debería tener el datagrama. Son una indicación para los algoritmos de ruteo, NO UN REQUERIMIENTO OBLIGATORIO.

<b>PRIORIDAD</b>	<b>D</b>	<b>T</b>	<b>R</b>	<b>C</b>	<b>SIN USO</b>
------------------	----------	----------	----------	----------	----------------

PRIORIDAD: 0 NORMAL...7 ALTA  
 D: SOLICITA MINIMO RETARDO.  
 T: SOLICITA LA MAXIMA CAPACIDAD DE TRANSMISION.  
 R: SOLICITA EL CANAL DE MAXIMA CONFIABILIDAD.  
 C: COSTO

Figura 2 : Cabecera del datagrama IP y campo tipo de servicio

Fuente: R. Fusario.



### 1.3. Procesamiento de los datagramas IP.

Como se mencionó anteriormente el protocolo ruteable IP es el responsable del traslado de los segmentos TCP, con calidad de servicio, y de los datagramas UDP, sin calidad de servicio, de las aplicaciones de los usuarios.

El IP es un protocolo no orientado a la conexión y sin calidad de servicio. Y su funcionamiento genérico es el siguiente: Cuando un datagrama IP arriba a un router se verifica mediante el mecanismo “checksum” la no existencia de errores en su cabecera, no

se controla la carga del datagrama. Si el checksum fue correcto se verifica que tenga tiempo de vida superior a uno, luego se selecciona la interfase de salida en función de la dirección de red de destino y por último se decrementa el tiempo de vida en un segundo si no hay congestión y si la hubiera se descuenta del tiempo de vida los segundos de demora, por último se calcula el nuevo campo checksum y se envía el datagrama por la interfase de salida previamente determinada.

Cabe aclarar que si la dirección de red destino no figura en la tabla de enrutamiento del router se envía el datagrama al router por default<sup>17</sup> previamente determinado por el administrador.

Con respecto al funcionamiento del mecanismo de encaminamiento Martin, (1994) nos dice:

Quando un host tiene que encaminar un datagrama con una dirección IP correspondiente a otra red física, consulta la tabla de enrutamiento para determinar si dicha dirección se encuentra en la tabla. Si no la encuentra envía el datagrama IP al router por defecto. Los host remiten directamente los datagramas IP cuyas direcciones de destino no están en la tabla de enrutamiento al router por defecto (pag.113 – traducción propia).

En la figura 3 se puede observar que el nivel de red o internet del modelo TCP/IP en el host origen es el responsable de generar un paquete (datagrama IP) a partir de los datos

---

<sup>17</sup> ROUTER POR DEFAULT: Router por defecto, es el router al cual se le envían los datagramas que tienen como dirección de destino una red que no se encuentra en la tabla de encaminamiento del router.



provenientes de la capa de transporte. La cabecera del datagrama creado contiene, entre otra información, las direcciones IP de origen y destino del datagrama.

El nivel de red en el router es el responsable de comprobar su tabla de encaminamiento para encontrar la información de la ruta adecuada para el encaminar al datagrama. De esta forma, encuentra la interfase de salida apropiada para tratar de llegar al destino final. En este último el nivel de red es el responsable de la verificación de la dirección final y se asegura que la dirección de destino del paquete es la misma que la dirección de red del host.

Las tablas de enrutamiento se confeccionan mediante protocolos de encaminamiento dinámicos, según los siguientes tres métodos: vector de distancia, estado del enlace o el método híbrido que involucra una combinación de los dos primeros.

Por otro lado, los protocolos de enrutamiento utilizan diferentes métricas como son: demora, ancho de banda, número de saltos, costo, confiabilidad del enlace, nivel de ocupación del enlaces o carga del mismo, etc. también pueden utilizar una combinación ponderada de varias métricas.

De esta forma cuando el administrador de la red selecciona un protocolo de enrutamiento para la red, como podría ser: RIP<sup>18</sup>, OSPF<sup>19</sup>, IS-IS<sup>20</sup>, BGP-v4<sup>21</sup>, IGRP<sup>22</sup>, etc, no solo esta seleccionando el método para confeccionar la tabla sino también las métricas a utilizar.

Por ejemplo el protocolo RIP v2 utiliza una única métrica que es el número de saltos (routers) para llegar a una determinada red y el método del RIP es el vector de distancia.

---

<sup>18</sup> RIP: Routing Information Protocol

<sup>19</sup> OSPF: Open Shortest Path First

<sup>20</sup> IS-IS: Intermediate System to Intermediate System

<sup>21</sup> BGP-v4: Border Gateway Protocol v4

<sup>22</sup> IGRP: Interior Gateway Routing Protocol

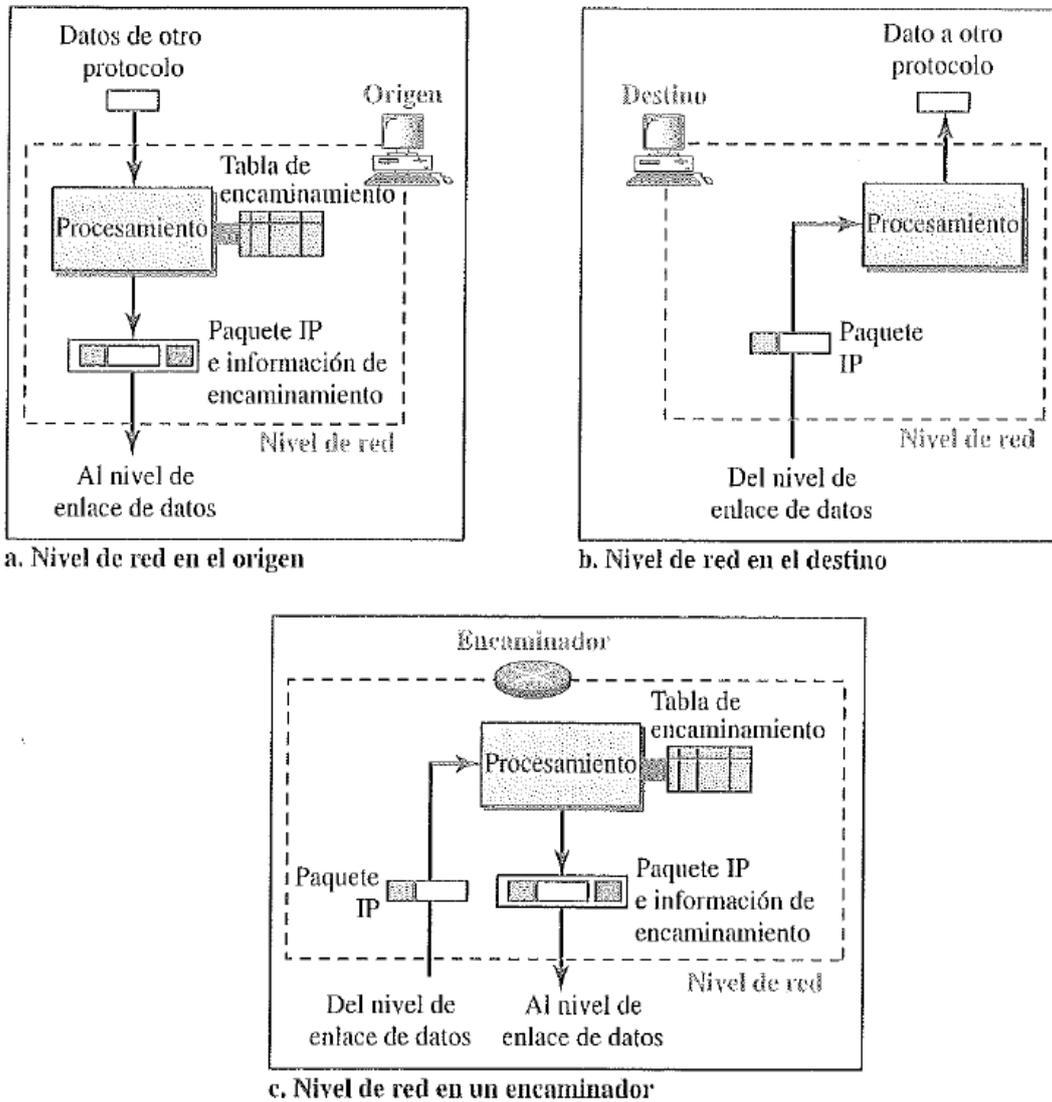


Figura 3: Nivel de red en el host origen, en el router y en el host final

Fuente: Forouzan (pag.545)

#### 1.4. Principio de operación del protocolo MPLS.

La tecnología MPLS se basa en el transporte de datagramas IP, como se mencionó anteriormente el IP es un protocolo sin calidad de servicio, no obstante, el agregado del



protocolo MPLS le confiere a la red la capacidad de encaminar los datagramas IP y priorizar el traslado de los mismos según la calidad de servicio que se requiera para cada aplicación.

El protocolo MPLS reemplazó al Frame Relay<sup>23</sup> y al ATM. Estos dos protocolos hasta la aparición del MPLS eran los preferidos para el transporte de datos a alta velocidad, en especial por proporcionar mayor confiabilidad y rendimiento que las tecnologías anteriores. En especial el ATM que solucionó el problema de la transmisión de señales isócronas como la voz y el video.

Con respecto a las redes Frame Relay, también conocidas como relevo de tramas, Uyles Black (1999) dice:

El propósito de una red de relevo de tramas es proporcionar a un usuario final una red virtual privada (VPN) de alta velocidad capaz de apoyar aplicaciones con necesidades de transmisión de tasa de bits elevada. Esta red ofrece al usuario tasas de acceso T1/E1 con un costo menor que el que tendría arrendar líneas T1/E1 comparables (pag.87).

Por otro lado, sobre el ATM, Coloma, (2000) agrega:

Dado que el modo síncrono ni el modo paquete se mostraron apropiados para soportar de una forma integrada los distintos servicios previstos y futuros de la RDSI-BA, el CCITT se planteó la necesidad de definir un nuevo Modo de Transferencia para ello. Este modo de transferencia se definió en 1988 y recibió la denominación de Modo de transferencia Asíncrono (pag.63).

El protocolo ATM generado a fines de la década de los 80 se diseñó para reemplazar a los protocolos de las redes LAN y también a los de WAN. De esta forma se pensó que existiría un solo protocolo y esto evitaría la conversión de pasar de protocolo a otro al cambiar de red, con la consiguiente disminución del rendimiento y de la velocidad de transmisión de datos. Al respecto Olifer, (2009) agrega:

---

<sup>23</sup> FRAME RELAY: Retransmisión de tramas.



De acuerdo con los planes de los diseñadores, ATM debía asegurar varias de las siguientes capacidades: El sistema de transporte simple para transmitir simultáneamente tráfico computacional y multimedia (voz y video), el cual es muy sensible a los retardos; la QoS<sup>24</sup> para cada clase de tráfico debe corresponder a sus requerimientos. La jerarquía de las velocidades de transmisión que abarcan desde las decenas de Megabits por segundo hasta varios gigabits por segundo, con un ancho de banda garantizado para aplicaciones críticas (pag.723).

Por otro lado, en lo concerniente a las principales características del ATM Millan Tejedor, (2018) sostiene:

La tecnología ATM se basa en la multiplexación y conmutación de celdas o pequeños paquetes de longitud fija, combinando los beneficios de la conmutación de circuitos (capacidad garantizada y retardo de transmisión constante), con los de la conmutación de paquetes (flexibilidad y eficiencia para tráfico intermitente).

Proporciona ancho de banda escalable, que va desde los 2 Mbps a los 10 Gbps; velocidades muy superiores a los 64 Kbps como máximo que ofrece X.25<sup>25</sup> o a los 2 Mbps de Frame Relay. Además, ATM es más eficiente que las tecnologías síncronas, tales como la multiplexación por división en el tiempo o TDM (Time Division Multiplexing) en la que se basan PDH y SDH. Puesto que ATM es asíncrono, las ranuras temporales están disponibles bajo demanda con información identificando la fuente de la transmisión contenida en la cabecera de cada celda ATM.

Cuando la red de transporte pública emplea tecnología IP/MPLS se pueden obtener servicios diferenciados según el tipo de tráfico.

---

<sup>24</sup> QoS: Quality of Service.

<sup>25</sup> X:25: Protocolo por conmutación de paquetes. Fue el primero en configurar una red dedicada a la transmisión de datos, pero no era apta para transmitir señales isócronas (voz y video).



La convergencia continuada hacia IP de todas las aplicaciones existentes, junto a los problemas de rendimiento derivados de la solución IP/ATM, llevaron posteriormente (1997-98) a que varios fabricantes desarrollasen técnicas para realizar la integración de niveles de forma efectiva, sin las discontinuidades señaladas anteriormente. Esas técnicas se conocieron como “conmutación IP” (IP switching) o “conmutación multinivel” (multilayer switching). Una serie de tecnologías privadas -entre las que merecen citarse: IP Switching de Ipsilon Networks, Tag Switching de Cisco, Aggregate Route-Base IP Switching (ARIS) de IBM, IP Navigator de Cascade/Ascend/Lucent y Cell Switching Router (CSR) de Toshiba-condujeron finalmente a la adopción del actual estándar MPLS del IETF. El problema que presentaban tales soluciones era la falta de interoperatividad, ya que usaban diferentes tecnologías privadas para combinar la conmutación de nivel 2 con el encaminamiento IP (nivel 3) (Barbera, 2007).

El MPLS examina a los datagramas IP y en función del tipo de servicio que requieran le agrega, a cada trama<sup>26</sup> que transporta al datagrama, una etiqueta al entrar a la red que le posibilitará encaminarse por el trayecto acorde a la calidad de servicio solicitada.

Por ejemplo, si se trata de tráfico multimedia y se requiere que los paquetes lleguen en el menor tiempo posible al destino el MPLS elegirá la ruta más corta y más rápida posible.

### **1.5. Routers de borde de las red MPLS (LER<sup>27</sup>)**

En la red MPLS existen routers especiales ubicados en el borde de la red que se emplean para poner las etiquetas en las tramas que transportan a los datagramas y quitarlas a la salida de la red MPLS.

---

<sup>26</sup> TRAMA: Es el conjunto de campos (dirección, datos, control, etc) de un protocolo del nivel de enlace del modelo OSI. Por ejemplo la trama Ethernet o la trama Frame relay, etc

<sup>27</sup> LER: Label Router Edge.



De esta forma los conmutadores o los routers existentes en el interior de la red MPLS conmutan los paquetes de datos de acuerdo a la información de las etiquetas. Esta operación es mucho más rápida que la que se efectúa en un router normal en una red que no sea MPLS. Esto se fundamenta en el hecho que los routers no se introducen en el contenido de la cabecera del IP del paquete sino que la conmutación se basa sólo en una consulta simple a la tabla de etiquetas, previamente cargada en el router, para determinar a donde debe ir el paquete.

En cada router de la red MPLS sólo se tiene que examinar la etiqueta para enviar el datagrama (paquete) por el camino establecido, en función del destino y de la calidad de servicio requerida para dicho paquete a largo de la red.

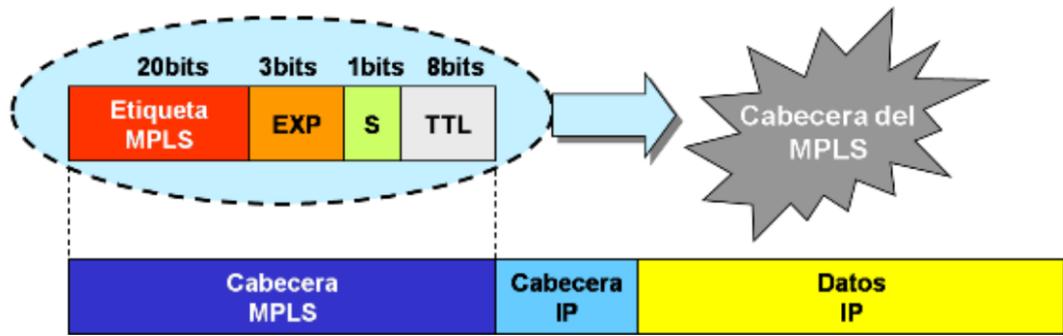
### **1.6. La etiqueta MPLS**

En la figura 4 se puede apreciar una etiqueta MPLS insertada entre la cabecera del IP y la cabecera del protocolo de nivel 2 empleado en la red.

En general como protocolo de nivel 2 se suele utilizar el ATM que permite implementar redes con calidad de servicio, de esta forma el MPLS es la herramienta que se emplea para dotar a las redes IP, que por su naturaleza no tienen calidad de servicio, en redes que si lo tienen. Esto permite a las TELCOs aplicar tarifas diferenciales según el tipo de servicio requerido.

MPLS es una red privada IP que combina la flexibilidad de las comunicaciones punto a punto o Internet y la fiabilidad, calidad y seguridad de los servicios Private Line, Frame Relay o ATM, ofrece niveles de rendimiento diferenciados y priorización del tráfico, así como aplicaciones de voz y multimedia. Y todo ello en una única red. (3Cu Electronica, 2017).

Por otro lado, en la figura 5 se describen los conceptos básicos del funcionamiento del MPLS, a la izquierda de la figura se encuentra la red origen del datagrama que se quiere transmitir.



**Figura 4: Cabecera genérica del MPLS**  
**Fuente: 3Cu Electronica**

### 1.7. Niveles de calidad de servicio en MPLS

Dicha red puede tener diferentes niveles de calidad de servicio, como ser: Best Effort<sup>28</sup>, DiffServ<sup>29</sup> o IntServ<sup>30</sup>. El datagrama IP ingresa a través del router denominado LER (Label Edge Router) el cual introduce la etiqueta o cabecera MPLS descrita en la figura 1.

<sup>28</sup> BEST EFFORT: Calidad de servicio típico del protocolo IP, el protocolo efectúa el “mejor esfuerzo” por transmitir el paquete, pero no ofrece ningún servicio especial.

<sup>29</sup> DIFFSERV: Es una técnica que permite clasificar los paquetes IP en diferentes clases en función de la calidad de servicio requerida.

<sup>30</sup> INTSERV: Servicios Integrados, constituyen una arquitectura de red que gestiona los recursos necesarios para garantizar determinada calidad de servicio en la red.



En las redes MPLS se establecen circuitos virtuales o también denominados caminos lógicos que se denominan LSP (Label Switching Path) como el indicado en la figura 5 que determina los switches internos de la red MPLS denominados LER (Label Switching

Router) por los que debe pasar el datagrama IP con la etiqueta MPLS correspondiente, desde el LER de ingreso hasta llegar al LER de salida o egreso.

Con respecto al nivel físico Roldan, (2018) nos dice:

El modo A TM no prescribe la utilización de ningún medio físico en particular. Asimismo, no presupone ningún interfaz físico para la transmisión de los bits de las celdas ATM. A partir de estas premisas, el ATM Forum decidió acometer como primer paso en su labor, la normalización del transporte de las células utilizando cualquiera de los interfaces físicos normalizados hasta el momento.

Para encaminar al datagrama en cada router LSR existen tablas denominadas LIB (Label Information Base) que contiene la información del camino a seguir (número de etiqueta de entrada y de salida como así también la interfase). Por último, el router LER de egreso extrae la etiqueta (que solo tiene significado y propósito en la red MPLS) y deja al datagrama IP apto para continuar a través de las redes LAN y/o WAN estándar.

También se puede observar en la figura 5 el término FEC (Forwarding Equivalence Class) asociado a la etiqueta. FEC o clase equivalente de envío es un conjunto de paquetes que se remiten sobre un mismo camino o “path”, aun cuando sus destinos finales sean diferentes.

Resumiendo, Gonzalez Ruiz, (2013) nos detalla las principales características de las redes ATM.



**Altas tasas de transmisión.** ATM funciona prácticamente sobre cualquier capa física. En los enlaces de larga distancia suele utilizarse fibra óptica. Velocidades típicas de transmisión (utilizando SONET<sup>31</sup>) son 155.52 Mbps y 622 Mbps.

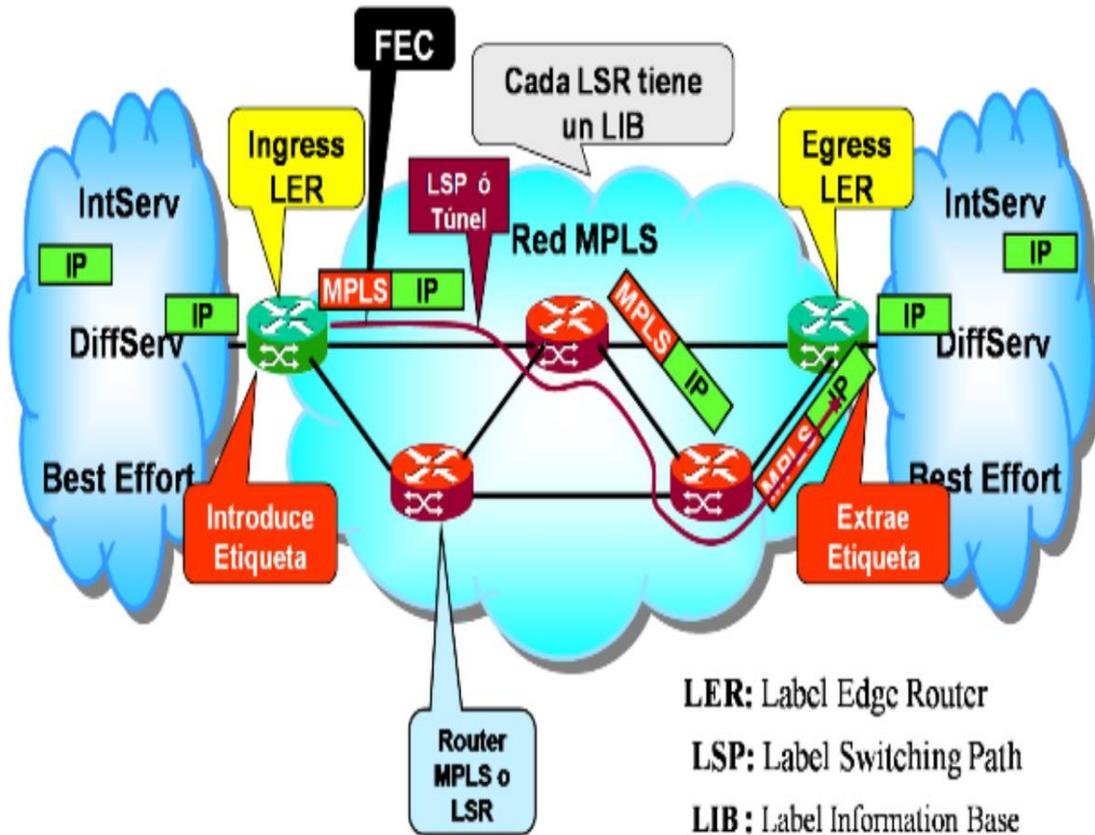
**Enlaces de larga distancia.** Los enlaces ATM son punto a punto y pueden recorrer mucha distancia (miles de Km).

**Routing a nivel de enlace de datos.** Los conmutadores ATM incorporan mecanismos de routing a nivel de ATM muy semejantes a los utilizados por el IP.

**Calidad de servicio.** ATM proporciona mecanismos de control de la congestión y de reserva de ancho de banda. Esto permite que el usuario que paga puede obtener una calidad de servicio superior.

---

<sup>31</sup> SONET: Synchronous Optical Network



**Figura 5: Funcionamiento básico del MPLS**

Fuente: 3Cu Electronica

### 1.8. Arquitectura de las redes con tecnología IP/MPLS.

En la figura 6 se detalla la topología<sup>32</sup> y la arquitectura<sup>33</sup> de una red VPN/IP/MPLS, en la misma se observa que la red denominada “Backbone IP” esta constituida por enlaces dedicados de la empresa (TELCO) proveedora de la red y opera bajo los protocolos IP y MPLS.

<sup>32</sup> TOPOLOGIA: Forma de conexión de los nodos con los enlaces. Las topologías básicas son: malla, bus, anillo, estrella y árbol.

<sup>33</sup> ARQUITECTURA DE LA RED: La arquitectura de una red de telecomunicaciones está constituida por la topología de la misma más los protocolos que rigen su funcionamiento.



Esta red generalmente se denomina “red de transporte” y se caracteriza porque esta constituida por dos subredes; la subred de acceso con protocolos de comunicaciones de acceso directo por parte de los usuarios y una red central de alta velocidad generalmente conformada por switches ATM. En el caso de la figura 6 no estan discriminadas ambas subredes.

Esta red de transporte es compartida por muchas empresas u organismos los cuales no pueden intercambian informacion a traves de la misma, dado que cada empresa u organismo tiene la “apariencia” de exclusividad en el uso de la red de transporte. La red de transporte provista por la TELCO es segura dado que no utiliza vinculos ni nodos de Internet sino del proveedor.

Al respecto Telecom S.A nos dice.

El servicio VPN IP MPLS consiste en brindar a los clientes una solución mediante la cual podrá interconectar todos los sitios de su empresa basada en tecnología MPLS, pudiendo disponer de esta forma de la Intranet mencionada.

Esta solución se realiza utilizando recursos del Backbone IP de Telecom, el cual brinda la seguridad y confiabilidad propias de una red privada, necesarias para proteger la información interna de la empresa.

Cada Intranet es de uso exclusivo de cada cliente de tal manera que pueden utilizarse esquemas de direcciones IP privadas sin que se produzcan conflictos con servicios de otros clientes.

La TELCO provee a cada cliente con la calidad de servicio que contrate, y como veremos mas adelante, este compromiso por parte de la empresa se materializa en un acuerdo de servicio denominado SLA, que el cliente debe verificar permanentemente.

Se puede observar en la figura 6 una empresa que tiene tres sitios (A,B y C) vinculados por una red IP/MPLS. El sitio “A” conectado esta vinculado a la red IP/MPLS de transporte mediante dos routers y un enlace con calidad de servicio para tráfico de tiempo real, misión

crítica y estándar. La comunicación entre los sitios A, B y C de la empresa se efectúa a través de la red IP/MPLS que es segura.

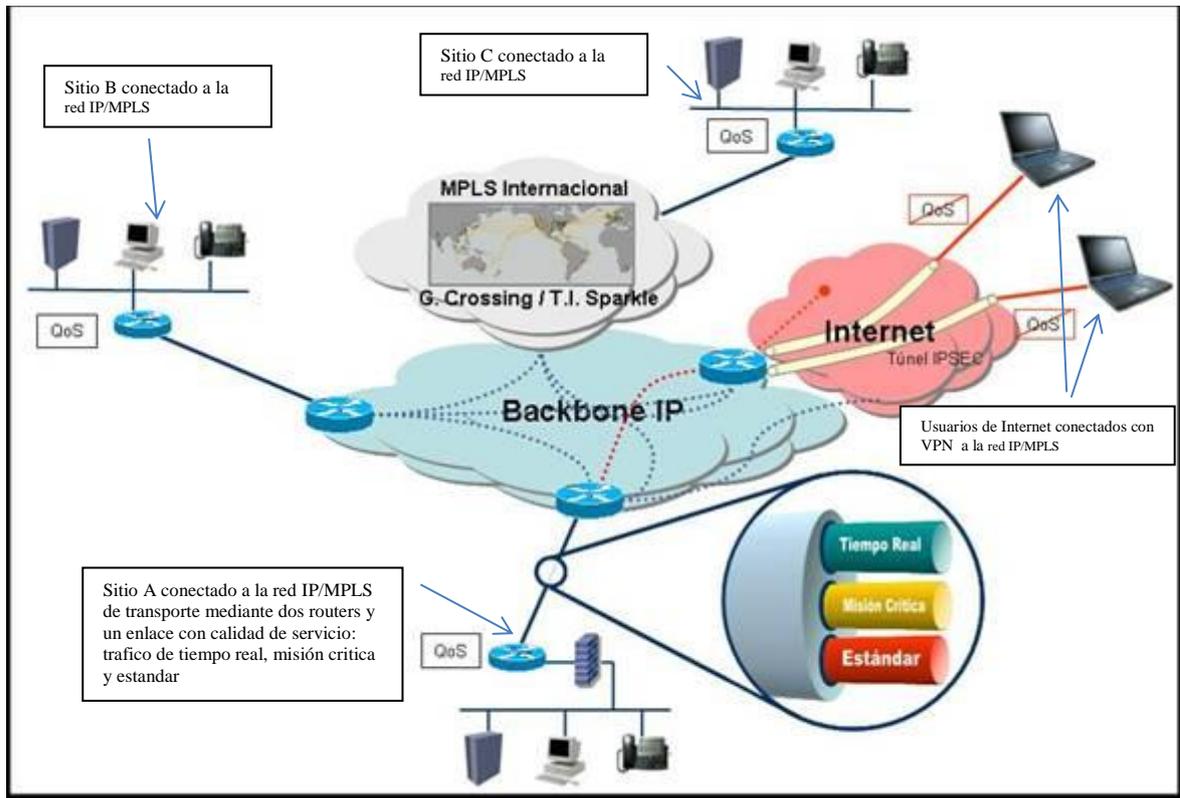


Figura 6 arquitectura de una red VPN/IP/MPLS

Fuente: Telecom S.A.

Para comunicar a los usuarios de Internet con los sitios A, B o C seguros, se debe implementar un enlace VPN<sup>34</sup> a efectos de proveer seguridad en la comunicación.

### 1.9. El MPLS y las redes Virtuales Privadas o VPN.

Las redes privadas virtuales o VPN se caracterizan por brindar seguridad en la transferencia de datos, básicamente estableciendo una conexión virtual punto a punto mediante el uso de enlaces dedicados, encriptando la información o combinando ambos métodos.

<sup>34</sup> VPN: Virtual Private Network



Con respecto a las redes VPN en el sitio CCM,( 2017) nos dice:

Una red privada virtual se basa en un protocolo denominado protocolo de túnel, es decir, un protocolo que cifra los datos que se transmiten desde un lado de la VPN hacia el otro. La palabra "túnel" se usa para simbolizar el hecho que los datos estén cifrados desde el momento que entran a la VPN hasta que salen de ella y, por lo tanto, son incomprensibles para cualquiera que no se encuentre en uno de los extremos de la VPN, como si los datos viajaran a través de un túnel. En una VPN de dos equipos, el cliente de VPN es la parte que cifra y descifra los datos del lado del usuario y el servidor VPN (comúnmente llamado servidor de acceso remoto) es el elemento que descifra los datos del lado de la organización. De esta manera, cuando un usuario necesita acceder a la red privada virtual, su solicitud se transmite sin cifrar al sistema de pasarela, que se conecta con la red remota mediante la infraestructura de red pública como intermediaria; luego transmite la solicitud de manera cifrada. El equipo remoto le proporciona los datos al servidor VPN en su red y este envía la respuesta cifrada. Cuando el cliente de VPN del usuario recibe los datos, los descifra y finalmente los envía al usuario.

Los principales protocolos de túnel son PPTP<sup>35</sup>, L2F<sup>36</sup>, L2TP<sup>37</sup> e IPSEC<sup>38</sup>, el empleado con frecuencia es el IPSEC, este posibilita implementar las redes VPN las cuales permiten conectar diferentes sedes o dependencias de una empresa u organismo a través de regiones distantes y acceder a sistemas remotos en forma segura. De esta manera se puede conectar mediante un enlace VPN desde un host de la red Internet (red no segura) a las bases de datos y/o servidores de una red corporativa segura. El protocolo MPLS es la base para implementar este tipo de conexión y el tráfico de la red VPN/IP basado en tecnología MPLS está permanentemente cifrado y transporta en forma segura, sin consumir recursos extra en los routers ni ancho de banda adicional en los enlaces.

---

<sup>35</sup> PPTP: Protocolo de túnel punto a punto

<sup>36</sup> L2F: Reenvío de capa dos

<sup>37</sup> L2TP: Protocolo de túnel de capa dos

<sup>38</sup> IPSEC: Protocolo de capa 3 creado por el IETF apto para enviar datos cifrados sobre IP.



Al respecto, en la Revista Cloud.com (2018) se detalla:

Las VPN/IP basadas en tecnología MPLS permiten ofrecer soluciones seguras y de calidad empresarial para las empresas y clientes, son fáciles de desplegar y de mantener. Además de mucho más económicas que otras soluciones. El despliegue de un MPLS empieza en el núcleo de la red de un proveedor de servicios, esto proporciona un control total sobre la calidad del servicio, la ingeniería de tráfico y el correcto uso del ancho de banda a la vez que se reducen los requisitos necesarios en la parte del cliente para conectar con el servicio sobre MPLS. El protocolo MPLS nos permite sobre una misma red transportar múltiples protocolos distintos y de forma simultánea. Desplegar una VPN/IP sobre MPLS es como tener una red de Internet propia y privada con todas las prestaciones, su flexibilidad y por supuesto la sencillez que han hecho que Internet sea un éxito global. Podemos utilizar MPLS para VPN/IP para simplificar la complejidad y reducir los problemas técnicos cuando queremos conectar cuantas sedes corporativas necesitemos, reduciendo costos y plazos de puesta en marcha.

En la publicación de Telecom S.A. (Unidad de Telefonía Fija - Telecom, 2009) agrega que las VPN basadas en MPLS ofrecen los siguientes beneficios:

***Escalabilidad:***

Las redes privadas virtuales basadas en MPLS emplean el modelo 'peer' y la arquitectura de nivel 3 no orientada a conexión para conseguir una solución altamente escalable. Para el modelo 'peer' sólo es necesario establecer una sesión del EDC con el router del lado del proveedor de servicios y no con el resto de EDCs pertenecientes a la misma red privada virtual. La arquitectura no orientada a conexión permite la creación de redes privadas virtuales en el nivel de red, eliminando la necesidad de túneles o circuitos virtuales.



### ***Privacidad y seguridad:***

Las redes privadas virtuales basadas en MPLS ofrecen el mismo nivel de privacidad y seguridad que las equivalentes basadas en conexión mediante la limitación de distribución de rutas de una VPN a únicamente aquellos routers que son miembros de esa VPN.

### ***Facilidad en su creación:***

Proporcionan una plataforma para el rápido desarrollo de servicios IP de valor añadido, incluyendo intranets, extranets, voz, multimedia y comercio electrónico, y esto es debido a que MPLS es no orientado a conexión, no se necesitan topologías o mapas de conexión punto a punto específicos. Se pueden añadir sitios a las intranets y extranets y crear grupos cerrados de usuarios. Cuando se gestiona la red de esta forma, se posibilita la agrupación de cualquier sitio en múltiples redes privadas virtuales, maximizando la flexibilidad a la hora de creación de intranets y extranets.

### ***Simplicidad en la Migración:***

Las redes privadas virtuales con MPLS son únicas para el proveedor de servicios porque se pueden construir sobre cualquier arquitectura de red, incluyendo IP, ATM,

Frame Relay y redes híbridas. Del lado del usuario final, la migración se simplifica en cuanto a que no hay requerimientos de soportar MPLS en los routers del cliente ni tampoco es necesario modificación alguna en la intranet del cliente.

## **Conclusiones.**



Las organizaciones estatales, como así también, las empresas disponen de redes corporativas que les posibilitan la conexión entre sus dependencias, en muchos casos por razones económicas utilizan exclusivamente la red Internet, sin embargo, en otros casos constituyen redes propias mediante subredes de transporte públicas pertenecientes a diferentes TELCOs, las cuales tienen una arquitectura basada en el empleo de la familia de protocolos TCP/IP y MPLS.

El protocolo ruteable IP utilizado en Internet se caracteriza por ser un protocolo no confiable que no garantiza la entrega de los datagramas, básicamente por ser no orientado a conexión y no disponer de calidad de servicio.

Su funcionamiento genérico es el siguiente: Cuando un datagrama IP arriba a un router se verifica mediante el mecanismo “checksum” la no existencia de errores en su cabecera, no se controla la carga del datagrama. Si el checksum fue correcto se verifica que tenga tiempo de vida superior a uno, luego se selecciona la interfase de salida en función de la dirección de red de destino y por último se decrementa el tiempo de vida en un segundo si no hay congestión y si la hubiera se descuenta del tiempo de vida los segundos de demora, por último se calcula el nuevo campo checksum y se envía el datagrama por la interfase de salida previamente determinada.

Cabe aclarar que si la dirección de red destino no figura en la tabla de enrutamiento del router se envía el datagrama al router por default previamente determinado por el administrador.

Para aplicaciones de misión crítica y tráfico multimedia, una red que opera solamente con datagramas IP, no ofrece garantía de entrega ni calidad de servicio. Es por ello que hace aproximadamente diez años se introdujo el protocolo MPLS en la red corporativa. El MPLS es un protocolo con calidad de servicio, en consecuencia la red de telecomunicaciones puede brindar diferentes clases de servicio, ya sea para señales isócronas como datos, y garantizar la entrega de los datagramas en tiempo y forma.



Los protocolos que tienen calidad de servicio realizan todas o algunas de las siguientes acciones que conforman un tratamiento confiable de los paquetes transmitidos: control de errores, control de flujo, control de congestión, secuenciación de los paquetes y administración del ancho de banda.

Pero el MPLS fue una consecuencia final del proceso de integración entre el protocolo IP y el ATM. Este último, brinda una plataforma de comunicaciones con calidad de servicio de muy alta capacidad. Ante esta situación las empresas de telecomunicaciones intentaron integrar ambos mundos, el de IP, sin calidad de servicio y poco confiable, con el de ATM mucho más confiable y rápido, utilizando como “puente” entre ambos al protocolo MPLS. El MPLS garantiza la entrega y además brinda el “camino” más adecuado para los datagramas de un dado flujo, según la característica distintiva de dicho flujo.

Retornando a la arquitectura TCP/IP podemos decir que uno de los factores determinantes para la conexión en red de las computadoras, las cuales hasta la década de los 80, operaban en forma autónoma. Una de las principales premisas que tuvieron en cuenta los diseñadores del TCP/IP fue la operatividad de la red, aun ante la caída de varios nodos, dado que el gobierno de EEUU que financio el desarrollo del TCP/IP suponía que ante un ataque soviético necesitaba una red que siguiera funcionando independientemente de cuantos nodos estuvieran caídos. Recordemos que esta red se diseñó en plena época de la

“guerra fría” entre EEUU y la Unión Soviética. Por aquel entonces no resultaba prioritario la calidad de servicio pero sí la disponibilidad de la red.

Este requerimiento de alta disponibilidad dió como resultado el paradigma característico que distingue el funcionamiento de TCP/IP: “el modo datagrama”, que a diferencia del modo “circuitos virtuales”, encamina los datagramas IP sin utilizar circuitos físicos determinados ni tampoco virtuales preestablecidos, sino que cada vez que un datagrama acceden a un router se lo enruta de acuerdo a lo que indique la tabla de encaminamiento del dispositivo en ese momento, cabe aclarar que, dicha tabla es dinámica, adaptándose a las modificaciones que ocurran en la red, por ejemplo la caída de nodos y/o enlaces.



La red basada en el protocolo IP brinda un tipo de servicio denominado “best effort” en inglés y la traducción más apropiada es que la red “hace el esfuerzo que está a su alcance” para brindar el mejor servicio. No obstante, en la práctica no brinda calidad de servicio alguno.

Es por ello que se emplea en forma complementaria al IP el protocolo MPLS que a su vez se apoya en el ATM para brindar diferentes tipos de servicio. De esta forma se crean “caminos virtuales” que permiten satisfacer esa necesidad de servicios especiales para determinados flujos de paquetes IP.

Para conocer qué tipo de servicio debe brindar la red a un datagrama IP, en la cabecera de éste, existe un campo denominado TOS (tipo de servicio). En dicho campo la aplicación especifica el tipo de servicio que se necesita para transmitir adecuadamente el datagrama, pero es necesario que el MPLS interprete dicho requerimiento y lo materialice en la red a través del soporte que al efecto le brinda el ATM.

El campo ToS está compuesto por 8 bits, los tres primeros determinan la prioridad que tiene el datagrama IP (000 indica mínima prioridad y 111 la más alta), el bit “D” (Delay) cuando está activado (es uno) significa que el datagrama debería direccionarse por el

camino de menor demora, el bit “T” (Throughput) cuando está activado significa que el datagrama debe ir por el camino de mayor ancho de banda, el bit “R” (Reliability) activado implica que el datagrama debe transmitirse por el camino más confiable y por último el bit “C” (Cost) activado implica que el datagrama debe ir por el camino de menor costo. Cabe aclarar que solo uno de estos bits o flags puede estar activado.

De esta forma, la tecnología MPLS le confiere a la red IP la capacidad de encaminar los datagramas según las características que el flujo de datos requiera, y priorizar el traslado de los mismos.



Las redes IP/MPLS reemplazaron a las redes Frame Relay. Hasta la aparición de estas redes, la red Frame Relay era la preferida para el transporte de datos a alta velocidad, recordemos a su vez que antes del Frame Relay las redes eran X.25, las cuales eran incompatibles para la transmisión de señales isócronas (voz y video).

El MPLS examina los datagramas IP y en función del tipo de servicio que requieran le agrega, a cada trama que transporta al datagrama, una etiqueta al entrar a la red que le posibilitará encaminarse por el trayecto acorde a la calidad de servicio solicitada.

Por ejemplo, si se trata de tráfico multimedia y se requiere que los paquetes lleguen en el menor tiempo posible al destino el MPLS elegirá la ruta más corta y más rápida posible. Si en cambio se trata de transmisión de datos críticos encaminara los paquetes por el camino de menor pérdida de paquetes y de mayor ancho de banda.

En la red MPLS existen routers especiales ubicados en el borde de la red que se emplean para colocar las etiquetas en las tramas que transportan a los datagramas y quitarlas a la salida de la red MPLS. De esta forma los conmutadores o los routers existentes en el interior de la red MPLS conmutan los paquetes de datos de acuerdo a la información de las etiquetas. Esta operación es mucho más rápida que la que se efectúa en un router normal en una red que no sea MPLS.

En las redes MPLS los routers (LSR) no se introducen en el contenido de la cabecera del IP del datagrama para determinar que camino debe tomar este último, sino que la conmutación se basa sólo en una consulta de la etiqueta inserta en la trama de transporte del datagrama y luego en una consulta simple a la tabla de etiquetas (LIB) del router, previamente cargada en éste. De esta forma se determina la ruta a seguir por el paquete. El camino se establece en función del destino y de la calidad de servicio requerida para dicho paquete a largo de la red.

Podemos concluir que las redes actuales se implementan en función del protocolo ruteable IP y del protocolo MPLS. El primero genera redes que operan en el modo datagrama, vigente



en la red Internet, y el segundo, le brinda calidad de servicio, cuestión que no posee el IP. A su vez, la transmisión se basa en el empleo del ATM como soporte del MPLS, también se pueden utilizar otros protocolos de nivel de enlace para un transporte adecuado.

Las redes IP/MPLS están constituidas por enlaces dedicados pertenecientes a empresas (TELCO) proveedoras de redes de transporte públicas que operan con los protocolos IP y MPLS y utilizan como transporte de alta capacidad enlaces ATM.

La red de transporte se caracteriza porque está constituida por dos subredes; la subred de acceso con protocolos de comunicaciones de acceso directo por parte de los usuarios y una red central de alta velocidad generalmente conformada por switches ATM.

Esta red de transporte es compartida por muchas empresas u organismos los cuales no pueden intercambiar información a través de la misma, dado que cada empresa u organismo tiene la “aparición” de exclusividad en el uso de la red de transporte. La red de transporte provista por la TELCO es segura dado que no utiliza vínculos ni nodos de Internet sino del proveedor generando un servicio denominado: VPN IP MPLS el cual consiste en brindar a los clientes una solución mediante la cual podrá interconectar todos los sitios de su empresa basada en tecnología MPLS, pudiendo disponer de esta forma de una red Intranet segura no conectada a Internet.

Cada Intranet es de uso exclusivo de cada cliente de tal manera que pueden utilizarse esquemas de direcciones IP privadas sin que se produzcan conflictos con servicios de otros clientes.



## **Capítulo 2. Análisis de los factores determinantes de la calidad de servicio de las redes corporativas con tecnología IP/MPLS.**

### **Introducción.**

La UIT - Unión Internacional de Telecomunicaciones - ha definido la calidad de servicio de las redes mediante la norma ITU<sup>39</sup> E.800 la cual expresa que la calidad de servicio es: “El efecto global de las prestaciones de un servicio que determinan el grado de satisfacción de un usuario al utilizar dicho servicio”.

Por otro lado, la IETF<sup>40</sup> mediante la recomendación RFC<sup>41</sup> 2386 la define como: “Conjunto de requisitos del servicio que debe cumplir la red en el transporte de un flujo.”

También podemos considerar a la calidad de servicio como el rendimiento promedio de una red de comunicaciones, por ejemplo telefonía, o de computadoras, y en particular considerando el rendimiento desde el punto de vista de los usuarios de la red. La calidad de servicio o QoS de una red garantiza la transmisión de cierta cantidad de información en un tiempo dado con una tasa de errores acotada. Esto es especialmente importante para ciertas aplicaciones tales como la transmisión de señales isócronas, como el vídeo o la voz, y también para aplicaciones de misión crítica. Es por este motivo que su costo es mayor respecto de una red sin calidad de servicio.

Asimismo, con respecto a la calidad de servicio de las redes de comunicaciones Freeman, (1999) agrega:

En principio, la calidad de servicio parece ser un concepto intangible, sin embargo, resulta muy tangible para un abonado telefónico insatisfecho con el servicio. Este concepto es un tema obligado en cualquier texto completo sobre sistemas de telecomunicaciones. El ingeniero de sistemas nunca debería perder de vista este concepto, no importa el segmento del sistema del que sea responsable. La calidad de

---

<sup>39</sup> ITU: International Telegraph Union. Es el organismo especializado de las Naciones Unidas para las Tecnologías de la Información y la Comunicación – TIC.

<sup>40</sup> IETF: Internet Engineering Task Force

<sup>41</sup> RFC: Request For Comments



servicio significa también lo satisfecho que la compañía de teléfonos mantiene a sus clientes (pag. 72).

En este capítulo desarrollaremos el alcance de cada uno de los factores que conforman la calidad de servicios para los enlaces de una red corporativa con tecnología IP/MPLS.

## **2.1. Parámetros relativos a la calidad de servicios en una red de transmisión de datos y señales isócronas.**

Con respecto a la calidad de servicio de los enlaces y las redes en general Halsall, en su obra *Redes de Computadores e Internet*, (2006) agrega:

Los parametros de operación asociados con un canal de comunicaciones digital a traves de una red se conocen como parametros de calidad de servicio de la red (QoS. Quality of Service), y determinan, de forma colectiva, la adecuacion del canal para ser usado en una aplicación particular. En la practica, los parametros de QoS asociados con una red de conmutacion de circuitos son diferentes de los de una red de conmutacion de paquetes... (pag. 14).

Al celebrar un contrato de servicio de telecomunicaciones con una empresa de telecomunicación para la implementación de una red WAN corporativa la gran cantidad de conceptos y parámetros técnicos se reducen a solo unos pocos, los cuales, se incluyen en el denominado SLA<sup>42</sup>, convenio sobre la calidad de servicio que se compromete la empresa para con el cliente y que forma parte del contrato entre ambos. Dichas características técnicas se reducen a los siguientes parámetros:

- *Perdida de paquetes,*
- *Demora o delay*
- *Variación de la demora o Jitter.*
- *Ancho de banda.*
- *Ber (Bit Error Rate)*
- *Disponibilidad de la red.*

---

<sup>42</sup> SLA: Service Level Agreement.



- ***Tiempo máximo de reparación.***

### **2.1.1. Pérdida de paquetes.**

La pérdida de paquetes se origina por causas diversas, las principales son las siguientes: eliminación de los paquetes por detección de errores<sup>43</sup> al llegar a un nodo final y/o de conmutación, encaminamiento erróneo, congestión en los nodos, fallas de hardware y/o software en los nodos de conmutación, etc.

### **2.1.2. Demora.**

La demora en una red de transmisión de datos es el tiempo empleado para transmitir un paquete a lo largo de todo su recorrido desde la estación emisora hasta su recepción en la estación destino. Mediante el protocolo ICMP<sup>44</sup> y la aplicación PING<sup>45</sup> del mismo se puede determinar la demora de ida y vuelta denominada RTT<sup>46</sup>.

Las causas de la demora o delay pueden ser fijas o variables y responden a las siguientes causas:

#### ***Retrasos en el procesamiento de los paquetes en los nodos de conmutación.***

En los routers se debe verificar si existen errores en la cabecera del datagrama IP, mediante el procedimiento checksum<sup>47</sup>, determinar mediante inspección en la tabla de enrutamiento la interfase de salida, cambio del TTL, nuevo cálculo del campo checksum, etc.

#### ***Retrasos debidos al almacenamiento.***

Este retraso se produce en los nodos de conmutación de los paquetes hasta que es transmitido. El número de paquetes en la fila depende del tipo de tráfico y del nivel de

---

<sup>43</sup> DETECCIÓN DE ERRORES: En las redes de datos una vez detectado que el paquete tiene errores se lo descarta.

<sup>44</sup> ICMP: Internet Control Message Protocol.

<sup>45</sup> PING: Packet Internet Groper.

<sup>46</sup> RTT: Round-Trip-Time

<sup>47</sup> CHECKSUM: Método empleado para detectar los errores, especialmente utilizado en los protocolos de la familia TCP/IP:



ocupación de la línea. Existen algoritmos que administran la espera para imponer retrasos iguales a los diferentes tipos de tráfico.

### ***Demora en la transmisión en las interfases de los nodos.***

Es el tiempo requerido para insertar los bits del mensaje en el canal de salida. Si el mensaje tiene  $m$  bits y la capacidad del canal es  $c$  bits/seg, la demora de transmisión será  $m/c$ . en el caso que el mensaje o paquete tenga 1500 bits y la capacidad del canal 100 Mbps la demora de transmisión será 15 microsegundos.

### ***Demora por pérdida de paquetes.***

Originada en las retransmisiones de los paquetes perdidos. La pérdida del paquete se produce debido a que los búfers o memorias intermedias donde se almacenan transitoriamente los paquetes no tienen un tamaño infinito. Cuando un paquete llega a un búfer que está lleno se lo elimina. Si existe calidad de servicio en la red se debe proceder a la retransmisión del paquete.

### ***Demora de propagación.***

Esta demora depende de la longitud del enlace y se debe tener en cuenta la velocidad de propagación de la señal en la línea, por ejemplo en una línea de cobre se desplaza razón de 200 metros/microsegundo.

### **2.1.3. Jitter o variación de la demora.**

El jitter o variación de la demora de arribo de los paquetes es un factor importante en la transmisión de señales isócronas como la voz y el video. Las causas del jitter son diversas pero las más importantes son: el empleo de rutas diferentes utilizadas por los paquetes de un mismo flujo, congestión en la red, perdida transitoria de sincronismo, etc.

El jitter a nivel de bits se denomina “delay skew” y se debe a la falta de homogeneidad en la composición de las líneas físicas que componen el cable utilizado para la transmisión paralelo.



#### 2.1.4. BER (Bit Error Rate) o tasa de error binario.

El BER o tasa de error de bits es el cociente entre la cantidad de bits recibidos con errores dividida la cantidad total de bits recibidos, durante un lapso determinado. El factor BER normalmente se expresa como 10 elevado a una potencia negativa, cuanto más negativa es la potencia implica un enlace de mejor calidad dado que presenta un número menor de errores.

Con respecto a la utilidad de este parámetro en la determinación de la performance de las redes Andreotti, (2015) nos dice:

Una transmisión puede tener un  $BER = 10^{-6}$ , lo que significa que de 1.000.000 de bits transmitidos y recibidos, 1 bit tenía error. ( $1/10^6 = 10^{-6}$ ). El BER nos da una indicación de cuando un paquete, u otra unidad de datos, tiene que ser retransmitida a causa de un error. Un BER muy alto, puede indicar que una velocidad menor de los datos podría reducir el tiempo de transmisión para una determinada cantidad de datos, ya que un BER más bajo reduciría la cantidad de paquetes que deban ser retransmitidos. El BER es un parámetro clave, usado para evaluar los sistemas que transmiten datos de un lugar a otro. Los sistemas en los cuales el BER es aplicable incluyen enlaces de datos por radio o por fibra óptica, Ethernet o cualquier sistema que transmita datos sobre una red, cuando el ruido, las interferencias y fluctuaciones de fase pudieran provocar una degradación de la señal digital. A diferencia de muchas otras formas de evaluación, el BER permite evaluar un sistema de punta a punta, incluyendo el transmisor, el receptor y el medio entre ambos. De esta forma, el BER permite realizar el test para evaluar el performance del sistema en operación real, en lugar de hacer las pruebas de las partes por separado, con la esperanza de que se comporten igual cuando estén en el lugar de operación.



En los sistemas de transmisión digital la calidad de los enlaces está relacionada con el BER, la norma IEC 60870-3 y la IEC 60801-4 establecen los siguientes valores de BER para los sistemas de comunicaciones:

- Sistemas de comunicaciones muy buenos  $Ber = 10^{-9}$  a  $10^{-10}$
- Sistemas de comunicaciones buenos  $Ber = 10^{-6}$
- Sistemas de comunicaciones degradados  $Ber = 10^{-3}$  a  $10^{-6}$
- Sistemas de comunicaciones dañados  $Ber$  mayor a  $10^{-3}$

Con respecto a los factores que afectan el valor del Ber Andreotti, (2015) agrega:

Los factores que afectan el valor del BER son todos los que hagan que la relación señal ruido (S/N) en el camino de la RF pueda empeorar, más las causas que puedan afectar a la señales modulantes y moduladas, serán factores que aumentarán el valor del BER.

Por ejemplo la aparición de señales interferentes, la disminución de la potencia irradiada por los transmisores, o de la sensibilidad de los receptores, en ambos casos tanto por falla en los equipos electrónicos como en las antenas y guías de onda, desenfoque de parábolas, o aparición de edificios construidos con posterioridad a la instalación de los enlaces, que se interpongan en el camino del haz de RF.

En la figura 7 se puede apreciar que a medida que el método de modulación es mas complejo, como es el caso del 64 QAM respecto por ejemplo del BPSK, se requiere para la misma tasa de error o Ber una relación S/N más exigente.

En los sistemas de comunicaciones es un factor importante la relación señal a ruido (S/N), o C/N (Carrier To Noise Ratio) como señalara Andreotti en la cita anterior, no obstante, también hay que destacar que este factor varía según el método de modulación empleado en el sistema.

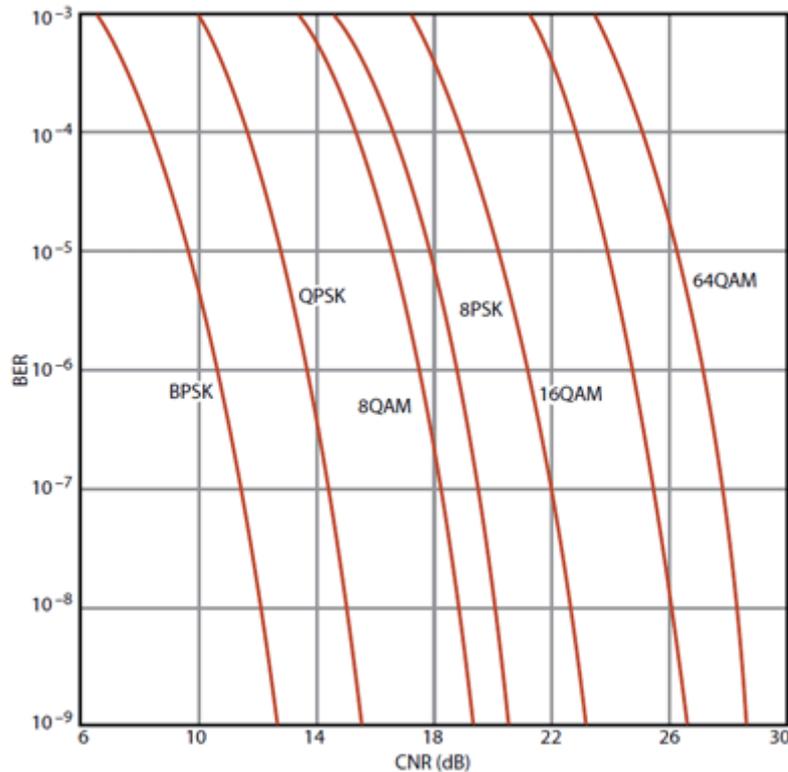


Figura 7: BER en función del CNR, para distintos métodos de modulación.

Fuente: Andreotti de Electronic Design

### 2.1.5. Ancho de banda.

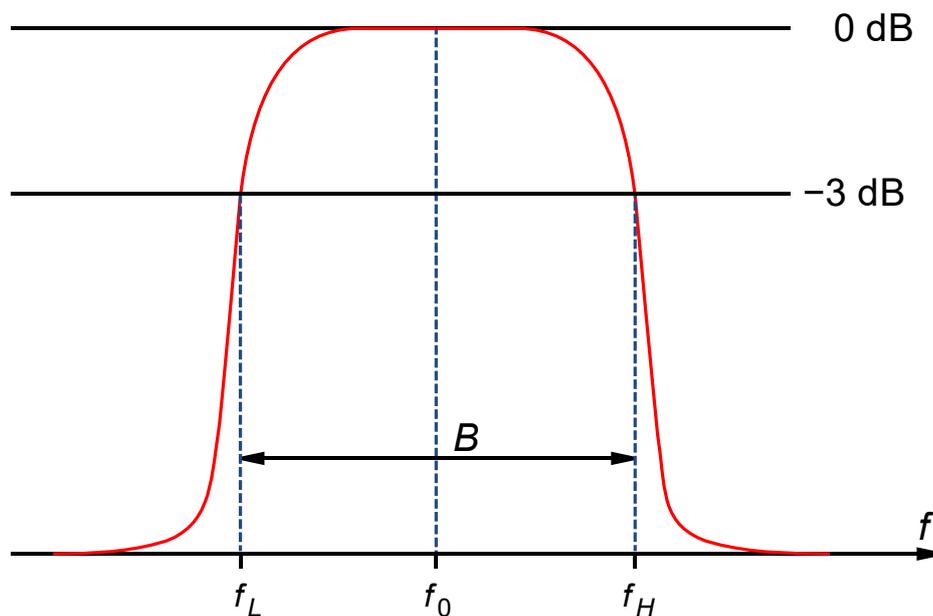
El ancho de banda de los enlaces está determinado en función de los servicios que debe brindar la red para cada sitio. Al respecto Castro & Fusario, (2014) agregan:

El concepto de ancho de banda es uno de los más importantes en el campo de las telecomunicaciones. Denominaremos ancho de banda de una señal a lo siguiente: Intervalo de frecuencias para las cuales la distorsión lineal y la atenuación permanecen bajo límites determinados y constantes ...si bien los límites pueden ser arbitrarios en la generalidad de los casos se definen para una atenuación de 3 db con respecto al valor que tiene la señal a la frecuencia de referencia (pag. 108).



En la figura 8 se detalla el ancho de banda definido entre la frecuencias de corte inferior  $f_L$  y la frecuencia de corte superior  $f_H$ . El intervalo entre esas dos frecuencias es el ancho de banda. Puede observarse que los puntos  $f_L$  y  $f_H$  se obtienen cuando la atenuación llega a menos 3 db. Asimismo, en el sitio web Academic, (2018) se aclara que:

Es común denominar ancho de banda digital a la cantidad de datos que se pueden transmitir en una unidad de tiempo. Por ejemplo, una línea ADSL<sup>48</sup> de 256 kbps puede, teóricamente, enviar 256000 bits (no bytes) por segundo. Esto es en realidad la tasa de transferencia máxima permitida por el sistema, que depende del ancho de banda analógico, de la potencia de la señal, de la potencia de ruido y de la codificación de canal.



**Figura 8: Determinación del ancho de banda**

**Fuente: Esacademic.com**

<sup>48</sup> ADSL: Asymmetric Digital Subscriber Line.



Si bien el ancho de banda es un factor determinante en la performance de los enlaces no debemos confundirlo con la capacidad del canal, siendo esta la velocidad máxima a la que se pueden transmitir datos en el canal, al respecto Stallings (2004) afirma:

Hay cuatro conceptos en juego relacionados entre si, que son:

- **La velocidad de transmisión de datos:** velocidad, expresada en bits por segundo (bps), a la que se pueden transmitir los datos.
- **El ancho de banda:** ancho de banda de la señal transmitida; este estará limitado por el transmisor y por la naturaleza del medio de transmisión; se mide en ciclos por segundo o hercios.
- **El ruido:** nivel medio de ruido a través del camino de transmisión.
- **La tasa de errores:** tasa a la que ocurren errores. (pag.83).

#### 2.1.6. Disponibilidad de la red.

La disponibilidad de la red se determina en función del tiempo que la misma permanece brindando servicio normal respecto del intervalo total considerado, que generalmente es mensual, semestral o anual.

Con respecto a la disponibilidad de la red en el sitio Microsoft TechNet ( 2005) dice:

En la comunidad de IT, la métrica empleada para medir la disponibilidad es el porcentaje de tiempo que un sistema es capaz de realizar las funciones para las que está diseñado. En lo que se refiere a los sistemas de mensajería, la disponibilidad es el porcentaje de tiempo que el servicio de mensajería está activo y en funcionamiento. La disponibilidad suele medirse en “nueves”.

Por ejemplo, una solución cuyo nivel de disponibilidad sea de “tres nueves” es capaz de realizar su función prevista el 99,9 por ciento del tiempo, lo que equivale a un



tiempo de inactividad anual de 8,76 horas por año sobre una base de  $24 \times 7 \times 365$  (24 horas al día, siete días a la semana, 365 días al año). En la tabla siguiente se muestran los niveles de disponibilidad frecuentes que muchas organizaciones intentan conseguir.

En la figura 9 se indica el tiempo de inactividad anual de una red para diferentes valores de disponibilidad de la red.

Porcentaje de disponibilidad	Día de 24 horas	Día de 8 horas
90%	876 horas (36,5 días)	291,2 horas (12,13 días)
95%	438 horas (18,25 días)	145,6 horas (6,07 días)
99%	87,6 horas (3,65 días)	29,12 horas (1,21 días)
99.9%	8,76 horas	2,91 horas
99.99%	52,56 minutos	17,47 minutos
99,999% ("cinco nueves")	5,256 minutos	1,747 minutos
99.9999%	31,536 segundos	10,483 segundos

**Figura 9: Porcentajes de disponibilidad y tiempo de inactividad**

**Fuente: Microsoft Technet**

### 2.1.7. Tiempo máximo de reparación.

Una vez detectada la falla total o parcial de un servicio de telecomunicaciones la empresa proveedora tiene un tiempo máximo para realizar la reparación del servicio.



Este aspecto contractual está relacionado con el mantenimiento, al respecto, debemos diferenciar entre mantenimiento preventivo del mantenimiento correctivo.

En el sitio web ANEXO 4-Mantenimiento, (2018) se aclaran ambos aspectos:

El mantenimiento preventivo consiste en la revisión de los racks de telecomunicaciones, que incluirá la inspección visual de los racks y del cableado atendiendo a posibles anomalías (p. ej. cables de fibras ópticas tirantes, cables forzados o con radios de cobertura inadecuados, etc.), la limpieza exterior e interior de los racks a fin de eliminar el polvo acumulado en los equipos y paneles, la revisión de los ventiladores y del termostato, la depuración de problemas detectados, así como cualquier otra actuación para mantener en correcto estado de funcionamiento los racks y de su equipamiento y prolongar la vida útil de los mismos. Asimismo para el mantenimiento correctivos dice: El mantenimiento correctivo consiste en la resolución de las averías e incidencias que se produzcan en el cableado troncal de telecomunicaciones de edificio, CPDs y Campus y la alimentación eléctrica de sus racks de telecomunicaciones, a fin de mantener la operatividad de las redes de telecomunicaciones.

En los contratos con las empresas proveedoras de redes y enlaces (TELCOs<sup>49</sup>) de telecomunicaciones suele establecerse un lapso de 4 horas en el AMBA<sup>50</sup> desde el aviso de la avería hasta la reparación de la misma sin incurrir en penalidades hacia la empresa. Para localidades remotas del interior del país suele ser un lapso mayor de aproximadamente 6 horas.

Estos son los principales parámetros que describen la calidad de servicios de una red y que deberán considerarse al suscribir un contrato con una Empresa de Telecomunicación. La selección de dichos parámetros para cada enlace configura la calidad de servicio de cada uno, que tiene que estar de acuerdo con los servicios que se pretende cubrir para cada sitio

---

<sup>49</sup> TELCOs: Empresas de telecomunicaciones

<sup>50</sup> AMBA: Es la zona urbana común que conforman la CABA y los siguientes 40 municipios de la Provincia de Buenos Aires.



o dependencia, y en definitiva configurará el costo mensual que el Organismo o Empresa deberá abonar mensualmente a la Empresas de Telecomunicaciones.

Una red ofrece ‘calidad de servicio’ cuando se garantiza el valor de varios de los parámetros anteriormente mencionados. Cabe aclarar que el costo de cada enlace y en definitiva del contrato final corporativo dependerá de estos parámetros.

Por otra parte, si el proveedor no se compromete con ninguno de los parámetros mencionados se dice que ofrece una red cuyo servicio es ‘best effort’, esto significa que la red no brinda ninguna calidad de servicio, como por ejemplo ocurre con las redes IP o Ethernet.

La calidad de servicio está relacionada con el tipo de tráfico que se desea cursar por la red. Podemos dividir al tráfico en elástico e inelástico.

El tráfico elástico se ajusta a las variaciones del retardo en la recepción de los paquetes y a la variación del throughput<sup>51</sup> de la red. Es el caso típico de la navegación en Internet o el correo electrónico.

Por otro lado, el tráfico inelástico necesita una demora y un jitter mínimos, como así también, una pérdida de paquetes acotada.

## **2.2. La calidad de servicio en las redes ATM<sup>52</sup>.**

El protocolo que desde su planificación considero diferenciar los servicios que deben brindarse en una red fue el ATM, al respecto Halsall, (1998) dice:

La red ATM permite manejar una variedad de servicios distintos. El empleo de la conmutación y la transmisión de celdas dentro de la red es transparente para los

---

<sup>51</sup> THROUGHPUT: Capacidad de transmisión de datos de la red.

<sup>52</sup> REDES ATM: Redes teleinformática que funcionan con el protocolo ATM (Asynchronous Transfer Mode).



protocolos de capa superior, para los cuales la red ATM es simplemente un recurso flexible para transferir información relacionada con cualquier tipo de medio. Esta

transparencia se logra gracias a la mas alta de las tres capas ATM, conocida como capa de adaptación ATM (AAL: ATM Adaptation Layer)

En las redes ATM se definen las siguientes categorías de servicio:

- Tasa de bits contante ( Constant Bit Rate,CBR)
- Tasa Variable de Bits para Tiempo real ( Real-Time Variable Bit Rate, rt-VBR)
- Transmisión no en tiempo real, Non-Real-Time (nrt-VBR)
- Tasa Disponible de Bits ,(Available Bit Rate ,ABR)
- Tasa no especificada de Bits, (Unspecified Bit Rate ,UBR)

### **2.2.1. Tasa de bits contante (CBR)**

Tasa de bits contante (Constant Bit Rate,CBR) Esta categoría de servicio es utilizada para conexiones que requieren una cantidad de ancho de banda constante, caracterizado por un valor de tasa pico de celdas (Peak Cell Rate, PCR) que esta al continuamente al alcance durante toda la duración de la conexión. (Emagister, 2018)

Este tipo de servicio, que asegura una tasa de transmisión constante, se emplea especialmente para la transmisión de voz y video en tiempo real no comprimido. Para transmisiones multimediales el protocolo MPEG2 se ajusta a este tipo de servicio.

No obstante, las aplicaciones típicas son; audio interactivo, videoconferencias, distribuciones de audio y video como televisión y educación a distancia.

### **2.2.2. Tasa Variable de Bits (RT - VBR)**



La Tasa Variable de Bits para tiempo real (Real Time -Variable Bit Rate, RT-VBR) esta está orientada para aplicaciones de tiempo real de voz y video que emplean compresión y por lo tanto las fuentes de datos transmitan a velocidades variables en el tiempo.

### **2.2.3. Transmisión no en tiempo real. (NRT – VBR)**

En ingles Non-Real-Time (nrt-VBR) es un servicio orientado a aplicaciones multimediales que no operan en tiempo real como aplicaciones con compresión de voz y perdida de silencios o sistema informáticos de reserva de aviones, transacciones bancarias, etc.

### **2.2.4. Tasa de bits disponible (ABR)**

La tasa disponible de bits (Available Bit Rate, ABR) se aplica en la capa ATM y consiste en el control de la tasa de transmisión de la fuente en función del ancho de banda disponible en la capa ATM. En este caso la aplicación tiene que tener la posibilidad de controlar su tasa de transmisión para no superar la capacidad del canal y eso se logra controlando el flujo mediante un mecanismo específico. Obviamente este servicio no está

orientada a aplicaciones de tiempo real. Durante el establecimiento de una conexión ABR la fuente especifica el máximo ancho de banda requerido y el mínimo ancho de banda utilizable.

### **2.2.5. Tasa de bits no especificada (UBR)**

La tasa no especificada de bits, (Unspecified Bit Rate ,UBR) es un servicio para aplicaciones no en tiempo real como comunicaciones entre computadores, transferencia de archivos, correo electrónico, etc, es el servicio menos exigente de todos los anteriores y en consecuencia el más económico dado que aprovecha el remanente de ancho de banda en cada instante.



### 2.2.6. Calidad de servicio requerido según el tipo de tráfico.

En la figura 10, primer cuadro, se detallan diferentes aplicaciones y su dependencia respecto al comportamiento de la red en lo que respecta al retardo y variación del retardo que la aplicación puede soportar, por otro lado, también se especifica la necesidad de confiabilidad del enlace para cada una de las aplicaciones.

En el segundo cuadro se indican para cada aplicación la categoría de servicio ATM que más se adapta.

En este segundo cuadro se puede apreciar que para las señales dependientes del tiempo (señales isócronas) la aplicación CBR es la que mejor se adapta al flujo de transmisión. Por otro lado, cuando se trata de señales isócronas comprimidas no se requiere una tasa de transmisión constante (CBR) sino que el flujo puede ser variable debido a que al estar los paquetes comprimidos en el proceso de descompresión se puede tolerar variaciones en el tiempo de arribo de los paquetes, mediante el procedimiento RT- VBR.

Recordemos que MPLS, con el auxilio del protocolo ATM, permite brindar calidad de servicios a la transmisión de datagramas IP.

Por otra parte si el proveedor no se compromete con ninguno de los parámetros mencionados se dice que ofrece una red cuyo servicio es el “mejor esfuerzo” o “best effort” que significa que no brinda calidad de servicio.

Tal es el tipo de servicio por ejemplo que ofrece la red IP, “best effort” significa que la red “hace lo que mejor puede realizar para llevar adelante la comunicación” pero no garantiza la calidad de servicio.



	<b>RETARDO</b>	<b>VARIACIÓN DEL RETARDO</b>	<b>RELIABILITY</b>
<b>CORREO</b>	BAJO	BAJO	ALTO
<b>TRANSFERENCIA DE ARCHIVOS</b>	BAJO	BAJO	ALTO
<b>BASE DE DATOS</b>	BAJO / MEDIO	BAJO	ALTO
<b>VIDEOS (MPEG)</b>	ALTO	MEDIO	BAJO
<b>TELEFONÍA</b>	ALTO	ALTO	BAJO
<b>VIDEOCONFERENCIA</b>	ALTO	ALTO	BAJO

<b>APLICACIÓN</b>	<b>CBR</b>	<b>RT - VBR</b>	<b>NRT - VBR</b>	<b>ABR</b>	<b>UBR</b>
<b>Datos Críticos</b>	Bueno	Aceptable	Excelente	Aceptable	NO
<b>Interconexión de LAN's</b>	Aceptable	Aceptable	Bueno	Excelente	Bueno
<b>Trasporte de WAN</b>	Aceptable	Aceptable	Bueno	Excelente	Bueno
<b>Emulación de Circuitos</b>	Excelente	Bueno	NO	NO	NO
<b>Telefonía y Videoconferencia</b>	Excelente	Bueno	NO	NO	NO
<b>Audio comprimido</b>	Aceptable	Excelente	Bueno	Bueno	Aceptable
<b>Distribución de video</b>	Excelente	Bueno	Aceptable	NO	NO
<b>Multimedia Interactivo</b>	Excelente	Excelente	Bueno	Bueno	Aceptable

**Figura 10: Calidad de servicio requerido según el tipo de tráfico**

**Fuente: Zuñiga Silgado**

En el estudio de los sistemas de comunicaciones y de las redes teleinformáticas se analizan un número importante de parámetros y conceptos técnicos que explican sistémicamente los fenómenos e inconvenientes que se presentan en la transmisión de datos y señales isócronas.

Dichos conceptos son imprescindibles para entender la problemática de la transmisión de datos, sus posibles errores y las consecuencias que se experimentan en la eficiencia y eficacia del medio y en última instancia de la red en su conjunto.



### 2.3. Clases de servicio brindados por una empresa de Telecomunicaciones

En la figura 11 se pueden observar las diferentes clases de servicio que brinda una empresa de telecomunicaciones para los enlaces IP/MPLS de su red de transporte, en este caso la empresa es TELECOM de Argentina.

Vemos que ofrece tres tipos de clase de servicios:

- *Tráfico de Tiempo Real*: Especial para servicios multimediales y transmisión de señales isócronas: voz y video. Este servicio es el más exigente para la red de transporte de la TELCO y en consecuencia el de mayor costo.
- *Tráfico de Misión Crítica*: Corresponde a la transmisión de aplicaciones (datos) que deben ser tratados con prioridad por la red. Aquí podríamos incluir las aplicaciones de misión crítica de la empresa, por ejemplo, podrían ser aplicaciones del ámbito comercial el soporte principal de la actividad productiva de dicha empresa.
- *Tráfico Estándar*: Este tipo de tráfico también es de datos, pero corresponde a aplicaciones que no son de misión crítica o simplemente la navegación en Internet está incluida en general en este grupo.

### 2.4. Distribución del ancho de banda en los enlaces.

En función de la topología de la red corporativa y de los servicios y aplicaciones que la misma necesita implementar se deberá definir para cada enlace, la distribución del ancho de banda en función de los tipos de servicios detallados precedentemente.

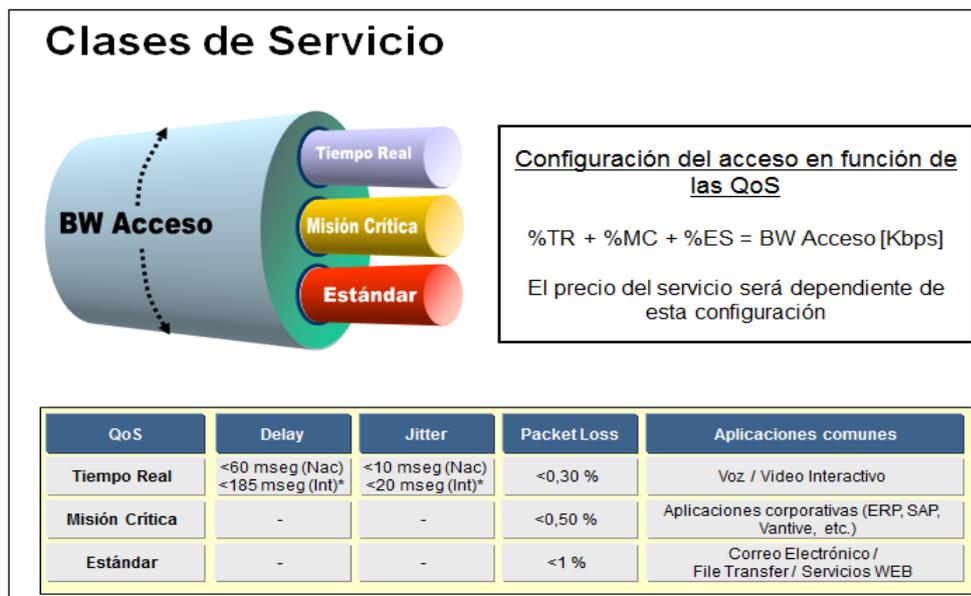
Por ejemplo: se podría definir para un enlace de una dependencia o sucursal de una empresa una distribución del ancho de banda como se indica a continuación en la figura 10.

### 2.5. Asignación de clases de servicio en la red corporativa

Una vez definido el ancho de banda de cada enlace IP/MPLS que la empresa requiere para conectar cada sitio<sup>53</sup> que la misma tiene distribuido geográficamente se planifica como se distribuirá el ancho de banda de cada enlace.

Por ejemplo, si un dado sitio requiere un ancho de banda de 2 Mbps una distribución posible podría ser:

- 40% Tiempo Real (0,8 Mbps),
- 30% Misión Crítica (0,6 Mbps) y
- 30% Estándar (0,6 Mbps).



**Figura 11: Diferentes clases de servicios**

**Fuente: Telecom Argentina S.A.**

<sup>53</sup> SITIO: Definiremos como sitio a una red LAN ubicada en un edificio, piso o local perteneciente a la empresa que debe formar parte de la red corporativa de la misma (red WAN de la empresa).



Como se mencionó anteriormente la Calidad de Servicio QoS de una red garantiza la transmisión de cierta cantidad de información<sup>54</sup> en un tiempo dado. Es especialmente importante para ciertas aplicaciones tales como la transmisión de señales isócronas como el vídeo o la voz y también para aplicaciones de misión crítica. Es por este motivo que su precio es mayor a un enlace sin QoS.

Ahora bien, para cada clase de servicio se analizan exclusivamente tres parámetros:

- **Pérdida de paquetes.**
- **Demora.**
- **Variación de la demora.**

#### ***La pérdida de paquetes:***

Es un indicador muy importante porque resume los principales parámetros de la red y la performance en general de la misma. En dicho valor se incluyen implícitamente: la tasa de error de los enlaces<sup>55</sup>, o BER, la eficiencia del sistema de conmutación y enrutamiento, la capacidad de los nodos de la red para el procesamiento y/o almacenamiento, el control del congestionamiento, el control de flujo, etc.

La pérdida de paquetes puede originarse en varias causas en el sitio web [paessler.com.es](http://paessler.com.es), (2018) nos informa:

A medida que las empresas crecen, su tráfico de red aumenta. Más y más tráfico fluye a través de servidores, routers y switches. Las sobrecargas producen errores de transmisión que, a su vez, resultan en pérdida de paquetes. Los dispositivos o partes de los mismos también pueden romperse o estropearse. El problema puede estar en la RAM o en una tarjeta de red. Al igual que con las sobrecargas, estos fallos pueden tener un impacto negativo en toda la red. Los errores de software también se producen rápidamente en los dispositivos de red. Y estos fallos pueden ocasionar pérdidas de paquetes.

---

<sup>54</sup> Cantidad de información: También conocida como throughput.

<sup>55</sup> Tasa de error de los enlaces: También conocida en inglés como BER (*Bit Error Rate*)



### ***Demora y la variación de la misma o jitter:***

Como se explicó anteriormente, están solamente relacionadas con el tráfico multimedia, la transmisión de voz y video.

Otro factor de importancia que determina los costos de los enlaces es el relacionado con la disponibilidad de la red.

### ***Disponibilidad de la red.***

Este parámetro específico para un dado periodo, por ejemplo, un año, cuánto tiempo el proveedor garantiza que la red (para cada enlace) permanecerá en servicio sin ningún tipo de disminución de estos. En caso que el proveedor se exceda del tiempo máximo sin servicio o con servicio parcial para cada enlace se aplicaría la penalidad estipulada en el contrato. Se puede calcular la disponibilidad a través de la siguiente expresión matemática,

donde los parámetros son:

T<sub>tot</sub>: tiempo total del periodo considerado

T<sub>nodisp</sub>: tiempo durante el cual no estuvo disponible la red, dentro del periodo considerado.

Tiempo considerado: Puede ser mensual, semestral o anual.

$$\text{Disponibilidad de la red} = \frac{\sum_1^n [(T_{tot} - T_{nodisp}_i)]}{T_{tot}} * 100 (\%)$$

Supongamos un ejemplo: Si el contrato estipula un periodo de un año y la TELCO ofrece una disponibilidad del 99,7% horas (medida en términos anuales), nuestra red podría estar inactiva 26 Hs sin penalización.

- Período (un año) = 8760 Hs
- 99,7 % = 26 Hs



En este ejemplo al finalizar el periodo de un año desde el comienzo del contrato si la suma de los intervalos sin servicio supera las 26 horas se debería aplicar la penalidad establecida en el contrato.

Existen otros parámetros como el *Tiempo Máximo de Restauración del Servicio*<sup>56</sup> (MTTR) que establece el intervalo máximo que puede quedar sin servicio el enlace, a partir de denunciada la falla a la TELCO. Pasado dicho lapso se deberían aplicar las penalidades contractuales. En el CABA ese periodo es generalmente 4 hs, en lugares del interior del país, por lo general son 6 horas. También existe el *Tiempo Medio entre Fallas*<sup>57</sup> (TMBF) que también se puede negociar.

Todos estos parámetros deben incluirse en el SLA contractual, al respecto en el sitio web Network World, (2002) se agrega:

El término SLA corresponde a las siglas de la expresión inglesa “service level agreement”, que traducimos como acuerdo de nivel de servicio. Un SLA es, simplemente, un acuerdo contractual entre una empresa de servicios y su cliente, donde se define, fundamentalmente, el servicio y los compromisos de calidad. Este tipo de contrato existe, en su forma más elemental, desde hace mucho tiempo; por ejemplo los contratos de suministro de agua o electricidad. Pero han sido las empresas de telecomunicaciones y de informática las que han popularizado su uso y las siglas SLA. La razón es que los servicios de estas empresas son enormemente flexibles y versátiles, con lo que la selección de las prestaciones adecuadas es difícil y el control de calidad complejo. La consecuencia de todo esto es que las expectativas y concepto de calidad entre prestador y cliente van a diferir si no se fijan y documentan a priori.

Se ha analizado la oferta de la red de transporte de Telecom S.A, sin embargo también existen otras redes públicas de transporte como la ofrecida por la empresa Telefónica S.A denominada Red Privada Virtual IP- MPLS, al respecto, en el sitio de Telefonica, (2018) agrega que esta red está destinada a:

---

<sup>56</sup> MTTR : Maximun Time To Reparation. Tiempo Máximo de Restauración del Servicio:..

<sup>57</sup> TMBF: Medium Time Between Failures. Tiempo Medio entre Fallas.



Empresas con una elevada necesidad de optimizar las inversiones y disminuir sus costos, buscando simplificar de sus operaciones y mantenimiento. Empresas que tienen micro sedes o puntos de ventas y necesitan integrar a una única Red de datos

Corporativa para tener acceso a sistemas comerciales e Internet, logrando la eficiencia de la operación.

## **2.6. Evaluación continua de la calidad de servicio de la red.**

Para la supervisión de las condiciones contractuales celebradas con la TELCO se deberá monitorear a través de un sistema de gestión provisto por la empresa o en su defecto contratado para tal fin, la calidad de servicio brindada realmente por la TELCO.

Así mismo se deberá verificar permanentemente el contrato y las penalidades que se deberían aplicar en caso de incumplimiento. A continuación, se detallan las penalidades más comunes correspondientes a este tipo de contrato y las fallas o anomalías sobre las que dan origen.

### **Conclusiones.**

En este capítulo se trató la calidad de servicio brindada por las empresas de telecomunicaciones y plasmadas en los contratos a través del SLA (nivel de acuerdo de servicio) entre la empresa y el cliente.

La Union Internacional de Telecomunicaciones ha definido la calidad de servicio de las redes mediante la norma ITU E.800 la cual expresa que la calidad de servicio es: *“El efecto global de las prestaciones de un servicio que determinan el grado de satisfacción de un usuario al utilizar dicho servicio”*.

También podemos considerar a la calidad de servicio como el rendimiento promedio de una red de comunicaciones, por ejemplo telefonía, o de computadoras, y en particular considerando el rendimiento desde el punto de vista de los usuarios de la red. La calidad de servicio o QoS de una red garantiza la transmisión de cierta cantidad de información en un tiempo dado con una tasa de errores acotada.



Al celebrar un contrato de servicio de telecomunicaciones con una empresa de telecomunicación para la implementación de una red WAN corporativa la gran cantidad de conceptos y parámetros técnicos se reducen a solo unos pocos, los cuales, se incluyen en el denominado SLA , convenio sobre la calidad de servicio que se compromete la empresa para con el cliente y que forma parte del contrato entre ambos.

Dichas características técnicas se reducen a los siguientes parámetros: pérdida de paquetes, demora o delay, variación de la demora o jitter, ancho de banda del enlace, Ber (Bit Error Rate) o tasa de errores, disponibilidad de la red, tiempo máximo de reparación.

La pérdida de paquetes se origina por causas diversas, las principales son la eliminación de los paquetes por detección de errores al llegar a un nodo final y/o de conmutación; el encaminamiento erróneo; la congestión en los nodos; y las fallas de hardware y/o software en los nodos de conmutación.

La demora en una red de transmisión de datos es el tiempo empleado para transmitir un paquete a lo largo de todo su recorrido desde la estación emisora hasta su recepción en la estación destino. Las causas de la demora o delay pueden ser fijas o variables y responden a las siguientes causas: retrasos en el procesamiento de los paquetes en los nodos de conmutación; retrasos debidos al almacenamiento en los nodos de conmutación, demora en la transmisión en las interfases de los nodos, demora por pérdida de paquetes y demora debida a la propagación de la señal en la línea.

El jitter o variación de la demora de arribo de los paquetes es un factor importante en la transmisión de señales isócronas como la voz y el video. Las causas del jitter son diversas pero las más importantes son: el empleo de rutas diferentes utilizadas por los paquetes de un mismo flujo, congestión en la red y la pérdida transitoria de sincronismo. El jitter a nivel de bits se denomina “delay skew” y se debe a la falta de homogeneidad en la composición de las líneas físicas que componen el cable utilizado para la transmisión paralelo.

Un parámetro que frecuentemente se emplea para describir la calidad de los enlaces es BER o tasa de error de bits, este parámetro se define como el cociente entre la cantidad de

bits recibidos con errores dividida la cantidad total de bits recibidos durante un lapso determinado. La calidad de los enlaces está relacionada con el BER, la norma IEC 60870-3



y la IEC 60801-4 establece que los sistemas que tienen un  $BER = 10^{-9}$  a  $10^{-10}$  son los que presenta una calidad superior, mientras que un enlace con un  $BER = 10^{-3}$  se encuentra en condiciones no aptas para la transmisión digital.

Por otro lado, el ancho de banda de los enlaces es el parámetro principal en la determinación del costo del enlace, y está definido en función de los servicios que debe brindar la red para cada sitio. Si bien es determinante de la performance de los enlaces no debemos confundirlo con la capacidad del canal, siendo ésta la velocidad máxima a la que se pueden transmitir datos en el canal.

Asimismo, para la determinación de la capacidad máxima de transmisión de datos en el canal se deben considerar los siguientes aspectos: la velocidad de transmisión de datos de la fuente o tasa de información, expresada en bits por segundo (bps); el ancho de banda máximo del canal, expresado en Hertz; el nivel medio de ruido a través del camino de transmisión y la tasa de errores.

Para los usuarios o clientes de una red un factor determinante de la calidad de servicio lo constituye la disponibilidad de la red, la cual, se determina en función del tiempo que la misma permanece brindando servicio normal respecto del intervalo total considerado, que generalmente es mensual, semestral o anual.

Una vez detectada una falla total o parcial de un servicio de telecomunicaciones la empresa proveedora de la misma tiene un tiempo máximo para realizar la reparación del servicio. Ese tiempo se denomina “tiempo máximo de reparación” y dependiendo de la zona del país puede oscilar entre cuatro y seis horas.

Estos dos últimos aspectos mencionados están relacionados con el mantenimiento preventivo y correctivo de la red.

Los enunciados hasta aquí constituyen los principales parámetros que describen la calidad de servicios de una red y que deberán considerarse al suscribir un contrato con una Empresa de Telecomunicación. La selección de dichos parámetros para cada enlace configura la calidad de servicio de cada uno, que tiene que estar de acuerdo con los



servicios que se pretende cubrir para cada sitio o dependencia, y en definitiva configurara el costo mensual que el Organismo o Empresa deberá abonar mensualmente a la Empresas de Telecomunicaciones.

Una red ofrece ‘calidad de servicio’ cuando se garantiza el valor de varios de los parámetros anteriormente mencionados. Cabe aclarar que el costo de cada enlace y en definitiva del contrato final corporativo dependerá de estos parámetros.

Por otra parte, si el proveedor no se compromete con ninguno de los parámetros mencionados se dice que ofrece una red cuyo servicio es ‘best effort’, esto significa que la red no brinda ninguna calidad de servicio, como por ejemplo ocurre con las redes IP o Ethernet.

Como se mencionó anteriormente, en la redes que operan sólo con el protocolo IP no existe calidad de servicio, solamente se brinda “best effort”, que en la práctica implica que la red no ofrece ninguna garantía de entrega de los paquetes. A su vez, para incorporar un servicio de calidad se agrega a la red el protocolo MPLS que interpreta el campo ToS (Tipo de Servicio) del datgrama IP y encamina al mismo según ese requerimiento.

No obstante, para implementar esta red MPLS es necesario, en el nivel de enlace del modelo OSI, contar con un protocolo que provea la facilidad de discriminar y encaminar adecuadamente los diferentes flujos de tráfico de datagramas IP. Ese protocolo es el ATM.

En las redes ATM se definen las siguientes categorías de servicio: tasa de bits constante ( Constant Bit Rate,CBR); tasa variable de bits para tiempo real ( Real-Time Variable Bit Rate, rt-VBR); transmisión no en tiempo real, Non-Real-Time (nrt-VBR); tasa disponible de bits ,(Available Bit Rate ,ABR) y la tasa no especificada de bits, (Unspecified Bit Rate ,UBR).

La tasa de bits constante se utiliza para conexiones que requieren un ancho de banda constante, y se emplea especialmente para la transmisión de voz y video en tiempo real no comprimido. La tasa variable de bits para tiempo real está orientada para aplicaciones de tiempo real de voz y video que emplean compresión y por lo tanto las fuentes de datos transmiten a velocidades variables en el tiempo.



El servicio no en tiempo real esta orientado a aplicaciones multimediales que no operan en tiempo real, con comprensión de voz y perdida de silencios o también para sistema informáticos de reserva de aviones, servicio, transacciones bancarias, etc.

La tasa disponible de bits se aplica en la capa ATM y consiste en el control de la tasa de transmisión de la fuente en función del ancho de banda disponible. En este caso la aplicación tiene que tener la posibilidad de controlar su tasa de transmisión para no superar la capacidad del canal y eso se logra controlando el flujo mediante un mecanismo específico. Obviamente este servicio no está orientada a aplicaciones de tiempo real. Durante el establecimiento de una conexión ABR la fuente especifica el máximo ancho de banda requerido y el mínimo utilizable.

Por último el trafico identificado como tasa no especificada de bits es un servicio para aplicaciones que no operan en tiempo real como comunicaciones entre computadores, transferencia de archivos, correo electrónico, etc, que constituyen servicios poco exigentes respecto de todos los anteriores y en consecuencia el más económico dado que aprovecha el remanente de ancho de banda en cada instante.

En las redes comerciales IP/MPLS las empresas de telecomunicaciones agrupan los servicios en clases, como ejemplo en este punto se detallaron las diferentes clases de servicio que brinda una empresa de telecomunicaciones para los enlaces IP/MPLS de su red de transporte, en este caso la empresa seleccionada fue TELECOM de Argentina. Esta empresa ofrece los siguientes tres tipos de clase de servicios:

- Tráfico de Tiempo Real: Especial para servicios multimediales y transmisión de señales isócronas: voz y video. Este servicio es el más exigente para la red de transporte de la TELCO y en consecuencia el de mayor costo.
- Trafico de Misión Crítica: Corresponde a la transmisión de aplicaciones (datos) que deben ser tratados con prioridad por la red. Aquí podríamos incluir las aplicaciones de misión crítica de la empresa, por ejemplo, podrían ser aplicaciones del ámbito comercial el soporte principal de la actividad productiva de dicha empresa.



•Tráfico Estándar: Este tipo de tráfico también es de datos, pero corresponde a aplicaciones que no son de misión crítica o simplemente la navegación en Internet está incluida en general en este grupo.

Una vez definido el ancho de banda de cada enlace IP/MPLS que la empresa requiere para conectar cada sitio que la misma tiene distribuido geográficamente se planifica como se distribuirá el ancho de banda de cada enlace.

Por ejemplo, si un dado sitio requiere un ancho de banda de 2 Mbps una distribución posible podría ser: 40% Tiempo Real (0,8 Mbps), 30% Misión Crítica (0,6 Mbps) y 30% Estándar (0,6 Mbps).

Por otro lado, para cada clase de servicio se analizan exclusivamente tres parámetros: pérdida de paquetes; demora y variación de la demora.

La pérdida de paquetes es un indicador muy importante porque resume los principales parámetros de la red y la performance en general de la misma. En dicho valor se incluyen implícitamente: la tasa de error de los enlaces, o BER, la eficiencia del sistema de conmutación y enrutamiento, la capacidad de los nodos de la red para el procesamiento y/o almacenamiento, el control del congestionamiento, el control de flujo, etc.

Por otro lado la demora y la variación de la misma o jitter están solamente relacionadas con el tráfico multimedia, la transmisión de voz y video.

Otro factor de importancia que determina los costos de los enlaces es el relacionado con la disponibilidad de la red. Este parámetro específico para un dado periodo, por ejemplo, un año, cuánto tiempo el proveedor garantiza que la red (para cada enlace) permanecerá en servicio sin ningún tipo de disminución de los mismos. En caso que el proveedor se exceda del tiempo máximo sin servicio o con servicio parcial para cada enlace se aplicaría la penalidad estipulada en el contrato.

Existen otros parámetros como el Tiempo Máximo de Restauración del Servicio (MTTR) que establece el intervalo máximo que puede quedar sin servicio el enlace, a partir de denunciada la falla a la TELCO. Pasado dicho lapso se deberían aplicar las penalidades contractuales.



### **Capítulo 3. Clausulas particulares y especificaciones técnicas de un contrato de servicio para la provisión de una red corporativa con tecnología IP/MPLS.**

#### **Introducción**

En las contrataciones para la provisión de redes de comunicaciones para vincular dependencias de organismos públicos y/o empresas privadas (en este caso no mandatario) se debe elaborar un pliego de bases y condiciones para la licitación que contenga dos secciones: las cláusulas particulares y las especificaciones técnicas. En las especificaciones técnicas se deberán detallar el SLA, relativo a la calidad de servicio, que el organismo o la empresa exigen al proveedor y las penalidades por su incumplimiento total o parcial.

#### **3.1. Penalidades por incumplimientos del SLA contractual.**

Analizaremos las principales penalidades aplicables en una relación contractual en la cual un cliente (empresa) implementa su red corporativa a través de una red de transporte pública de una TELCO.

Cada sitio de la red empresarial se conecta a la red de transporte mediante un acceso IP/MPLS, pero además tiene acceso a Internet a través del mismo en forma centralizada.

A continuación, se describirán las penalidades más frecuentes en este tipo de contratos:

##### **3.1.1. Penalidades por Incumplimiento del plazo de ejecución de las instalaciones de los enlaces a cada sitio y la puesta en servicio de la red.**

Si vencido el plazo de entrega, más las prórrogas si las hubiera, el adjudicatario no cumpliera con el cronograma de puesta en marcha, se le debería aplicar una multa que en general se encuentra comprendida alrededor del DIEZ POR CIENTO 10 % del abono mensual del enlace no habilitado cotizado, por cada día corrido de atraso.



Cuando hubiese causas de fuerza mayor (huelgas, falta prolongada e imprevisible de materiales, impedimentos municipales y/o provinciales etc.) que puedan justificar una ampliación de los plazos contractuales, el adjudicatario deberá comunicar fehacientemente la situación, dentro de un periodo que generalmente es de TRES (3) días hábiles producida la causa.

### **3.1.2. Penalidades por Incumplimiento de los plazos de reposición del servicio.**

Una vez efectuado el reclamo por cualquier medio fehaciente, el prestador del servicio envía al cliente la notificación de aceptación del reclamo vía fax, u otro medio fehaciente indicado en la oferta, incluyendo en dicha notificación un n° de reclamo.

A partir de la fecha y hora indicada en el reclamo, se computa el tiempo de reposición del servicio. Producida la normalización del sistema, la contratista lo comunicará al cliente por el mismo medio. Lo expresado precedentemente es la base para el cálculo de las multas o penalidades que corresponden.

Mensualmente el adjudicatario efectúa una evaluación de la disponibilidad de los enlaces, y servicios ponderando la disponibilidad porcentual según se indica en pliego, dicha evaluación la eleva al cliente mensualmente.

En caso de excederse lo establecido en el pliego de licitación, se aplica una multa, “Penalidades por anomalías”, sobre el abono mensual, por enlace y/o servicio contratado.

### **3.1.3. Penalidades por Incumplimiento en la prestación del servicio durante la vigencia del contrato.**

Se considerará “sin servicio” un enlace cuando se verifiquen alguna de las siguientes anomalías:

- Disminución del ancho de banda de un enlace.
- Caída total o parcial (intermitente) del enlace.
- Tasa de error superior a la especificada en el contrato (en general BER 10 -7)



- Imposibilidad de operar con todos o alguno de los servicios contratados (voz, videoconferencia, datos, Internet, etc.)

En la figura 12 se establecen ejemplos de penalidades por incumplimientos del servicio a prestar. Por otro lado, se debe considerar que cuando la indisponibilidad de un enlace o servicio resulte en más de 72 horas, en forma alternada, en el término de 7 días corridos, los montos de descuentos se incrementarán en un porcentaje que generalmente es aproximadamente del 25 o 30 %.

El adjudicatario no es responsable por incumplimiento debido a causas de fuerza mayor en los términos de los artículos 513 y 514 del Código Civil. Debiendo en este caso el prestador comunicar fehacientemente al prestatario antes que se cumplan las condiciones de indisponibilidad señaladas. Ante la disminución en el ancho de banda del servicio Full Internet contratado, el adjudicatario es pasible de una multa que es un porcentaje del abono mensual cotizado por cada día en el que se incurriere en dicha falta, (generalmente del 10 al 15 %), sin importar la cantidad de horas diarias en las que la falta hubiere sucedido.

### **3.2. Rescisión del Contrato**

También en estos contratos se incluye la cláusula de rescisión del mismo siendo las causales más comunes las indicadas a continuación, lo cual faculta al cliente a rescindir el contrato por justa causa:

El incumplimiento de las condiciones de operación en el servicio, en la conectividad como en el ancho de banda, en ocasiones consecutivas, lo usual es considerar tres incumplimientos máximos, durante una misma semana (contada a partir de la primera ocasión), cada una de ellas informada fehacientemente al adjudicatario. Las ocasiones deben estar separadas entre sí como mínimo varias horas, en general se estipulan 5 o 6 horas. En ese caso, si el cliente considera necesario tomar esa opción, debe comunicar al adjudicatario la decisión dentro de las 72 horas de producirse los incumplimientos mencionados.



	<u>DESCRIPCION DE LA ANORMALIDAD</u>	<u>PENALIDAD</u>	<u>OBSERVACIONES</u>
1	Puesta fuera de servicio de un enlace de un NODO por más de 4 horas y hasta 24 hs, por fallas del equipamiento y/o caída del vínculo.	10 %	Los porcentajes de las penalidades se refieren a descuentos en por cientos sobre el total del abono mensual de la línea.
2	No se pueda operar en un enlace de un NODO con todos o alguno de los servicios contratados (voz, videoconferencia y datos), por más de 4 horas y hasta 24 hs, por fallas del equipamiento y/o dificultades en el vínculo.	10 %	
3	Puesta fuera de servicio en el enlace de un NODO por más de 24 horas (por día fuera de servicio, o fracción de día y por cada enlace), sea por fallas de equipamiento y/o caída del vínculo.	20 %	
4	No se pueda operar en un enlace de un NODO con todos o alguno de los servicios contratados (voz, videoconferencia, datos, Internet), por más de 24 hs, por fallas del equipamiento y/o dificultades en el vínculo.	20 %	
5	Falta de atención en el Centro de Asistencia Técnica al Usuario, por más de una hora por día.	0,50 %	Sobre el abono total de las líneas.
6	Puesta fuera de servicio del enlace con INTERNET de la red del cliente por más de 4 horas y hasta 24 hs, por fallas del equipamiento y/o caída del vínculo.	10 %	Los porcentajes de las penalidades se refieren a descuentos en por cientos sobre el abono mensual, por día de inconvenientes o fracción del enlace a Internet.



7	Puesta fuera de servicio del enlace a INTERNET de la red del cliente por más de 24 hs, por fallas del equipamiento y/o caída del vínculo, por día fuera de servicio o fracción de día.	20 %	
---	--	------	--

**Figura 12 : Penalidades por incumplimiento de prestaciones de servicio**

**Fuente Propia.**

### **3.3. Clausulas Particulares del Pliego de Bases y Condiciones**

Se detallan a continuación el alcance de las principales cláusulas que conforman el Pliego de Bases y Condiciones (PBC).

#### **3.3.1.Objeto.**

Se especifica la contratación de los enlaces para los diferentes destinos del organismo o empresa con tecnología elegida, en la mayoría de los casos, IP/MPLS. También se indica el acceso a Internet en forma centralizada y en algunas licitaciones se incluye una red de backup<sup>58</sup>.

#### **3.3.2. Dependencia.**

Se indica el departamento o dirección de la cual dependerá la red, como así también, será quien efectuará el control del cumplimiento del SLA contractual.

<sup>58</sup> RED DE BACKUP: Esta red opera ante caída de algún enlace de la red principal.



### **3.3.3. Plazo para el cumplimiento de la prestación y duración del contrato.**

El plazo de ejecución será el que se detalla en la planilla de plazos y servicios. Los días y horarios serán, previamente, convenidos con quien ejerza la supervisión.

Dentro del término contractual, el contratista deberá contemplar, a los fines del cumplimiento en tiempo de sus obligaciones, las restricciones que pudieran generarse como consecuencia del funcionamiento de las dependencias y tareas propias del organismo o empresa.

El incumplimiento de estos plazos dará lugar a las penalidades que correspondieren, de acuerdo con lo previsto en el presente pliego y demás normativa aplicable.

### **3.3.4. Visita a las sedes del organismo o empresa.**

Dado que el Oferente deberá efectuar instalaciones de equipos, montantes, acometidas, etc, en cada sede es conveniente incluir una visita obligatoria a cada edificio/sede. Los oferentes deberán realizar un relevamiento de cada instalación a fin de verificar y evaluar convenientemente el estado actual de los trabajos que deben realizarse en forma previa, así como las condiciones de trabajo a las que deban adaptarse.

La empresa contratista no podrá alegar desconocimiento del estado del lugar en el que deben desarrollar sus tareas. Cabe destacar que, en caso de que sea obligatoria la visita, la no realización de esta ocasionará la desestimación de la oferta, en tanto constituye una condición de admisibilidad de la misma.

### **3.3.5. Consultas técnicas previas a la oferta.**



Ante cualquier tipo de duda, error u omisión, el oferente podrá evacuar las consultas que considere necesarias en forma escrita ante el organismo contratante, en el plazo y en la dirección señalada en el PBC.

### **3.3.6. Presentación de las ofertas.**

La presentación de la oferta significará de parte del oferente el pleno conocimiento y aceptación de las normas y cláusulas que rijan el presente procedimiento de selección.

La oferta deberá cumplir con los requerimientos establecidos en las “Condiciones Generales de la Oferta y del Oferente”, en las “Condiciones de la Oferta Económica”.

En este punto el PBC debe indicar claramente cómo se pretende que el oferente presente la oferta, existiendo las siguientes variantes:

- a. Todos los enlaces IP/MPLS de la red incluidos en único renglón, en un segundo renglón el acceso a Internet y en el tercero la red de backup.
- b. Un renglón por cada enlace, otro por el acceso a Internet y otro por la red de backup.

### **3.3.7. Condiciones generales de la oferta y del oferente.**

Las ofertas se deberán ajustar según los siguientes aspectos:

Serán redactadas en idioma nacional y deberán encontrarse foliadas en todas sus fojas, y deberán estar firmadas por el oferente o su representante legal autorizado. Las enmiendas y raspaduras en partes esenciales de las propuestas deberán ser debidamente salvadas por el oferente o su representante legal autorizado.

Las ofertas deberán contener las constancias de la documentación requerida en las especificaciones técnicas, la constancia de constitución de la garantía de la oferta, en el caso en que fuese exigible, la constancia de visita, la declaración jurada de habilidad para contratar.



El oferente deberá completar la “Planilla de cotización”, que debe formar parte del PBC. La cotización deberá presentarse de acuerdo con lo previsto en las especificaciones técnicas y completarse con cada uno de los datos solicitados, haciendo constar el precio unitario y total, cierto, en letras y números.

La moneda de cotización puede ser en pesos o en dólares de EEUU. Por tratarse de una red de comunicaciones en la cual más del 70% del costo es debido a insumos y equipamiento importado es conveniente solicitar la cotización en dólares de EEUU a efectos de evitar las fluctuaciones en la cotización y los sobrepagos que las TELCOs pueden incurrir para cubrirse ante futuras devaluaciones de la moneda local.

### **3.3.8. Mantenimiento de la oferta.**

En general para este tipo de licitación se establece un periodo de mantenimiento de la oferta de noventa (90) días corridos a contar desde la fecha de apertura de las propuestas. El mantenimiento de la oferta se podrá renovar automáticamente por igual plazo, según los reglamentos internos de los organismos.

### **3.3.9. Garantías.**

En este punto los oferentes o los adjudicatarios deberán constituir las siguientes garantías según lo requiera el organismo o empresa:

***Garantía por mantenimiento de la oferta;*** un valor típico es cinco por ciento (5%) del monto total de la oferta. En el caso de cotizar con descuentos, la garantía se calculará sobre el mayor monto propuesto.

***Garantía por cumplimiento del contrato;*** los oferentes adjudicados, deben presentar una garantía equivalente en general al diez por ciento (10%) del monto total del contrato.

### **3.3.10. Criterios de evaluación y selección de las ofertas.**



Previo a la evaluación económica de las ofertas, se analiza la información aportada por los oferentes a fin de determinar el cumplimiento de las especificaciones de cada renglón y las cláusulas del pliego con el propósito de considerar la admisibilidad de las ofertas.

Con las empresas consideradas admisibles y convenientes, se confecciona un cuadro comparativo de precios, y se determinará el orden de mérito teniendo en cuenta el precio, la calidad y la idoneidad del oferente.

En organismos del estado se aplican las leyes de Compra a MIPYME y Compre Trabajo Argentino (arts. 112 del Reglamento aprobado por la Resolución CM N° 254/15 y 8 del Pliego Único de Bases y Condiciones, Anexo II de la Resolución CM N° 254/15) en los casos que corresponda.

Se elabora un dictamen de pre-adjudicación que se notifica en forma fehaciente a todos los oferentes mediante correo electrónico o notificación electrónica. Los interesados pueden formular impugnaciones al dictamen dentro de los cinco (5) días hábiles de su notificación.

### **3.3.11. Adjudicación.**

La adjudicación se notifica a todos los oferentes en general dentro de los tres (3) días a contarse desde el dictado del acto respectivo por los medios de notificación previstos.

### **3.3.12. Supervisión de la prestación.**

La supervisión de la prestación del servicio de comunicaciones de la red estará a cargo de las personas que se indiquen expresamente en el PBC, quienes verificarán el cumplimiento por parte del contratista en un todo de acuerdo con las especificaciones técnicas.



Los días y horarios durante los cuales podrán realizarse las tareas serán convenidos con la supervisión, no pudiendo el contratista comenzar tarea alguna o realizar la entrega sin la previa autorización de la misma.

En el caso de los servicios, el contratista deberá solicitar inspecciones a la supervisión en los períodos en que mejor se pueda observar la marcha de los trabajos y controlar la calidad de los materiales, siendo obligatorias las inspecciones en las oportunidades que se indican en el anexo a las presentes cláusulas.

Los gastos necesarios para la concreción de todas las pruebas serán por cuenta del contratista, quien también deberá facilitar todos los instrumentos necesarios para verificar su resultado.

Ante la presencia de cualquier elemento que resultare defectuoso éste será removido, reemplazado y ensayado por el contratista, sin cargo alguno. En su caso, se efectuarán las inspecciones de los trabajos de acuerdo con la Ley de Higiene y Seguridad en el Trabajo.

### **3.3.13. Lugar de entrega.**

Para la provisión del material se debe indicar expresamente el lugar establecido en la Planilla de Oferta de las especificaciones técnicas.

### **3.3.14. Responsabilidades.**

En general en este punto los organismos o empresas aclaran que no se responsabilizan por el riesgo que puedan generar los servicios prestados por el contratista, ni por ninguna reclamación de terceros en virtud de éstos, siendo el contratista en todos los casos el único responsable.

El contratista de los trabajos es el único responsable por pérdidas, averías, roturas o sustracciones que, por cualquier circunstancia (imputables o no a su personal), se produzcan



en las tareas contratadas en la zona de los trabajos, con los materiales acopiados y por la vigilancia que se requiera.

Asimismo, en el caso de la prestación de servicios será responsable: por el cumplimiento de la Ley 24.557 y demás normativa vinculada.

Para el cumplimiento de la prestación y ejecución de las tareas deberá darse estricto cumplimiento a los requisitos establecidos en la Ley de Riesgos del Trabajo N° 24.557, el/los Convenios Colectivos de Trabajo que resultan aplicables, la Ley de Higiene y Seguridad en el Trabajo N° 19.587 y su Decreto Reglamentario de Higiene y Seguridad N° 911/96, así como a todas las normas reglamentarias vigentes vinculadas con la materia.

El cumplimiento de la normativa antes referida es condición ineludible para el inicio de la ejecución de las tareas y/o servicios previstos en el objeto del contrato, y su

incumplimiento comprobado –en cualquier tramo del plazo contractual- podrá constituir causal de rescisión por culpa del contratista.

A tal efecto, deberá contar en su plantel con un profesional con título habilitante en Higiene y Seguridad que inspeccionará, en forma mensual, las instalaciones y las condiciones de trabajo del personal de la contratista que allí se desempeñe. La contratista deberá presentar constancia actualizada de la matrícula habilitante de dicho profesional ante el Supervisor de los trabajos.

La contratista deberá además acreditar previo al inicio de las tareas los siguientes requerimientos:

- Contrato de afiliación a Aseguradora de riesgo de trabajo (ART), con certificación de firmas y personería de quienes suscriban la misma y la Contratista.
- Nómina de personal asegurado a la ART.



- Plan de Seguridad aprobado por la ART
- Constancia de inicio de obra ante la ART.
- Certificado de cumplimiento de aportes previsionales, correspondiente al Responsable de Seguridad e Higiene, pago de matrícula anual.

Para el caso de contratistas o subcontratistas que revistan en la categoría de autónomos, deberá otorgarse un seguro de accidentes personales que incluya, como mínimo, la muerte, incapacidad total permanente, incapacidad parcial permanente, riesgos in itinere y será por una suma mínima por persona asegurada, igual al monto indemnizatorio que la Ley de Riesgos de trabajo fija para muerte del trabajador. La póliza deberá ser presentada dentro de los dos (2) días de recibido la notificación de la adjudicación, y se consignará como parte asegurada exclusivamente al organismo o empresa, bajo apercibimiento de proceder a la rescisión del contrato.

Todas las pólizas y sus respectivos endosos deberán ser presentadas en original y tener las firmas certificadas por Escribano Público. Asimismo, el Contratista deberá acreditar el pago total de las coberturas con la presentación del recibo oficial otorgado por la respectiva Compañía de Seguros; en el supuesto que el Contratista, en su calidad de tomador del seguro, pacte con la compañía aseguradora un plan de pagos para la cancelación de las primas, corresponderá que acredite la realización de los respectivos pagos, con los recibos oficiales que otorgue el asegurador a medida que se produzcan los respectivos vencimientos.

### **3.3.15. Confidencialidad.**

En el caso de que correspondiera el adjudicatario se comprometerá formalmente a mantener en reserva y a no divulgar o poner en conocimiento de terceros toda la documentación que llegue directa o indirectamente a su poder como consecuencia del servicio prestado. A tal fin preparará a su personal para que responda adecuadamente al compromiso antedicho.



### **3.3.16. Recepción provisoria y definitiva de la obra.**

La recepción provisoria y definitiva se realiza conforme a los requisitos establecidos en la reglamentación establecida al efecto por el organismo o empresa, los cuales generalmente se detallan en el anexo a las cláusulas y en las especificaciones técnicas.

La recepción provisoria y definitiva se otorgará mediante documento suscripto por quien ejerza la supervisión, indicando la fecha, firma y sello aclaratorio.

### **3.3.17. Facturación y pago.**

En esta cláusula se indica la modalidad de presentación de las facturas mensuales, por ejemplo “las facturas se presentarán de lunes a viernes, en el horario y lugar establecido en el anexo a las presentes cláusulas, debiendo adjuntarse a ellas la conformidad de la recepción definitiva”.

En el caso de estipularse pagos parciales se efectuará de acuerdo con lo establecido en las cláusulas particulares establecidas al efecto.

### **3.3.18. Penalidades.**

En este clausulas se deben detallan las penalidades por incumplimiento total o parcial del contrato. Este aspecto del contrato se ha desarrollado en el punto 2.7 del presente trabajo final.



### **3.3.19. Conocimiento de reglamentaciones nacionales, provinciales y municipales.**

En el caso de organismos del Estado, por el sólo hecho de presentarse a este procedimiento de contratación el contratista declara que conoce y dará estricto cumplimiento a las normativas nacionales, provinciales y municipales vigentes que regulen la materia, como asimismo los correspondientes a Servicios Públicos nacionales, provinciales o privados, se encuentren o no referidos en el pliego y a todo otro reglamento técnico que sea de aplicación.

### **3.3.20. Garantía de la prestación.**

La garantía de la prestación tendrá un plazo mínimo, contado a partir de la fecha de la recepción definitiva. Vencido este plazo se devolverá la garantía de cumplimiento de contrato, generalmente ese plazo es de 12 meses.

### **3.3.21. Seguro de responsabilidad civil.**

En el caso de que correspondiera, el contratista deberá contratar un seguro integrado por los siguientes rubros: Responsabilidad Civil comprensivo de Daños a terceros, Robo e Incendio por un monto de pesos equivalente, como mínimo, al monto del contrato.

La póliza deberá ser presentada dentro de un periodo establecido y su vigencia deberá extenderse hasta la extinción de la totalidad de las obligaciones contractualmente asumidas.

Todas las pólizas y sus respectivos endosos deberán ser presentadas en original y tener las firmas certificadas por Escribano Público.

### **3.3.22. Régimen legal aplicable.**

En esta cláusula se detalla el régimen legal vigente que rige las cuestiones no expresamente tratadas en las cláusulas particulares.



### 3.4. Especificaciones técnicas del Pliego de Bases y Condiciones (licitación del PJN).

Se transcriben a continuación las especificaciones técnicas del Pliego de Licitación del Poder Judicial de la Nación (Consejo de la Magistratura), cuyo objetivo es:

*“CONTRATACIÓN DE SERVICIOS DE ACCESO FULL INTERNET, CON DESTINO A DIVERSAS DEPENDENCIAS DEL CONSEJO DE LA MAGISTRATURA, SERVICIO DETECCIÓN Y MITIGACION DE ATAQUES DE DENEGACION DE SERVICIO DISTRIBUIDOS (DDOS), PROVISIÓN, IMPLEMENTACIÓN Y PUESTA EN MARCHA DEL SERVICIO PRIMARIO DE TRANSMISIÓN DE DATOS MEDIANTE UNA RED DIGITAL SIMÉTRICA MPLS, DE ACUERDO CON LAS ESPECIFICACIONES TÉCNICAS Y CARACTERÍSTICAS QUE MÁS ADELANTE SE DETALLAN”*

#### **ARTÍCULO 1º. - COTIZACIÓN**

En este artículo del pliego de Licitación Pública se incluye una tabla en la cual se detallan las sedes y direcciones, además de indicarse el ancho de banda solicitado para cada enlace. Se ha eliminado por razones de confidencialidad las direcciones y destinos, como así también, se minimizó la cantidad de renglones de la tabla original.

En la tabla se incluyen renglones que abarcan los siguientes ítems:

***Servicio de acceso a Internet:*** El acceso a la red Internet se establece en forma centralizada a través de un único punto de acceso ubicado en el nodo central de la red. Desde allí se distribuye por los enlaces IP/MPLS hacia cada sede del organismo.

***Servicio de detección y mitigación, DDoS<sup>59</sup>:*** Servicio de seguridad informática que neutraliza los ataques denominados “denegación de servicio distribuido”, consistentes en la saturación de los puertos con múltiples flujos de información, haciendo que los servidores

---

<sup>59</sup> DDoS: Distributed Denial of Service



atacados no puedan seguir prestando su servicio al no poder atender a la cantidad enorme de solicitudes.

**Servicio de acceso a las sedes, por provincia y localidad:** Constituyen los enlaces IP/MPLS de la red corporativa del organismo.

La cotización será presentada en los renglones detallados en la tabla 1 siguiente:

**Tabla 1**

REGLON	DESCRIPCIÓN / DIRECCIÓN			VELOCIDAD Mbps
1	Ítem I	Servicio de acceso full Internet	Dirección	500
	Ítem II	Servicio detección y mitigación(DDos)	N/A	
2	Ítem I	Servicio de acceso full Internet	Dirección	300
	Ítem II	Servicio detección y mitigación(DDos)	N/A	
3	Servicio de acceso full Internet.		Dirección	30



4	Servicio de acceso full Internet.		Direccion	50
5	Servicio de acceso full Internet.		Direccion	30
6	Servicio de acceso full Internet.		Direccion	50
7	Provincia	Ciudad	Direccion	20
n	Provincia	Ciudad	Direccion	10

## **ARTÍCULO 2.- DISPOSICIONES GENERALES DEL SERVICIO**

### **3.4.1. Características del tráfico**

Los protocolos mínimos que transportar serán de la familia IPv4 y IPv6 (TCP, UDP, ICMP, etc.) para brindar transporte de aplicaciones que se basan en tales protocolos.

No deberá existir en ningún tramo de la red filtros de ninguna clase que imposibiliten la transmisión de protocolos de capa 7<sup>60</sup>.

No deberá existir información no IP dentro de la RED WAN originada por alguna de las redes LAN conectadas a los nodos y/o conexiones “LAN EXTENDER”.

Todos los caminos posibles de la red deberán permitir el paso de paquetes ICMP en cualquier sentido.

---

<sup>60</sup> CAPA 7: Es la capa de aplicación del modelo de interconexión OSI.



Los tamaños de paquetes a transmitir en todos los nodos serán un máximo de 1518 Bytes.

### **3.4.2. Control de ancho de banda y retardos**

Para el control del ancho de banda el Poder Judicial de la Nación tendrá la facultad de realizar una medición diaria con la herramienta de control tcp, la cual no será inferior a 2 minutos y mayor a 10 minutos de carga, con paquetes RAW tcp. -dicha herramienta esta implementada en una amplia gama de equipamiento de red - .

El test será realizado a la interfaz LAN del dispositivo, si éste cuenta con dicha herramienta, de lo contrario será realizado contra una interfaz LAN conectada a la red interior del Sitio.

### **3.4.3. SLA – Service Level Agreement**

Para la disponibilidad del servicio:

Si durante el periodo de prestación de servicio el Poder Judicial de la Nación adquiriera un software de control y monitoreo de red propio, éste organismo tendrá la facultad de sumar esta herramienta con los mismos estándares y protocolos de medición que realizara la solución del Adjudicatario como alternativa en la medición del cumplimiento del SLA requerido.

Para la calidad del Servicio en los nodos primarios:

El Poder Judicial de la Nación tendrá la facultad de medir los siguientes estados para verificar la calidad del servicio suministrado:

- El ancho de banda disponible.
- El estado de la calidad de servicio de los canales.
- El estado de los retardos suministrados por los enlaces.



- Los tamaños máximos de los paquetes, que cada enlace es capaz de transmitir.

Para todos los casos descriptos en este punto el incumplimiento de cualquiera de los mismos será tomado como incumplimiento de la disponibilidad requerida en el punto 2.4.1.

#### **3.4.4. Garantía**

Los plazos de garantía, modalidad y tiempos de respuesta se indican en la **“Planilla de Plazos y Servicios”**.

Todos los servicios a los que está obligado a realizar el Adjudicatario para cumplir con lo indicado en el siguiente detalle serán sin costo para el Poder Judicial de la Nación.

Ante una falla en la operación del sistema, el Poder Judicial de la Nación realizará la primera intervención. De ser necesario se requerirá la presencia del Adjudicatario.

El servicio de garantía de buen funcionamiento requerido alcanza a cualquier tipo de desperfecto, funcionamiento anormal, o fuera de servicio total o parcial, que ocurra sobre los bienes objeto de la presente, durante el plazo previsto para éste Apartado y cualquiera fuese la causa que origine el desperfecto, funcionamiento anormal, o fuera de servicio, total o parcial.

El adjudicatario será responsable por el buen funcionamiento del producto, en lo que hace a las partes y a los componentes del equipo instalado por el plazo de duración del contrato, y conforme a lo establecido en el presente pliego.

A los fines de la GARANTIA DE BUEN FUNCIONAMIENTO, la totalidad de la garantía de adjudicación, deberá mantenerse hasta la finalización del contrato, no procediendo la devolución parcial de las garantías de adjudicación.

#### **3.4.5. Disponibilidad del servicio**



La disponibilidad de conexión de cada enlace primario en términos mensuales deberá ser de 99.5% y en términos anuales de 99.7%.

La disponibilidad del software de Gestión de red deberá ser del 99.8% medidos mensualmente.

La disponibilidad del enlace a Casa Central deberá ser no menor al 99.7% medidos en términos mensuales.

La disponibilidad de los enlaces será medida en la terminal del router de última milla conectada a la LAN del Site, quedando descartadas mediciones internas parciales o mediciones de los enlaces físicos.

El Adjudicatario deberá informar el procedimiento/aplicación a utilizar para medir la disponibilidad del enlace.

La Tasa de error será de una tolerancia máxima de un bit errado cada  $10^7$  bits transmitidos.

El Tiempo Mínimo Medio entre Fallas (MTmBF) por mes será de 30 Horas.

El Tiempo Mínimo entre Fallas (TmBF) por mes será de 15 Horas.

El Tiempo Máximo de Restauración del Servicio (TMRS) para cualquier nodo primario será menor a 4 horas en el ámbito de Capital Federal, de 6 horas para el área Metropolitana de Buenos Aires (AMBA) y 8 horas para el resto del país.

#### **3.4.6. Procedimiento para el reporte y seguimiento de incidentes**

Los reportes y el seguimiento de los incidentes se sujetarán a lo siguiente:

- Se deberá proveer un portal Web para el inicio y seguimiento de incidentes.
- Se deberá asignar asimismo una dirección de correo electrónico, un número de atención telefónico y un número fax.
- La denuncia de inicio y el posterior seguimiento se realizará por medio del portal Web provisto por el Adjudicatario.



- Alternativa o paralelamente podrá notificarse por correo electrónico, telefónicamente o fax.
- El Poder Judicial de la Nación notificará las anomalías que se presenten incluyendo la siguiente información:
  - Fecha y hora de denuncia del incidente
  - Descripción del problema.
  - Domicilio de la dependencia afectada
  - Nivel de gravedad de la falla.
  - Contacto para el Adjudicatario en la dependencia damnificada.

Completado el inicio del incidente el sistema o el operador asignará un número de identificación.

Ante cada notificación y durante el seguimiento el Adjudicatario deberá registrar en el sistema, según corresponda, la siguiente información:

- Número de Identificación del Incidente
- Descripción detallada del problema
- Personal que se asignó para la resolución del mismo.
- Causa y solución propuesta.
- Problemas que se presentaron durante la resolución.
- Documentación adjunta de los cambios hechos.
- Recomendaciones.
- Fecha y hora de resolución.

### **3.4.7. Tiempos de respuesta y de reparación**



**Tiempo de Respuesta:** Es el tiempo transcurrido entre la comunicación al Adjudicatario de la existencia del mal funcionamiento del/los enlace/s por parte del Poder Judicial de la Nación (llamada de servicio) y la llegada del personal técnico del Adjudicatario para realizar la reparación respectiva o encaminar su solución.

**Tiempo de Solución:** Es el tiempo transcurrido desde la llegada del personal técnico del Adjudicatario al lugar de la falla, en el cumplimiento de los términos establecidos en los “Tiempos de Respuesta” y la puesta en funcionamiento del/los enlace/s.

#### **3.4.8. Relevamientos**

El Oferente podrá relevar los puntos a interconectar. Si como resultado de dicha revisión se requirieran cambios tecnológicos para brindar el servicio propuesto; dichos cambios deberán ser integrados y detallados en su propuesta.

#### **3.4.9. Ingeniería**

Corresponde a las tareas destinadas a la optimización de los planes existentes y al aprovechamiento de las facilidades del servicio adquirido.

El Poder Judicial de la Nación pondrá a disposición la información técnica sobre la configuración de la red actual, los enlaces existentes y el anteproyecto de renovación.

El Adjudicatario deberá emitir un informe junto con la propuesta técnica que proponga:

Actividades:

- configuración de la red a implementar



- detalle de las instalaciones a realizar
- esquema de direccionamiento
- instrucciones para la instalación y puesta en servicio
- propuesta del plan de entrega e instalación de los equipos y enlaces en cada sitio

Tiempos:

El Adjudicatario deberá presentar un Plan de Trabajo en formato de diagrama de Gantt bajo el supuesto de la implantación total, que permita al Poder Judicial de la Nación apreciar los tiempos y etapas involucrados para concretar la solución propuesta, integrando las etapas de implementación que permitan individualizar las tareas que las conforman, su duración y consignando los siguientes hitos:

- Fecha de disponibilidad el equipamiento para la instalación por parte del Adjudicatario en cada sitio.
- Fecha efectiva de finalización de la instalación en cada punto.
- Fecha de puesta en marcha del enlace en cada punto.
- Fecha de prueba y aceptación de cada punto.

### **3.4.10. Instalación**

Comprenderá las siguientes actividades:

#### **3.4.10.1. Acometida al sitio de instalación**

La acometida, tanto aérea como subterránea que resulte necesaria se ejecutará en el lugar que expresamente autorice el Área de Redes, del Departamento de Ingeniería y Comunicaciones de la Dirección General de Tecnología del Poder Judicial de la Nación.

En el caso de que fuera necesaria la instalación de mástiles, torres u otro elemento de soporte, estos deberán ser provistos por el Adjudicatario.



#### **3.4.10.2. Canalizaciones**

Será responsabilidad del Adjudicatario la ejecución de las canalizaciones desde el punto de acceso al edificio hasta el encuentro con las canalizaciones internas para todos los nodos.

#### **3.4.10.3. Cableado**

Se proveerán la totalidad de cables, conectores y demás elementos accesorios necesarios para la correcta instalación y funcionamiento.

Todo el cableado será identificado en cajas de pase, en bandejas verticales en cada planta, en bandejas horizontales cada 6 metros, y a la salida o llegada a cualquier punto de interconexión.

El Adjudicatario deberá verificar el estado de las protecciones eléctricas y atmosféricas, y la conexión de la puesta a tierra, en caso de que las mismas no sean adecuadas procederá a su modificación y/o instalación nueva, sin que ello involucre mayores costos para la Poder Judicial de la Nación.

No se reconocerán inconvenientes técnicos en el funcionamiento de la red fundamentados en deficiencias de la “puesta a tierra” y/o protecciones atmosféricas inadecuadas.

El Oferente debe detallar ampliamente el método y equipamiento a emplear para concretar la conexión requerida, el que se considerará incluido en la oferta. La misma deberá especificar explícitamente si el enlace tiene tramos aéreos externos.

El Adjudicatario será el responsable de la instalación de conexión a tierra, protección atmosférica y eléctrica para la totalidad del equipamiento de conectividad que instale con motivo de la implementación de la red producto de la presente licitación.

#### **3.4.10.4. Protocolo de Aceptación**



El protocolo de aceptación de los enlaces está basado en las tareas siguientes tareas necesarios para la verificación del cumplimiento de lo requerido:

- Verificación de la correcta instalación de las acometidas, canalizaciones y cableados.
- Verificación de la correcta instalación del equipamiento necesario dentro de los racks o lugares asignados por el Poder Judicial de la Nación.
- Verificación técnica del equipamiento suministrado para constatar el cumplimiento de lo especificado en el presente pliego.
- Verificación de la correcta configuración del servicio de encriptación para cumplir con los requerimientos de seguridad.

#### **Control del tráfico:**

- Realización de testeos de tráfico IP con destino a “Casa Central” realizados por medio de una transferencia ftp de 10Mb y una comunicación telnet, Testeo de tamaños máximos de paquetes mediante el software tcp enviando el tráfico a “Casa Central” y Testeo de tráfico ICMP hacia “Casa Central” mediante echo-ping y traceroute.
- Verificación del cumplimiento de la calidad del servicio mediante una comunicación SIP con protocolo itu g711 64Kb/s solapándose con una transferencia de FTP.
- Verificación de la correcta configuración del nuevo enlace en el software de gestión suministrado por el adjudicatario.

El presente protocolo debe ser realizado una vez que el Adjudicatario informe la finalización de la instalación de un enlace.

#### **3.4.10.5. Documentación Técnica**



Toda la documentación se entregará en CD con archivos en formato PDF y copias en papel encarpetadas, en cuatro copias.

En la oferta técnica se deberán incluir los folletos de todos los equipos ofrecidos

Completada la instalación se deberá incluir los manuales completos de todos los equipos incluidos en el servicio, además se debe proveer el Proyecto de detalle de las instalaciones, el diagrama y las planillas de las instalaciones totalmente “Conforme a Obra”.

## **Conclusiones.**

En el capítulo anterior hemos analizado los principales parámetros que se deben considerar en la calidad de servicio de las redes teleinformáticas, y su incidencia en el SLA contractual. En este capítulo se detallaron las principales penalidades aplicables en una relación contractual en la cual el cliente (empresa) implementa su red corporativa a través de una red de transporte pública de una TELCO.

Dichas penalidades se pueden presentar por: incumplimiento del plazo de ejecución de las instalaciones de los enlaces a cada sitio; demora en la puesta en servicio de la red; por incumplimiento de los plazos de reposición del servicio e incumplimiento en la prestación del servicio durante la vigencia del contrato. Las penalidades pueden derivar en caso extremo en la rescisión del contrato.

En las contrataciones para la provisión de redes de comunicaciones para vincular dependencias de organismos públicos y/o empresas privadas (en este caso no mandatario) se debe elaborar un pliego de bases y condiciones (PBC) para la licitación que contenga dos secciones: las cláusulas particulares y las especificaciones técnicas.

Al efecto, se detallaron las cláusulas particulares y las especificaciones técnicas del PBC correspondiente a la licitación pública del Consejo de la Magistratura, dependiente del Poder



Judicial de la Nación. El objetivo del pliego es “contratación de servicios de acceso full internet, con destino a diversas dependencias del Consejo de la Magistratura, servicio detección y mitigación de ataques de denegación de servicio distribuidos, provisión, implementación y puesta en marcha del servicio primario de transmisión de datos mediante una red digital simétrica MPLS”.

En el análisis del PBC tomado como ejemplo se trataron los factores descriptos, inherentes a la calidad de servicio, descriptos en este capítulo.

### **Conclusiones finales.**

Las empresas y organizaciones publicas que no disponen de redes corporativas propias para la vinculacion de sus dependencias remotas, en muchos casos, y por razones económicas utilizan exclusivamente la red Internet sin ningun tipo de seguridad o implementan enlaces VPN en el mejor de los casos. Sin embargo, la mayoría de las empresas u organismos constituyen redes propias corporativas mediante la contratacion de las redes de transporte públicas pertenecientes a diferentes TELCOs, las cuales, tienen actualmente una arquitectura basada en el empleo de la familia de protocolos TCP/IP y MPLS.

En el capitulo 1 vimos que el protocolo ruteable IP utilizado en Internet se caracteriza por ser un protocolo no confiable que no garantiza la entrega de los datagramas, básicamente por ser no orientado a conexión y no disponer de calidad de servicio.

Cuando un datagrama IP arriba a un router se verifica mediante el mecanismo “checksum” la no existencia de errores en su cabecera, no se controla la carga del datagrama. Si el checksum fue correcto se verifica que tenga tiempo de vida superior a uno, luego se selecciona la interfase de salida en función de la dirección de red de destino y por último se decrementa el tiempo de vida en un segundo, si no hay congestión y si la hubiera se descuenta del tiempo de vida los segundos de demora. Por último, se calcula el nuevo campo checksum



y se envía el datagrama por la interfase de salida previamente determinada. Cabe aclarar que si la dirección de red destino no figura en la tabla de enrutamiento del router envía el datagrama al router por defecto previamente determinado por el administrador. El protocolo IP no recupera datagramas perdidos o dañados.

Para aplicaciones de misión crítica y tráfico multimedia, una red que opera solamente con datagramas IP, no ofrece garantía de entrega ni calidad de servicio. Es por ello que se introdujo el protocolo MPLS en la red corporativa. El MPLS es un protocolo con calidad

de servicio, en consecuencia la red de telecomunicaciones puede brindar diferentes clases de servicio, ya sea para señales isócronas como así también datos y garantizar la entrega de los paquetes de datos en tiempo y forma.

Los protocolos que tienen calidad de servicio realizan todas o algunas de las siguientes acciones que conforman un tratamiento confiable de los paquetes transmitidos: control de errores, control de flujo, control de congestión, secuenciación de los paquetes y administración del ancho de banda. En consecuencia el MPLS brinda una plataforma de comunicaciones con calidad de servicio de muy alta capacidad, garantiza la entrega y además brinda el “camino” más adecuado para los datagramas de un dado flujo, según la característica distintiva del mismo.

Por otro lado, la arquitectura TCP/IP que es el protocolo fundamental para la conexión en red de las computadoras en Internet, las cuales hasta la década de los 80, operaban en forma autónoma, tuvo como una de las principales premisas para su desarrollo la necesidad que la red continúe operando, aún ante la caída de varios nodos. Esto se debió a que el gobierno de EEUU que financió el desarrollo del TCP/IP suponía que ante un ataque externo necesitaba una red que siguiera funcionando independientemente de cuantos nodos estuvieran caídos. Recordemos que esta red se diseñó en plena época de la “guerra fría” entre EEUU y la Unión Soviética. Por aquel entonces no resultaba prioritario la calidad de servicio pero sí la disponibilidad de la red.



Este requerimiento de alta disponibilidad dió como resultado el paradigma característico que distingue el funcionamiento de TCP/IP: “el modo datagrama”, que a diferencia del modo “circuitos virtuales”, encamina los datagramas IP sin utilizar circuitos virtuales preestablecidos, sino que cada vez que un datagrama acceden a un router se lo enruta de acuerdo a lo que indique la tabla de encaminamiento del dispositivo en ese momento. Cabe aclarar que, dicha tabla es dinámica, adaptándose a las modificaciones que ocurran en la red, por ejemplo la caída de nodos y/o enlaces.

La red basada en el protocolo IP brinda un tipo de servicio denominado “best effort” en inglés y la traducción más apropiada es que la red “hace el esfuerzo que está a su alcance” para brindar el mejor servicio. No obstante, en la práctica no brinda calidad de servicio alguna.

Es por ello que se emplea en forma complementaria al IP el protocolo MPLS que a su vez se apoya en la red ATM para brindar diferentes tipos de servicio. De esta forma se crean “caminos virtuales” que permiten satisfacer esa necesidad de servicios especiales para determinados flujos de paquetes IP.

Para conocer qué tipo de servicio debe brindar la red a un datagrama IP, en la cabecera de éste, existe un campo denominado TOS (tipo de servicio). En dicho campo la aplicación puede especificar el tipo de servicio que se necesita para transmitir adecuadamente el datagrama, pero es necesario que el MPLS interprete dicho requerimiento y lo materialice en la red a través del soporte que al efecto le brinda el ATM.

De esta forma, la tecnología MPLS le confiere a la red IP la capacidad de encaminar los datagramas según las características que el flujo de datos requiere, y priorizar el traslado de los mismos, incorporando de esta forma calidad de servicio a la red.



El MPLS examina los datagramas IP y en función del tipo de servicio que requieran, según el campo ToS, le agrega, a cada trama que transporta al datagrama, una etiqueta al entrar a la red que le posibilitará encaminarse por el trayecto acorde a la calidad de servicio solicitada.

Por ejemplo, si se trata de tráfico multimedia y se requiere que los paquetes lleguen en el menor tiempo posible al destino el MPLS elegirá la ruta más corta y más rápida posible. Si en cambio se trata de transmisión de datos críticos encaminara los paquetes por el camino de menor pérdida de paquetes y de mayor ancho de banda.

En la red MPLS existen routers especiales ubicados en el borde de la red que se emplean para colocar las etiquetas en las tramas que transportan a los datagramas y quitarlas a la salida de la red MPLS.

De esta forma los conmutadores o los routers existentes en el interior de la red MPLS conmutan los paquetes de datos de acuerdo a la información de las etiquetas. Esta operación es mucho más rápida que la que se efectúa en un router normal en una red que no sea MPLS. La red de transporte se caracteriza porque está constituida por dos subredes; la subred de acceso con protocolos de comunicaciones de acceso directo por parte de los usuarios y una red central de alta velocidad generalmente conformada por switches ATM.

Esta red de transporte de la TELCO es compartida por muchas empresas u organismos los cuales no pueden intercambian informacion a traves de la misma, dado que cada empresa u organismo tiene la “apariencia” de exclusividad en el uso de la red de transporte. La red de transporte provista por la TELCO es segura dado que no utiliza vinculos ni nodos de Internet sino del proveedor, generando un servicio denominado: IP/MPLS/VPN el cual consiste en brindar a los clientes una solución para interconectar todos los sitios de su empresa basada en tecnología MPLS, pudiendo disponer de esta forma de una red Intranet segura no conectada a Internet. La Intranet es de uso exclusivo de cada cliente de tal manera que



pueden utilizarse esquemas de direcciones IP privadas sin que se produzcan conflictos con servicios de otros clientes.

En el capítulo 2 se trató la calidad de servicio brindada por las empresas de telecomunicaciones y plasmadas en los contratos a través del SLA (nivel de acuerdo de servicio) entre la empresa y el cliente.

Podemos considerar a la calidad de servicio como el rendimiento promedio de una red de comunicaciones, por ejemplo telefonía, o de computadoras, y en particular considerando el rendimiento desde el punto de vista de los usuarios de la red. La calidad de servicio o QoS de una red garantiza la transmisión de cierta cantidad de información en un tiempo dado con una tasa de errores acotada.

Al celebrar un contrato de servicio de telecomunicaciones con una empresa de telecomunicación para la implementación de una red WAN corporativa la gran cantidad de conceptos y parámetros técnicos se reducen a solo unos pocos, los cuales, se incluyen en el denominado SLA convenio o acuerdo sobre la calidad de servicio que se compromete la empresa para con el cliente y que forma parte del contrato entre ambos. Dichas características técnicas se reducen a los siguientes parámetros: pérdida de paquetes, demora o delay, variación de la demora o jitter, ancho de banda del enlace, Ber (Bit Error Rate) o tasa de errores, disponibilidad de la red, tiempo máximo de reparación.

La pérdida de paquetes se origina por causas diversas, las principales son la eliminación de los paquetes por detección de errores al llegar a un nodo final y/o de conmutación; el encaminamiento erróneo; la congestión en los nodos; y las fallas de hardware y/o software en los nodos de conmutación.

La demora en una red de transmisión de datos es el tiempo empleado para transmitir un paquete a lo largo de todo su recorrido desde la estación emisora hasta su recepción en la estación destino. Las causas de la demora o delay pueden ser fijas o variables y responden a las siguientes causas: retrasos en el procesamiento de los paquetes en los nodos de conmutación; retrasos debidos al almacenamiento en los nodos de conmutación, demora en la transmisión en las interfases de los nodos, demora por pérdida de paquetes y demora debida a la propagación de la señal en la línea.



El jitter o variación de la demora de arribo de los paquetes es un factor importante en la transmisión de señales isócronas como la voz y el video. Las causas del jitter son diversas pero las más importantes son: el empleo de rutas diferentes utilizadas por los paquetes de un mismo flujo, congestión en la red y la pérdida transitoria de sincronismo. El jitter a nivel de bits se denomina “delay skew” y se debe a la falta de homogeneidad en la composición de las líneas físicas que componen el cable utilizado para la transmisión paralelo.

Un parámetro que frecuentemente se emplea para describir la calidad de los enlaces es BER o tasa de error de bits, este parámetro se define como el cociente entre la cantidad de

bits recibidos con errores dividida la cantidad total de bits recibidos durante un lapso determinado.

Por otro lado, el ancho de banda de los enlaces es el parámetro principal en la determinación del costo del enlace, y está definido en función de los servicios que debe brindar la red para cada sitio.

Para la determinación de la capacidad máxima de transmisión de datos que se necesita en el canal se deben considerar los siguientes aspectos: la velocidad de transmisión de datos de la fuente o tasa de información, expresada en bits por segundo (bps); el ancho de banda máximo del canal, expresado en Hertz; el nivel medio de ruido a través del camino de transmisión y la tasa de errores.

Para los usuarios o clientes de una red un factor determinantes de la calidad de servicio lo constituye la “disponibilidad de la red”, la cual, se determina en función del tiempo que la misma permanece brindando servicio normal respecto del intervalo total considerado, que generalmente es mensual, semestral o anual.

Una vez detectada una falla total o parcial de un servicio de telecomunicaciones la empresa proveedora de la misma tiene un tiempo máximo para realizar la reparación del servicio. Ese tiempo se denomina “tiempo máximo de reparación” y dependiendo de la zona del país puede oscilar entre cuatro y seis horas.



Estos dos últimos aspectos mencionados están relacionados con el mantenimiento preventivo y correctivo de la red.

La selección de estos parámetros para cada enlace configura la calidad de servicio de cada uno, que tiene que estar de acuerdo con los servicios que se pretende cubrir para cada sitio o dependencia, y en definitiva configurara el costo mensual que el Organismo o Empresa deberá abonar mensualmente a la Empresas de Telecomunicaciones.

En las redes comerciales IP/MPLS las empresas de telecomunicaciones agrupan los servicios en clases, como ejemplo en este punto se detallaron las diferentes clases de servicio que brinda una empresa de telecomunicaciones para los enlaces IP/MPLS de su red de transporte, en este caso la empresa seleccionada fue TELECOM de Argentina. Esta empresa ofrece los siguientes tres tipos de clase de servicios:

- Tráfico de Tiempo Real: Especial para servicios multimediales y transmisión de señales isócronas: voz y video. Este servicio es el más exigente para la red de transporte de la TELCO y en consecuencia el de mayor costo.
- Tráfico de Misión Crítica: Corresponde a la transmisión de aplicaciones (datos) que deben ser tratados con prioridad por la red. Aquí podríamos incluir las aplicaciones de misión crítica de la empresa, por ejemplo, podrían ser aplicaciones del ámbito comercial el soporte principal de la actividad productiva de dicha empresa.
- Trafico Estándar: Este tipo de trafico también es de datos, pero corresponde a aplicaciones que no son de misión crítica o simplemente la navegación en Internet está incluida en general en este grupo.

Una vez definido el ancho de banda de cada enlace IP/MPLS que la empresa requiere para conectar cada sitio que la misma tiene disperso geográficamente se planifica como se distribuirá el ancho de banda de cada enlace.



Por ejemplo, si un dado sitio requiere un ancho de banda de 2 Mbps una distribución posible podría ser: 40% Tiempo Real (0,8 Mbps), 30% Misión Crítica (0,6 Mbps) y 30% Estándar (0,6 Mbps).

Por otro lado, para cada clase de servicio se analizan exclusivamente tres parámetros: pérdida de paquetes; demora y variación de la demora.

La pérdida de paquetes es un indicador muy importante porque resume los principales parámetros de la red y la performance en general de la misma. En dicho valor se incluyen

implícitamente: la tasa de error de los enlaces, o BER, la eficiencia del sistema de conmutación y enrutamiento, la capacidad de los nodos de la red para el procesamiento y/o almacenamiento, el control del congestionamiento, el control de flujo, etc.

Por otro lado la demora y la variación de la misma o jitter están solamente relacionadas con el tráfico multimedia, la transmisión de voz y video.

Otro factor de importancia que determina los costos de los enlaces es el relacionado con la disponibilidad de la red. Este parámetro específico para un dado periodo, por ejemplo, un año, cuánto tiempo el proveedor garantiza que la red (para cada enlace) permanecerá en servicio sin ningún tipo de disminución de los mismos. En caso que el proveedor se exceda del tiempo máximo sin servicio o con servicio parcial para cada enlace se aplicaría la penalidad estipulada en el contrato.

Existen otros parámetros como el Tiempo Máximo de Restauración del Servicio (MTTR) que establece el intervalo máximo que puede quedar sin servicio el enlace, a partir de denunciada la falla a la TELCO. Pasado dicho lapso se deberían aplicar las penalidades contractuales.

En el capítulo 3 se detallaron las principales penalidades aplicables en una relación contractual en la cual un cliente (empresa) implementa su red corporativa a través de una red de transporte pública de una TELCO.



Dichas penalidades se pueden presentar por: incumplimiento del plazo de ejecución de las instalaciones de los enlaces a cada sitio; demora en la puesta en servicio de la red; por incumplimiento de los plazos de reposición del servicio e incumplimiento en la prestación del servicio durante la vigencia del contrato. Las penalidades pueden derivar en caso extremo en la rescisión del contrato.

En las contrataciones para la provisión de redes de comunicaciones para vincular dependencias de organismos públicos y/o empresas privadas (en este caso no mandatario) se debe elaborar un pliego de bases y condiciones (PBC) para la licitación que contenga dos secciones: las cláusulas particulares y las especificaciones técnicas.

También en el capítulo 3 se detallaron las cláusulas particulares y las especificaciones técnicas del PBC correspondiente a la licitación pública del Consejo de la Magistratura, dependiente del Poder Judicial de la Nación. En el análisis del PBC, tomado como ejemplo, se trató la inserción de los factores básicos que hacen a la calidad de servicio de la red.

Podemos concluir que del análisis del marco teórico detallado en los capítulos 1, 2 y 3 se ha corroborado la hipótesis y alcanzado el objetivo del trabajo de tesis. Se ha determinado que la calidad de servicios en una red corporativa queda definida a través de los parámetros determinantes detallados precedentemente: pérdida de paquetes, disponibilidad de la red, tiempo de reparación, ancho de banda del enlace, y para las aplicaciones isócronas: demora y jitter. Por otro lado, dichos parámetros se concentran en solo tres tipos de clase de servicios, para el caso analizado de la Empresa Telecom. Estos requerimientos se plantean en los contratos con las empresas de telecomunicaciones a través del SLA. Por otro lado, la selección de la calidad de servicio de los enlaces, en combinación con el ancho de banda de los mismos, tiene un impacto directo en el costo del abono mensual de cada enlace. Por último se detallaron los principales aspectos a considerar en un pliego de licitación para la contratación de una red corporativa IP/MPLS con calidad de servicios, como así también las penalidades que deberían considerarse por incumplimiento total o parcial de dicha QoS.



### Referencias bibliográficas.

- (s.f.). Recuperado el 20 de septiembre de 2018, de [http://www.telecom.com.ar/grandesclientes/vpn\\_ip.htm](http://www.telecom.com.ar/grandesclientes/vpn_ip.htm)
- (s.f.). Recuperado el 18 de agosto de 2018, de <https://executive.telecom.com.ar/>
- Andreotti, J. (21 de agosto de 2015). *ingenieroandreotti.blogspot.com*. Recuperado el 12 de agosto de 2018, de [http://ingenieroandreotti.blogspot.com/2015/08/que-es-el-ber-bit-error-rate\\_21.html](http://ingenieroandreotti.blogspot.com/2015/08/que-es-el-ber-bit-error-rate_21.html)
- 3Cu Electronica. (22 de Agosto de 2017). *3Cu Electronica*. Obtenido de <https://sites.google.com/site/3cuelelectronica/home/ethernet/mps>
- Academic*. (12 de septiembre de 2018). Obtenido de <http://www.esacademic.com/dic.nsf/eswiki/80069>
- ANEXO 4-Mantenimiento*. (20 de agosto de 2018). Obtenido de [http://www.contratacion.euskadi.eus/w32-1084/es/contenidos/anuncio\\_contratacion/expjaso6142/es\\_doc/adjuntos/otros2.pdf](http://www.contratacion.euskadi.eus/w32-1084/es/contenidos/anuncio_contratacion/expjaso6142/es_doc/adjuntos/otros2.pdf)
- Barbera, J. (22 de noviembre de 2007). *RedIRIS*. Obtenido de <http://www.rediris.es/difusion/publicaciones/boletin/53/enfoque1.html>
- Black, U. (1999). *Tecnologías emergentes para redes de computacion*. Mexico: Prentice Hall.
- Caballar, J. (1997). *El libro de las comunicaciones del PC, Técnica, programación y aplicaciones*. Mexico: Ra-Ma.
- Castro, A., & Fusario, R. (2014). *Comunicaciones*. España: Alfaomega.
- Castro, A., & Fusario, R. (2015). *Comunicaciones y Redes, para profesionales en Sistemas de Información*. Buenos Aires: Alfaomega.
- CCM. (29 de diciembre de 2017). Recuperado el 20 de agosto de 2018, de <https://es.ccm.net/contents/258-vpn-redes-privadas-virtuales>
- Coloma, L. G. (2000). *Redes ATM*. Mexico: Alfaomega.
- Emagister. (21 de agosto de 2018). *comunidad\_emagister*. Obtenido de [https://www.emagister.com/uploads\\_courses/Comunidad\\_Emagister\\_19481\\_19481.pdf](https://www.emagister.com/uploads_courses/Comunidad_Emagister_19481_19481.pdf)



- Ford, M., Lew, H., Spanier, S., & Stevenson, T. (1998). *Tecnologías de Interconectividad de redes*. Mexico: Prentice Hall.
- Forouzan, B. (2006). *Transmisión de datos y redes de comunicaciones*. Madrid: MC Graw Hill.
- Freeman, R. (1999). *Ingeniería de Sistemas de Telecomunicaciones*. Mexico: Limusa.
- Gonzalez Ruiz, V. (25 de diciembre de 2013). *w3.ual.es*. Obtenido de <https://w3.ual.es/~vruiz/Docencia/Apuntes/Networking/Technologies/ATM/index.html>
- Halsall, F. (1998). *Comunicación de datos, redes de computadores y sistemas abiertos*. EEUU: Addison Wesley Iberoamericana.
- Halsall, F. (2006). *Redes de Computadores e Internet*. Madrid: Pearson.
- Martin, J. (1994). *TCP/IP Networking. Architecture, administration and programming*. EEUU: Prentice Hall.
- Microsoft Technet*. (20 de mayo de 2005). Obtenido de [https://technet.microsoft.com/es-es/library/aa996704\(v=exchg.65\).aspx](https://technet.microsoft.com/es-es/library/aa996704(v=exchg.65).aspx)
- Millan Tejedor, R. (12 de agosto de 2018). *www.ramonmillan.com*. Obtenido de <https://www.ramonmillan.com/tutoriales/atm.php>
- Network World*. (1 de abril de 2002). Obtenido de <http://www.networkworld.es/archive/sla-que-son-para-que-sirven>
- Olifer, N. O. (2009). *Redes de Computadoras*. Mexico: Mc Graw Hill.
- paessler.com.es*. (21 de agosto de 2018). Obtenido de [https://www.es.paessler.com/packet\\_loss](https://www.es.paessler.com/packet_loss)
- RevistaCloud.com*. (15 de agosto de 2018). Obtenido de La tecnología MPLS al servicio de las redes privadas: <https://revistacloud.com/tecnologia-mpls-servicio-redes-privadas/>
- Roldan, A. (22 de agosto de 2018). *Universidad Nacional de Ingeniería*. Obtenido de [cybertesis.uni.edu.pe](http://cybertesis.uni.edu.pe):  
[http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/11184/1/estacio\\_ra.pdf](http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/11184/1/estacio_ra.pdf)
- Stallings, W. (2004). *Comunicaciones y Redes de Computadores*. España: Pearson.
- Tanenbaum, A. (2003). *Sistemas Operativos Modernos*. Mexico: Prentice Hall.
- Telefonica*. (23 de julio de 2018). Obtenido de <http://www3.telefonica.com.ar/negocios/productos/datos-it/redes-de-datos/ip-mpls/>



Universidad de Buenos Aires  
Facultad de Ciencias Económicas  
Escuela de Estudios de Posgrado



Tomasi, W. (1996). *Sistemas de Comunicaciones Electronicas*. Mexico: Pearson.

Unidad de Telefonía Fija - Telecom. (2009). *VPN IP MPLS*. Buenos Aires: Unidad Telefonía Fija.

Zuñiga Silgado, I. (21 de agosto de 2018). *biblioteca.unitecnologica.edu.co*. Obtenido de <http://biblioteca.unitecnologica.edu.co/notas/tesis/0018927.pdf>