

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE CIENCIAS PURAS Y NATURALES
CARRERA DE INFORMÁTICA



TESIS DE GRADO

**“CALIDAD DE SERVICIO (QoS), EN REDES GPON
BASADOS EN FIBRA OPTICA”**

PARA OPTAR AL TÍTULO DE LICENCIATURA EN INFORMÁTICA
MENCIÓN: INGENIERÍA DE SISTEMAS INFORMÁTICOS

POSTULANTE: JUAN EDWIN CONTRERAS CHOQUE
TUTOR METODOLÓGICO: JAVIER HUGO REYES PACHECO PHD.
ASESOR: LIC. FREDDY MIGUEL TOLEDO PAZ
COLABORAOR: LIC. ALVARO RODRIGO LOPEZ VELA

LA PAZ – BOLIVIA
2017



**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE CIENCIAS PURAS Y NATURALES
CARRERA DE INFORMÁTICA**



LA CARRERA DE INFORMÁTICA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS PURAS Y NATURALES PERTENECIENTE A LA UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS AUTORIZA EL USO DE LA INFORMACIÓN CONTENIDA EN ESTE DOCUMENTO SI LOS PROPÓSITOS SON ESTRICTAMENTE ACADÉMICOS.

LICENCIA DE USO

El usuario está autorizado a:

- a) visualizar el documento mediante el uso de un ordenador o dispositivo móvil.
- b) copiar, almacenar o imprimir si ha de ser de uso exclusivamente personal y privado.
- c) copiar textualmente parte(s) de su contenido mencionando la fuente y/o haciendo la referencia correspondiente respetando normas de redacción e investigación.

El usuario no puede publicar, distribuir o realizar emisión o exhibición alguna de este material, sin la autorización correspondiente.

TODOS LOS DERECHOS RESERVADOS. EL USO NO AUTORIZADO DE LOS CONTENIDOS PUBLICADOS EN ESTE SITIO DERIVARA EN EL INICIO DE ACCIONES LEGALES CONTEMPLADOS EN LA LEY DE DERECHOS DE AUTOR.

DEDICATORIA

A Dios por darme salud y brindarme las condiciones para llevar a cabo este trabajo. A mis padres Juan Carlos Contreras Mamani y Julia Elena Choque Rodríguez, por su constante apoyo en los estudios a pesar de las adversidades.

A mis hermanos José Israel Contreras Choque, Julia Daniela Contreras Choque, Josué Alejandro Contreras Choque y Carlos Rashad Contreras Choque (+), por acompañarme y colaborarme en mis estudios.

A mis Tíos Adolfo, Marianela, Leonardo, Celia, Lorenzo y Ruth por su apoyo y motivación moral en todo momento.

A mis compañeros de trabajo Sr. Erick Salazar Valdivia y a la Lic. Ana María Guzmán Antezana, por su confianza y colaboración.

AGRADECIMIENTOS

Agradecer en primer lugar a Dios por haberme dado la sabiduría en mis acciones, así como también haberme protegido.

A mis padres Juan Carlos Contreras Choque y Julia Elena Choque Rodríguez que muy a pesar de las dificultades siempre me brindaron confianza y apoyo en mi trayecto como estudiante.

A la Carrera de Informática dependiente de la Universidad Mayor de San Andrés que me acogido durante este tiempo.

A mi Tutor Metodológico Javier Hugo **REYES PACHECO PHD.**, por su confianza y apoyo e orientación en el desarrollo y conclusión de la tesis.

A mi Revisor Lic. Freddy Miguel **TOLEDO PAZ** por su colaboración y tiempo en la revisión y corrección de la presente tesis.

Al Lic. Álvaro Rodrigo **LÓPEZ VELA** por brindarme los recursos ineludibles para completar con este trabajo.

A todos los docentes de la carrera de Informática por haber compartido sus conocimientos en aulas y laboratorios.

RESUMEN

El presente trabajo de investigación sobre la calidad de servicio (QoS), en redes GPON basados con fibra óptica se desarrollará en los capítulos, Para navegar por la red mundial de redes, Internet, no sólo se necesitan un computador, un módem y algunos programas, sino también una gran dosis de paciencia. El ciberespacio es un mundo lento hasta el desespero. Un usuario puede pasar varios minutos esperando a que se cargue una página o varias horas tratando de bajar un programa de la Red a su PC.

Según especialistas en el tema, todos coinciden en que el retraso boliviano se debe a la falta de una infraestructura plena y propia de fibra óptica en el país, además a la escasa voluntad política que tienen las autoridades para propiciar mejores condiciones de conectividad a los usuarios. Antes, en 1959, como derivación de los estudios en física enfocados a la óptica, se descubrió una nueva utilización de la luz, a la que se denominó rayo láser, que fue aplicado a las telecomunicaciones con el fin de que los mensajes se transmitieran a velocidades inusitadas y con amplia cobertura.

El problema técnico que se había de resolver para el avance de la fibra óptica residía en las fibras mismas, que absorbían luz que dificultaba el proceso. Para la comunicación práctica, la fibra óptica debe transmitir señales luminosas detestables por muchos kilómetros. El vidrio ordinario tiene un haz luminoso de pocos metros. La luz se mueve a la velocidad de la luz en el vacío, sin embargo, cuando se propaga por cualquier otro medio, la velocidad es menor.

La Fibra Óptica consiste por tanto, en un cable de este tipo en el que los materiales son mucho más económicos que los convencionales de cobre en telefonía, de hecho son materiales ópticos mucho más ligeros (fibra óptica, lo dice el nombre), y además los cables son mucho más finos, de modo que pueden ir muchos más cables en el espacio donde antes solo iba un cable de cobre. El servicio de conexión a Internet por fibra óptica, derriba la mayor limitación del ciberespacio: su exasperante lentitud. Pero las líneas telefónicas no son la única vía hacia el ciberespacio. Recientemente un servicio permite conectarse a Internet a través de la fibra óptica.

ABSTRACT

The present research work on quality of service (QoS) in GPON networks based on optical fiber will be developed in the chapters. To navigate the global network of networks, the Internet, not only do you need a computer, a modem and some programs are needed, but also a great dose of patience. Cyberspace is a slow world to despair. The user can spend several minutes waiting for a page to load or several hours trying to download a program from the Network to his PC. According to specialists in the subject, all agree that the Bolivian delay is due to the lack of a full fiber optic infrastructure in the country, as well as the lack of political disposal of the authorities to use the best conditions of connectivity to users. Before, in 1959, as a result of the studies in physics focused on optics, a new use of light was discovered, which is called laser beam, which was applied to telecommunications in order to make the messages transmit at unusual speeds and with broad coverage. The technical problem that had been solved for the advance of optical fiber resided in the fibers themselves, that absorbed the light that made the process difficult. For practical communication, the optical fiber must transmit detestable light signals for many kilometers. Ordinary glass has a light beam of a few meters. Light moves at the speed of light in a vacuum, however, when it is spread by another means, the speed is lower. Therefore, the Fiber Optics is a cable of this type in which the materials are much cheaper than conventional copper telephony, in fact are much lighter optical materials (fiber optic, the name says), and also the cables are much finer, so that can go to more cables in the space where before there was only one copper cable.

The fiber optic Internet connection service breaks down the biggest limitation of cyberspace: its exasperating slowness. But phone lines are not the only way to cyberspace. Recently a service allows you to connect to the Internet through fiber optics.

INDICE DE CONTENIDO

1. CAPITULO INTRODUCTORIO	1
1.1. INTRODUCCION	1
1.2. ANTECEDENTES	2
1.3. ANTECEDENTES DE PROYECTOS SIMILARES	4
1.4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	5
1.4.1. Problema Central	5
1.4.2. Problemas Secundarios	5
1.5. HIPÓTESIS	5
1.6. DEFINICIÓN DE OBJETIVOS	6
1.6.1. Objetivo General	6
1.6.2. Objetivos Específicos	6
1.7. JUSTIFICACIÓN	6
1.7.1. Justificación Social	6
1.7.2. Justificación Tecnológica	6
1.7.3. Justificación Económica	6
1.8. ALCANCES Y LÍMITES	7
1.8.1. Alcances	7
1.8.2. Límites	7
1.9. APORTES	7
1.10. METODOLOGÍA	7
2. MARCO TEORICO	8
2.1. Ancho de Banda	8
2.2. Rendimiento (Throughput):	8
2.3. Contención:	8
2.4. Latencia:	8
2.5. Fibra Óptica:	8
2.5.1. Origen y Evolución	8

2.5.2.	Qué es Fibra Óptica	9
2.5.3.	Concepto de Fibra Óptica	10
2.5.4.	Fabricación de la Fibra Óptica.....	12
2.5.5.	¿De qué están hechas las Fibras Ópticas?	13
2.5.6.	¿Cómo Funciona la Fibra Óptica?	13
2.5.7.	¿Cuáles son los Dispositivos Implícitos en este Proceso?.....	14
2.5.8.	Componentes de fibra óptica	15
2.5.9.	Tipos de fibra óptica	15
2.5.10.	¿Qué tipo de Conectores Usa?.....	16
2.5.11.	Características de la Fibra Óptica.....	17
2.5.13.	Internet.....	22
2.5.14.	Redes	22
2.5.15.	Telefonía.....	24
2.5.16.	Otras Aplicaciones.....	24
2.5.18.	Comunicaciones por Satélite vs Fibra Óptica.....	26
3.	MARCO APLICATIVO	27
3.1.	Especificaciones de parámetros de fibra óptica	27
3.2.	Calculo de la Latencia.....	27
3.3.	Calculo de la Atenuación	28
3.4.	TIA / EIA-568-A.....	31
3.5.	ISO / IEC 11801.....	32
4.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	36
4.1.	CONCLUSIONES	36
4.2.	RECOMENDACIONES.....	36
5.	BIBLIOGRAFIA.....	37
6.	ANEXOS.....	38

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Ventajas y Desventajas de la Fibra Óptica	21
Tabla 2.Comparacion con otros Medios de Comunicación.....	25
Tabla 3.TIA/EIA-586-1	31
Tabla 4.ISO/IEC 11801	32
Tabla 5.Tabla de Distancias Admisiones y Atenuación de Canal para Distintas Aplicaciones de Fibra Óptica	33
Tabla 6. Longitud Atenuación	355

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Barra y Tubo de vidrios Concéntricos.....	12
Ilustración 2. Enlace de Fibra Óptica	344

CAPÍTULO I
MARCO
INTRODUCTORIO

1. CAPITULO INTRODUCTORIO

1.1. INTRODUCCION

Para navegar por la red mundial de redes, Internet, no sólo se necesitan un computador, un módem y algunos programas, sino también una gran dosis de paciencia. El ciberespacio es un mundo lento hasta el desespero. Un usuario puede pasar varios minutos esperando a que se cargue una página o varias horas tratando de bajar un programa de la Red a su PC.

Esto se debe a que las líneas telefónicas, el medio que utiliza la mayoría de los millones de usuarios para conectarse a Internet, no fueron creadas para transportar vídeos, gráficas, textos y todos los demás elementos que viajan de un lado a otro en la Red.

Pero las líneas telefónicas no son la única vía hacia el ciberespacio. Recientemente un servicio permite conectarse a Internet a través de la fibra óptica.

Las redes **GPON** (Red Óptica Pasiva con Capacidad de Gigabit), es una tecnología de acceso de telecomunicaciones que utiliza cableado de fibra óptica para llegar hasta el usuario es decir la última milla se compone de fibra óptica.

Esta tecnología de fibra óptica permite una mayor velocidad de transmisión y recepción de datos a través de una sola fibra con una arquitectura de punto a multipunto que permite fibra óptica al hogar (FTTH), o a un edificio (FTTB).

Permite el acceso Triple Play (Video, Voz y Datos), surgió con la necesidad de potenciar las redes de cobre, que en un momento se llegó creer que eran obsoletas. Ahora cobre y fibra óptica de última tecnología brindan soluciones adecuadas a cada necesidad las características vvelocidad de 2,4 Gbps downstream 1,2 Gbps upstream, distancia máxima lógica 60 km, distancia máxima física 20 km, seguridad a nivel protocolo cifrado.

Para entregar conexiones más veloces y confiables, es que existe la red fibra óptica basada en tecnología GPON, la cual permite entregar soluciones de acceso de alta capacidad y contar con la más avanzada tecnología en servicios de voz, Internet y otros servicios tecnológicos.

La tecnología **GPON** permite disfrutar de un mayor alcance de señal comparado con el que ofrecen las redes de cobre mayor resistencia a las interferencias electromagnéticas y menor degradación de las señales asegurando que la información viaje mucho más segura. Además, entrega mayor estabilidad que las redes inalámbricas”.

Las empresas podrán contar con servicios avanzados de telefonía, internet, datos y servicios con todo el respaldo que otorgan las últimas tecnologías disponibles en el mercado.

Los nuevos servicios que se ofrecen a través de la fibra son de internet, IPTV, telefonía móvil y VoIP. Gracias a la fibra óptica los usuarios contarán con 50 megabits de velocidad con las tarifas más bajas del mercado. "La otra gran ventaja es la televisión, para lo que tienen tres planes y varias combinaciones, el más elemental costara 144 bolivianos con 83 canales y una cantidad de audio” (ENTEL S.A.)

1.2. ANTECEDENTES

A pesar de la evidente brecha digital y las desventajas de conectividad que tiene Bolivia con relación al resto de los estados de la región, el uso del internet en el país ha tenido un evidente crecimiento; aunque todavía nos encontramos por debajo de los estándares en cuanto a precios, tecnología y velocidad.

Según especialistas en el tema, todos coinciden en que el retraso boliviano se debe a la falta de una infraestructura plena y propia de fibra óptica en el país, además a la escasa voluntad política que tienen las autoridades para propiciar mejores condiciones de conectividad a los usuarios.

“En Bolivia hay internet, sobre todo en las ciudades capitales, pero lo que sucede es que en las zonas marginales no hay internet. También existen diferencias entre ciudades, por ejemplo, en La Paz una empresa te puede ofrecer mínimo 8 Mbps, pero en Oruro apenas se puede llegar a 3 Mbps. Ni hablemos de Beni y Pando ya que ellos acceden a redes directamente de Brasil”.

Es fundamental mejorar todos los elementos de las conexiones fijas ya que las móviles sí ofrecen altas velocidades, aunque a costos elevados. Para comprender esto, recurrimos al informe de la CEPAL: “Estado de la banda ancha de América Latina y el Caribe 2016”, que realiza un balance de diferentes aspectos del internet en los países de la región.

“Las políticas públicas deben orientarse a incrementar la calidad de la conectividad, es decir, el internet fijo. Como tendencia global y regional, las empresas transnacionales mejoran el internet móvil porque es un mejor negocio, eso se va a mejorar como reflejo de esas tendencias. El Gobierno debe mostrar voluntad en mejorar el internet fijo y el ancho de banda”.

Entre el 2010 y 2015 el porcentaje de los ingresos económicos que los ciudadanos bolivianos usaron para acceder a algún servicio de Banda Ancha Fija (BAF) de internet bajó de 84,8 por ciento a 9,0 por ciento, según el informe de la Cepal.

Pese a que la cifra en el costo se redujo significativamente, todavía es alta, considerando que el estándar utilizado como referencia, por parte de la Comisión Internacional de Banda Ancha de Naciones Unidas, es del 5 por ciento del ingreso, ya sea anual o mensual.

En el documento, Bolivia aparece con el mayor crecimiento anual de la velocidad promedio de navegación en BAF con un 60 por ciento. Sin embargo, también figura como el país con menor número de conexiones de alta velocidad.

Chile, Uruguay y México muestran los mejores rendimientos, con un 15 por ciento de sus conexiones por encima de 10 Mbps y cerca de 4 por ciento por arriba de los 15 Mbps. Contrariamente, Bolivia, Paraguay y Venezuela son los más rezagados, con 0,5 por ciento de conexiones de más de 10 Mbps y 0,2 por ciento de conexiones por encima de 15Mbps.

Como ya se mencionó, Bolivia ha percibido avances en cuanto a la cobertura y el acceso a internet, pero estos cambios aún no son percibidos plenamente por la población, sobre todo de las áreas rurales del país.

Cuando se habla de internet en el mundo, Bolivia aparece con uno de los servicios más caros y una de las conexiones más lentas de Latinoamérica.

1.3. ANTECEDENTES DE PROYECTOS SIMILARES

Se realizó una revisión de trabajos de Tesis de Grado análogos que coexisten con anterioridad en la Carrera de Informática, con el propósito de asumir crónicas para el progreso de la indagación.

Título: “CONTROL DE CALIDAD Y RENDIMIENTO DEL PROVEEDOR DE INTERNET APLICANDO METRICAS”

Autor: Gabino Pablo Vargas Murillo

Año: 2003.

Institución: UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRES - CARRERA DE INFORMÁTICA.

Realiza la investigación para examinar el problema de control de calidad de servicio que proporciona el proveedor de internet al usuario de sitio web.

Título: “METRICAS CALIDAD EN 4G”

Autor: Alvaro Rodrigo López Vela

Año: 2014.

Institución: UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRES - CARRERA DE INFORMÁTICA.

Realiza la investigación del problema de calidad de servicio que proporciona el las empresas o entidades de internet al usuario final.

Título: “GESTIÓN DE CALIDAD EN TRANSFERENCIA DE INFORMACIÓN EN REDES CABLEADAS E INALÁMBRICAS PARA EDUCACIÓN VIRTUAL”

Autor: David Fernando Gemio Duran

Año: 2013.

Institución: UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRES - CARRERA DE INFORMÁTICA.

Realiza mejorar la gestión de calidad de las transferencias de información por metodologías para el control de tráfico.

Título: “MODELO DE PAGO ELECTRONICO MEDIANTE TELEFONOS MÓVILES USANDO AGENTES INTELIGENTES”

Autor: Marco Antonio Dorado Gómez

Año: 2011.

Institución: UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRES - CARRERA DE INFORMÁTICA.

Realiza mejorar el pago electrónico mediante móviles de calidad de las transferencias de información por metodologías para el control de tráfico.

1.4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.4.1. Problema Central

La falta de políticas de control sobre metas de calidad basados en fibra óptica, impiden realizar controles de calidad de servicio (QoS).

1.4.2. Problemas Secundarios

- a) No existen estándares para el control de calidad basado en fibra óptica.
- b) No existe una regulación para realizar el control de la comunicación basado en fibra óptica.
- c) No existen control sobre los servicios ofrecidos en fibra óptica.
- d) Existe bastantes problemas en la monitorización de la fibra óptica.

1.5. HIPÓTESIS

La especificación de indicadores claves de desempeño (KPI), permitirá un mejor control de las comunicaciones basadas en fibra óptica.

Variable Dependiente

Calidad de Servicio (QoS).

Variable Independiente

Indicadores claves de desempeño.

1.6. DEFINICIÓN DE OBJETIVOS

1.6.1. Objetivo General

Especificar indicadores clave de desempeño (KPI), para mejorar las comunicaciones basadas en fibra óptica.

1.6.2. Objetivos Específicos

- Identificar indicadores para verificar la calidad de la comunicación de la fibra óptica.
- Identificar la forma de cálculo de la latencia en la fibra óptica
- Identificar la forma de cálculo de la longitud de la fibra óptica

1.7. JUSTIFICACIÓN

1.7.1. Justificación Social

Este proyecto se justifica socialmente porque permitirá establecer Identificadores de Clave de desempeño para controlar los servicios prestados mediante la fibra óptica, para tener un mejor control de las señales transportadas por mencionada tecnología.

1.7.2. Justificación Tecnológica

El presente proyecto cuenta con todos los recursos tecnológicos a nivel de software, hardware y recursos humanos para la implementación del mismo.

1.7.3. Justificación Económica

La inversión en el presente trabajo de investigación será mínima, debido a que se dispone de todos los recursos para la implementación.

1.8. ALCANCES Y LÍMITES

1.8.1. Alcances

La tesis de grado es una investigación de conocimiento universal que permitirá proponer estándares de indicadores claves de desempeño para las comunicaciones basados en fibra óptica.

Los indicadores establecidos para el control de las comunicaciones basados en fibra óptica coadyuvaran mejorar los servicios de voz, video y dato.

1.8.2. Límites

El presente trabajo se orienta principalmente a 2 indicadores, como son la latencia y la longitud de la fibra.

1.9. APORTES

El presente trabajo de investigación tiene como contribución primordial el control óptimo de la comunicación basado en fibra óptica.

Además, será un marco referencial para las empresas reguladoras que miden la característica y la fibra óptica, coste en la tecnología GPON.

Escasamente se encuentra referencias bibliográficas como prácticas, sobre el uso de metodologías de desarrollo de software con una metodología Web, por lo que en el presente proyecto se realizará la fusión de la metodología Kanban con UML basado en Ingeniería Web (UWE), además de desarrollar la estructura del sistema con el patrón Modelo Vista Controlador, brindando de esta manera una referencia para futuros proyectos.

1.10. METODOLOGÍA

La presente investigación se basa en el método cuantitativo también conocido como investigación cuantitativa, empírico-analítico, racionalista o positivista es aquel que se basa en los números para investigar, analizar y comprobar información y datos; así mismo se aplicara el método inductivo para inferir de lo particular a lo general en base a la normativa que se realiza en la forma de cálculo.

The background features a large, faint watermark of the University of the Pacific logo. The logo is an oval shape containing a sun, mountains, and a cross. The text "UNIVERSITAS MAJOR PACENSIS DIVI ANDREAE" is visible around the perimeter of the oval.

CAPÍTULO II

MARCO TEORICO

2. MARCO TEORICO

2.1. Ancho de Banda:

Cantidad de datos que pueden ser enviados por la red en un segundo.

2.2. Rendimiento (Throughput):

Cantidad de trabajo que puede realizar el servidor en un periodo de tiempo.

2.3. Contención:

Competencia por los recursos, se da cuando tenemos más de 1 cliente accediendo al servidor.

2.4. Latencia:

tiempo para realizar una operación simple asumiendo que no hay contención.

2.5. Fibra Óptica:

2.5.1. Origen y Evolución

La Historia de la comunicación por la fibra óptica es relativamente corta. En 1977, se instaló un sistema de prueba en Inglaterra; dos años después, se producían ya cantidades importantes de pedidos de este material.

Antes, en 1959, como derivación de los estudios en física enfocados a la óptica, se descubrió una nueva utilización de la luz, a la que se denominó rayo láser, que fue aplicado a las telecomunicaciones con el fin de que los mensajes se transmitieran a velocidades inusitadas y con amplia cobertura.

Sin embargo esta utilización del láser era muy limitada debido a que no existían los conductos y canales adecuados para hacer viajar las ondas electromagnéticas provocadas por la lluvia de fotones originados en la fuente denominada láser.

Fue entonces cuando los científicos y técnicos especializados en óptica dirigieron sus esfuerzos a la producción de un ducto o canal, conocido hoy como la fibra óptica. En 1966 surgió la propuesta de utilizar una guía óptica para la comunicación.

Esta forma de usar la luz como portadora de información se puede explicar de la siguiente manera:

Se trata en realidad de una onda electromagnética de la misma naturaleza que las ondas de radio, con la única diferencia que la longitud de las ondas es del orden de micrómetros en lugar de metros o centímetros.

El concepto de las comunicaciones por ondas luminosas ha sido conocido por muchos años. Sin embargo, no fue hasta mediados de los años setenta que se publicaron los resultados del trabajo teórico.

Estos indicaban que era posible confiar un haz luminoso en una fibra transparente flexible y proveer así un análogo óptico de la señalización por alambres electrónicamente.

El problema técnico que se había de resolver para el avance de la fibra óptica residía en las fibras mismas, que absorbían luz que dificultaba el proceso. Para la comunicación práctica, la fibra óptica debe transmitir señales luminosas detestables por muchos kilómetros. El vidrio ordinario tiene un haz luminoso de pocos metros.

Se han desarrollado nuevos vidrios muy puros con transparencias mucho mayores que la del vidrio ordinario. Estos vidrios empezaron a producirse a principios de los setenta. Este gran avance dio ímpetu a la industria de fibras ópticas. Se usaron láseres o diodos emisores de luz como fuente luminosa en los cables de fibras ópticas.

Ambos han de ser miniaturizados para componentes de sistemas fibro-ópticos, lo que ha exigido considerable labor de investigación y desarrollo.

Los láseres generan luz "coherente" intensa que permanece en un camino sumamente estrecho. Los diodos emiten luz "incoherente" que ni es fuerte ni concentrada. Lo que se debe usar depende de los requisitos técnicos para diseñar el circuito de fibras ópticas dado.

2.5.2. Qué es Fibra Óptica

Antes de explicar directamente que es la fibra óptica, es conveniente resaltar ciertos aspectos básicos de óptica.

La luz se mueve a la velocidad de la luz en el vacío, sin embargo, cuando se propaga por cualquier otro medio, la velocidad es menor.

Así, cuando la luz pasa de propagarse por un cierto medio a propagarse por otro determinado medio, su velocidad cambia, sufriendo además efectos de reflexión (la luz rebota en el cambio de medio, como la luz reflejada en los cristales) y de refracción (la luz, además de cambiar el módulo de su velocidad, cambia de dirección de propagación, por eso vemos una cuchara como doblada cuando está en un vaso de agua, la dirección de donde nos viene la luz en la parte que está al aire no es la misma que la que está metida en el agua).

Dependiendo de la velocidad con que se propague la luz en un medio o material, se le asigna un Índice de Refracción "n", un número deducido de dividir la velocidad de la luz en el vacío entre la velocidad de la luz en dicho medio. Los efectos de reflexión y refracción que se dan en la frontera entre dos medios dependen de sus Índices de Refracción.

La fórmula nos dice que el índice de refracción del primer medio, por el seno del ángulo con el que incide la luz en el segundo medio, es igual al índice del segundo medio por el seno del ángulo con el que sale propagada la luz en el segundo medio.

¿Y esto para qué sirve?, lo único que nos interesa aquí de esta ley es que dados dos medios con índices n y n' , si el haz de luz incide con un ángulo mayor que un cierto ángulo límite (que se determina con la anterior ecuación) el haz siempre se reflejara en la superficie de separación entre ambos medios.

De esta forma se puede guiar la luz de forma controlada tal y como se ve en el dibujo de abajo (que representa de forma esquemática como es la fibra óptica).

La Fibra Óptica consiste por tanto, en un cable de este tipo en el que los materiales son mucho más económicos que los convencionales de cobre en telefonía, de hecho son materiales ópticos mucho más ligeros (fibra óptica, lo dice el nombre), y además los cables son mucho más finos, de modo que pueden ir muchos más cables en el espacio donde antes solo iba un cable de cobre.

2.5.3. Concepto de Fibra Óptica

Los circuitos de fibra óptica son filamentos de vidrio (compuestos de cristales naturales) o plástico (cristales artificiales), del espesor de un pelo (entre 10 y 300 micrones).

Llevan mensajes en forma de haces de luz que realmente pasan a través de ellos de un extremo a otro, donde quiera que el filamento vaya (incluyendo curvas y esquinas) sin interrupción.

Las fibras ópticas pueden ahora usarse como los alambres de cobre convencionales, tanto en pequeños ambientes autónomos (tales como sistemas de procesamiento de datos de aviones), como en grandes redes geográficas (como los sistemas de largas líneas urbanas mantenidos por compañías telefónicas).

El principio en que se basa la transmisión de luz por la fibra es la reflexión interna total; la luz que viaja por el centro o núcleo de la fibra incide sobre la superficie externa con un ángulo mayor que el ángulo crítico, de forma que toda la luz se refleja sin pérdidas hacia el interior de la fibra.

Así, la luz puede transmitirse a larga distancia reflejándose miles de veces.

Para evitar pérdidas por dispersión de luz debida a impurezas de la superficie de la fibra, el núcleo de la fibra óptica está recubierto por una capa de vidrio con un índice de refracción mucho menor; las reflexiones se producen en la superficie que separa la fibra de vidrio y el recubrimiento.

La Fibra Óptica consiste en una guía de luz con materiales mucho mejores que lo anterior en varios aspectos.

A esto le podemos añadir que en la fibra óptica la señal no se atenúa tanto como en el cobre, ya que en las fibras no se pierde información por refracción o dispersión de luz consiguiéndose así buenos rendimientos, en el cobre, sin embargo, las señales se ven atenuadas por la resistencia del material a la propagación de las ondas electromagnéticas de forma mayor.

Además, se pueden emitir a la vez por el cable varias señales diferentes con distintas frecuencias para distinguirlas, lo que en telefonía se llama unir o multiplexar diferentes conversaciones eléctricas.

También se puede usar la fibra óptica para transmitir luz directamente y otro tipo de ventajas en las que no entraré en detalle.

2.5.4. Fabricación de la Fibra Óptica

La fibra consiste en el ensamblado de un tubo y de una barra de vidrio cilíndrico montados concéntricamente. Se calienta el todo para asegurar la homogeneidad de la barra de vidrio.

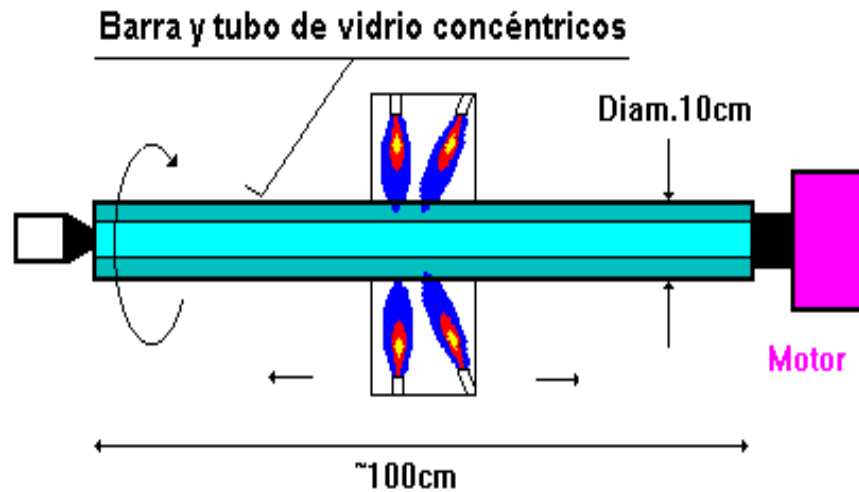


Ilustración 1. Barra y Tubo de vidrios Concéntricos

Fuente: Intranet

Una barra de vidrio de una longitud de 1 m y de un diámetro de 10 cm permite obtener por estiramiento una fibra monomodo de una longitud de alrededor de 150 km.

La barra así obtenida será instalada verticalmente en una torre situada en el primer piso y calentada por las rampas a gas.

El vidrio se va a estirar y "colar" en dirección de la raíz para ser enrollado sobre una bobina.

Se mide el espesor de la fibra (~10um) para dominar la velocidad del motor del enrollador, a fin de asegurar un diámetro constante.

Cada bobina de fibra hace el objeto de un control de calidad efectuado al microscopio. Después se va a envolver el vidrio con un revestimiento de protección (~230 um) y ensamblar las fibras para obtener el cable final a una o varias hebras.

2.5.5. ¿De qué están hechas las Fibras Ópticas?

La mayoría de las fibras ópticas se hacen de arena o sílice, materia prima abundante en comparación con el cobre. con unos kilogramos de vidrio pueden fabricarse aproximadamente 43 kilómetros de fibra óptica.

Los dos constituyentes esenciales de las fibras ópticas son el núcleo y el revestimiento. el núcleo es la parte más interna de la fibra y es la que guía la luz.

Consiste en una o varias hebras delgadas de vidrio o de plástico con diámetro de 50 a 125 micras. el revestimiento es la parte que rodea y protege al núcleo.

El conjunto de núcleo y revestimiento está a su vez rodeado por un forro o funda de plástico u otros materiales que lo resguardan contra la humedad, el aplastamiento, los roedores, y otros riesgos del entorno.

2.5.6. ¿Cómo Funciona la Fibra Óptica?

En un sistema de transmisión por fibra óptica existe un transmisor que se encarga de transformar las ondas electromagnéticas en energía óptica o en luminosa, por ello se le considera el componente activo de este proceso.

Una vez que es transmitida la señal luminosa por las minúsculas fibras, en otro extremo del circuito se encuentra un tercer componente al que se le denomina detector óptico o receptor, cuya misión consiste en transformar la señal luminosa en energía electromagnética, similar a la señal original.

El sistema básico de transmisión se compone en este orden, de señal de entrada, amplificador, fuente de luz, corrector óptico, línea de fibra óptica (primer tramo), empalme, línea de fibra óptica (segundo tramo), corrector óptico, receptor, amplificador y señal de salida.

En resumen, se puede decir que este proceso de comunicación, la fibra óptica funciona como medio de transportación de la señal luminosa, generado por el transmisor de LED'S (diodos emisores de luz) y láser.

Los diodos emisores de luz y los diodos láser son fuentes adecuadas para la transmisión mediante fibra óptica, debido a que su salida se puede controlar rápidamente por medio de una corriente de polarización.

Además su pequeño tamaño, su luminosidad, longitud de onda y el bajo voltaje necesario para manejarlos son características atractivas.

2.5.7. ¿Cuáles son los Dispositivos Implícitos en este Proceso?

Los bloques principales de un enlace de comunicaciones de fibra óptica son: transmisor, receptor y guía de fibra.

El transmisor consiste de una interface analógica o digital, un convertor de voltaje a corriente, una fuente de luz y un adaptador de fuente de luz a fibra. La guía de fibra es un vidrio ultra puro o un cable plástico. El receptor incluye un dispositivo conector detector de fibra a luz, una foto detector, un convertor de corriente a voltaje un amplificador de voltaje y una interface analógica o digital.

En un transmisor de fibra óptica la fuente de luz se puede modular por una señal análoga o digital. Acoplando impedancias y limitando la amplitud de la señal o en pulsos digitales. El convertor de voltaje a corriente sirve como interface eléctrica entre los circuitos de entrada y la fuente de luz.

La fuente de luz puede ser un diodo emisor de luz LED o un diodo de inyección láser ILD, la cantidad de luz emitida es proporcional a la corriente de excitación, por lo tanto el convertor voltaje a corriente convierte el voltaje de la señal de entrada en una corriente que se usa para dirigir la fuente de luz.

La conexión de fuente a fibra es una interface mecánica cuya función es acoplar la fuente de luz al cable. La fibra óptica consiste de un núcleo de fibra de vidrio o plástico, una cubierta y una capa protectora. El dispositivo de acoplamiento del detector de fibra a luz también es un acoplador mecánico.

El detector de luz generalmente es un diodo PIN o un APD (fotodiodo de avalancha). Ambos convierten la energía de luz en corriente. En consecuencia, se requiere un convertor

corriente a voltaje que transforme los cambios en la corriente del detector a cambios de voltaje en la señal de salida.

2.5.8. Componentes de fibra óptica

2.5.8.1. Componentes de la Fibra Óptica

El Núcleo: En sílice, cuarzo fundido o plástico - en el cual se propagan las ondas ópticas.

Diámetro: 50 o 62,5 μm para la fibra multimodo y 9 μm para la fibra monomodo. La Funda

Óptica: Generalmente de los mismos materiales que el núcleo, pero con aditivos que confinan las ondas ópticas en el núcleo. El revestimiento de protección: por lo general está fabricado en plástico y asegura la protección mecánica de la fibra.

2.5.9. Tipos de fibra óptica

Fibra Monomodo:

Potencialmente, esta es la fibra que ofrece la mayor capacidad de transporte de información.

Tiene una banda de paso del orden de los 100 GHz/km. Los mayores flujos se consiguen con esta fibra, pero también es la más compleja de implantar.

El dibujo muestra que sólo pueden ser transmitidos los rayos que tienen una trayectoria que sigue el eje de la fibra, por lo que se ha ganado el nombre de "monomodo" (modo de propagación, o camino del haz luminoso, único).

Son fibras que tienen el diámetro del núcleo en el mismo orden de magnitud que la longitud de onda de las señales ópticas que transmiten, es decir, de unos 5 a 8 μm .

Si el núcleo está constituido de un material cuyo índice de refracción es muy diferente al de la cubierta, entonces se habla de fibras monomodo de índice escalonado.

Los elevados flujos que se pueden alcanzar constituyen la principal ventaja de las fibras monomodo, ya que sus pequeñas dimensiones implican un manejo delicado y entrañan dificultades de conexión que aún se dominan mal.

Fibra Multimodo de Índice Gradiente Gradual:

Las fibras multimodo de índice de gradiente gradual tienen una banda de paso que llega hasta los 500MHz por kilómetro.

Su principio se basa en que el índice de refracción en el interior del núcleo no es único y decrece cuando se desplaza del núcleo hacia la cubierta. Los rayos luminosos se encuentran enfocados hacia el eje de la fibra, como se puede ver en el dibujo.

Estas fibras permiten reducir la dispersión entre los diferentes modos de propagación a través del núcleo de la fibra. La fibra multimodo de índice de gradiente gradual de tamaño 62,5/125 m (diámetro del núcleo/diámetro de la cubierta) está normalizado, pero se pueden encontrar otros tipos de fibras:

Multimodo de índice escalonado 100/140 mm.

Multimodo de índice de gradiente gradual 50/125 m m.

Fibra Multimodo de índice escalonado:

Las fibras multimodo de índice escalonado están fabricadas a base de vidrio, con una atenuación de 30 dB/km, o plástico, con una atenuación de 100 dB/km. Tienen una banda de paso que llega hasta los 40 MHz por kilómetro. En estas fibras, el núcleo está constituido por un material uniforme cuyo índice de refracción es claramente superior al de la cubierta que lo rodea. El paso desde el núcleo hasta la cubierta conlleva por tanto una variación brutal del índice, de ahí su nombre de índice escalonado.

2.5.10. ¿Qué tipo de Conectores Usa?

Con la Fibra Óptica se puede usar Acopladores y Conectores:

Acopladores:

Un acoplador es básicamente la transición mecánica necesaria para poder dar continuidad al paso de luz del extremo conectado de un cable de fibra óptica a otro.

Pueden ser provistos también acopladores de tipo "Híbridos", que permiten acoplar dos diseños distintos de conector, uno de cada lado, condicionado a la coincidencia del perfil del pulido.

1.- Se recomienda el conector 568SC pues este mantiene la polaridad.

La posición correspondiente a los dos conectores del 568SC en su adaptador, se denominan como A y B.

Esto ayuda a mantener la polaridad correcta en el sistema de cableado y permite al adaptador a implementar polaridad inversa acertada de pares entre los conectores.

2.- Sistemas con conectores BFOC/2.5 y adaptadores (Tipo ST) instalados pueden seguir siendo utilizados en plataformas actuales y futuras.

Identificación: Conectores y adaptadores Multimodo se representan por el color marfil
Conectores y adaptadores Monomodo se representan por el color azul.

Para la terminación de una fibra óptica es necesario utilizar conectores o empalmar Pigtaills (cables armados con conector) por medio de fusión.

Para el caso de conectorización se encuentran distintos tipos de conectores dependiendo el uso y la normativa mundial usada y sus características.

ST conector de Fibra para Monomodo o Multimodo con uso habitual en Redes de Datos y equipos de Networking locales en forma Multimodo.

FC conector de Fibra Óptica para Monomodo o Multimodo con uso habitual en telefonía y CATV en formato Monomodo y Monomodo Angular.

SC conector de Fibra óptica para Monomodo y Multimodo con uso habitual en telefonía en formato monomodo.

2.5.11. Características de la Fibra Óptica

Características Generales:

La cubierta especial es extruida a alta presión directamente sobre el mismo núcleo del cable, resultando en que la superficie interna de la cubierta del cable tenga arista helicoidales que se aseguran con los subcables.

La cubierta contiene 25% más material que las cubiertas convencionales.

Uso Dual (interior y exterior):

La resistencia al agua, hongos y emisiones ultra violeta; la cubierta resistente; buffer de 900 μm ; fibras ópticas probadas bajo 100 kpsi; y funcionamiento ambiental extendida; contribuyen a una mayor confiabilidad durante el tiempo de vida.

Mayor Protección en Lugares Húmedos:

En cables de tubo holgado rellenos de gel, el gel dentro de la cubierta se asienta dejando canales que permitan que el agua migre hacia los puntos de terminación. El agua puede acumularse en pequeñas piscinas en los vacíos, y cuando la delicada fibra óptica es expuesta, la vida útil es recortada por los efectos dañinos del agua en contacto. combaten la intrusión de humedad con múltiples capas de protección alrededor de la fibra óptica. El resultado es una mayor vida útil, mayor confiabilidad especialmente ambientes húmedos.

Protección Anti-inflamable:

Los nuevos avances en protección anti-inflamable hace que disminuya el riesgo que suponen las instalaciones antiguas de Fibra Óptica que contenían cubiertas de material inflamable y relleno de gel que también es inflamable. Estos materiales no pueden cumplir con los requerimientos de las normas de instalación, presentan un riesgo adicional, y pueden además crear un reto costoso y difícil en la restauración después de un incendio. Con los nuevos avances en este campo y en el diseño de estos cables se eliminan estos riesgos y se cumple con las normas de instalación.

Empaquetado de Alta Densidad:

Con el máximo número de fibras en el menor diámetro posible se consigue una más rápida y más fácil instalación, donde el cable debe enfrentar dobleces agudos y espacios estrechos.

Se ha llegado a conseguir un cable con 72 fibras de construcción súper densa cuyo diámetro es un 50% menor al de los cables convencionales.

Características Técnicas:

La fibra es un medio de transmisión de información analógica o digital. Las ondas electromagnéticas viajan en el espacio a la velocidad de la luz.

Básicamente, la fibra óptica está compuesta por una región cilíndrica, por la cual se efectúa la propagación, denominada núcleo y de una zona externa al núcleo y coaxial con él, totalmente necesaria para que se produzca el mecanismo de propagación, y que se denomina envoltura o revestimiento.

La capacidad de transmisión de información que tiene una fibra óptica depende de tres características fundamentales:

- a) Del diseño geométrico de la fibra.
- b) De las propiedades de los materiales empleados en su elaboración. (diseño óptico)
- c) De la anchura espectral de la fuente de luz utilizada. Cuanto mayor sea esta anchura, menor será la capacidad de transmisión de información de esa fibra.

Presenta dimensiones más reducidas que los medios preexistentes. Un cable de 10 fibras tiene un diámetro aproximado de 8 o 10 mm y proporciona la misma o más información que un coaxial de 10 tubos. El peso del cable de fibras ópticas es muy inferior al de los cables metálicos, redundando en su facilidad de instalación.

El sílice tiene un amplio margen de funcionamiento en lo referente a temperatura, pues funde a 600C. La F.O. presenta un funcionamiento uniforme desde -550 C a +125C sin degradación de sus características.

Características Mecánicas:

La F.O. como elemento resistente dispuesto en el interior de un cable formado por agregación de varias de ellas, no tiene características adecuadas de tracción que permitan su utilización directa. Por otra parte, en la mayoría de los casos las instalaciones se encuentran a la intemperie o en ambientes agresivos que pueden afectar al núcleo. La investigación sobre componentes opto electrónicos y fibras ópticas han traído consigo un sensible aumento de la calidad de funcionamiento de los sistemas. Es necesario disponer de cubiertas y protecciones de calidad capaces de proteger a la fibra.

Para alcanzar tal objetivo hay que tener en cuenta su sensibilidad a la curvatura y micro curvatura, la resistencia mecánica y las características de envejecimiento.

Las micro curvaturas y tensiones se determinan por medio de los ensayos de:

Tensión: cuando se estira o contrae el cable se pueden causar fuerzas que rebasen el porcentaje de elasticidad de la fibra óptica y se rompa o formen micro curvaturas.

Compresión: es el esfuerzo transversal.

Impacto: se debe principalmente a las protecciones del cable óptico.

Enrollamiento: existe siempre un límite para el ángulo de curvatura, pero, la existencia del forro impide que se sobrepase.

Torsión: es el esfuerzo lateral y de tracción.

Limitaciones Térmicas: estas limitaciones difieren en alto grado según se trate de fibras realizadas a partir del vidrio o a partir de materiales sintéticos.

Otro objetivo es minimizar las pérdidas adicionales por cableado y las variaciones de la atenuación con la temperatura. Tales diferencias se deben a diseños calculados a veces para mejorar otras propiedades, como la resistencia mecánica, la calidad de empalme, el coeficiente de relleno (número de fibras por mm²) o el costo de producción.

2.5.12. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA FIBRA ÓPTICA

Nro.	VENTAJAS	DESVENTAJAS
1	La fibra óptica hace posible navegar por Internet a una velocidad de dos millones de bps.	Sólo pueden suscribirse las personas que viven en las zonas de la ciudad por las cuales ya esté instalada la red de fibra óptica.
2	Acceso ilimitado y continuo las 24 horas del día, sin congestiones.	El coste es alto en la conexión de fibra óptica, las empresas no cobran por tiempo de utilización sino por cantidad de información transferida al computador, que se mide en megabytes.

3	Video y sonido en tiempo real.	El coste de instalación es elevado.
4	Fácil de instalar.	Fragilidad de las fibras.
5	Es inmune al ruido y las interferencias, como ocurre cuando un alambre telefónico pierde parte de su señal a otra.	Disponibilidad limitada de conectores.
6	Las fibras no pierden luz, por lo que la transmisión es también segura y no puede ser perturbada.	Dificultad de reparar un cable de fibras roto en el campo.
7	Carencia de señales eléctricas en la fibra, por lo que no pueden dar sacudidas ni otros peligros. Son convenientes para trabajar en ambientes explosivos.	
8	Presenta dimensiones más reducidas que los medios preexistentes.	
9	El peso del cable de fibras ópticas es muy inferior al de los cables metálicos, capaz de llevar un gran número de señales.	
10	La materia prima para fabricarla es abundante en la naturaleza.	
11	Compatibilidad con la tecnología digital.	

Tabla 1. Ventajas y Desventajas de la Fibra Óptica

Fuente: Elaboración Propia

2.5.13. Internet

El servicio de conexión a Internet por fibra óptica, derriba la mayor limitación del ciberespacio: su exasperante lentitud.

Para navegar por la red mundial de redes, Internet, no sólo se necesitan un computador, un módem y algunos programas, sino también una gran dosis de paciencia.

El ciberespacio es un mundo lento hasta el desespero. Un usuario puede pasar varios minutos esperando a que se cargue una página o varias horas tratando de bajar un programa de la Red a su PC.

Esto se debe a que las líneas telefónicas, el medio que utiliza la mayoría de los 50 millones de usuarios para conectarse a Internet, no fueron creadas para transportar videos, gráficas, textos y todos los demás elementos que viajan de un lado a otro en la Red.

Pero las líneas telefónicas no son la única vía hacia el ciberespacio. Recientemente un servicio permite conectarse a Internet a través de la fibra óptica.

La fibra óptica hace posible navegar por Internet a una velocidad de dos millones de bps, impensable en el sistema convencional, en el que la mayoría de usuarios se conecta a 28.000 o 33.600 bps.

2.5.14. Redes

La fibra óptica se emplea cada vez más en la comunicación, debido a que las ondas de luz tienen una frecuencia alta y la capacidad de una señal para transportar información aumenta con la frecuencia. En las redes de comunicaciones se emplean sistemas de láser con fibra óptica. Hoy funcionan muchas redes de fibra para comunicación a larga distancia, que proporcionan conexiones transcontinentales y transoceánicas.

Una ventaja de los sistemas de fibra óptica es la gran distancia que puede recorrer una señal antes de necesitar un repetidor para recuperar su intensidad. En la actualidad, los repetidores de fibra óptica están separados entre sí unos 100 km, frente a aproximadamente 1,5 km en los sistemas eléctricos. Los amplificadores de fibra óptica recientemente desarrollados pueden aumentar todavía más esta distancia. Otra aplicación cada vez más extendida de la fibra óptica son las redes de área local.

Al contrario que las comunicaciones de larga distancia, estos sistemas conectan a una serie de abonados locales con equipos centralizados como ordenadores (computadoras) o impresoras.

Este sistema aumenta el rendimiento de los equipos y permite fácilmente la incorporación a la red de nuevos usuarios.

El desarrollo de nuevos componentes electroópticos y de óptica integrada aumentará aún más la capacidad de los sistemas de fibra.

Red de área local o LAN, conjunto de ordenadores que pueden compartir datos, aplicaciones y recursos (por ejemplo impresoras).

Las computadoras de una red de área local (LAN, Local Área Network) están separadas por distancias de hasta unos pocos kilómetros, y suelen usarse en oficinas o campus universitarios.

Una LAN permite la transferencia rápida y eficaz de información en el seno de un grupo de usuarios y reduce los costes de explotación.

Otros recursos informáticos conectados son las redes de área amplia (WAN, Wide Área Network) o las centralitas particulares (PBX).

Las WAN son similares a las LAN, pero conectan entre sí ordenadores separados por distancias mayores, situados en distintos lugares de un país o en diferentes países; emplean equipo físico especializado y costoso y arriendan los servicios de comunicaciones.

Las PBX proporcionan conexiones informáticas continuas para la transferencia de datos especializados como transmisiones telefónicas, pero no resultan adecuadas para emitir y recibir los picos de datos de corta duración empleados por la mayoría de las aplicaciones informáticas.

Las redes de comunicación públicas están divididas en diferentes niveles; conforme al funcionamiento, a la capacidad de transmisión, así como al alcance que definen.

Por ejemplo, si está aproximándose desde el exterior hacia el interior de una gran ciudad, se tiene primeramente la red interurbana y red provisional, a continuación, las líneas prolongadas aportadoras de tráfico de más baja capacidad procedente de áreas alejadas (red

rural), hacia el centro la red urbana y finalmente las líneas de abonado. Los parámetros dictados por la práctica son el tramo de transmisión que es posible cubrir y la velocidad binaria específica, así como el tipo de fibra óptica apropiado, es decir, cables con fibras monomodo ó multimodo.

2.5.15. Telefonía

Con motivo de la normalización de interfaces existentes, se dispone de los sistemas de transmisión por fibra óptica para los niveles de la red de telecomunicaciones públicas en una amplia aplicación, contrariamente para sistemas de la red de abonado (línea de abonado), hay ante todo una serie de consideraciones.

Para la conexión de un teléfono es completamente suficiente con los conductores de cobre existentes. Precisamente con la implantación de los servicios en banda ancha como la videoconferencia, la videotelefonía, etc., la fibra óptica se hará imprescindible para el abonado.

Con el BIGFON (red urbana integrada de telecomunicaciones en banda ancha por fibra óptica) se han recopilado amplias experiencias en este aspecto.

Según la estrategia elaborada, los servicios de banda ancha posteriormente se ampliarán con los servicios de distribución de radio y de televisión en una red de telecomunicaciones integrada en banda ancha (IBFN).

2.5.16. Otras Aplicaciones

Las fibras ópticas también se emplean en una amplia variedad de sensores, que van desde termómetros hasta giroscopios. Su potencial de aplicación en este campo casi no tiene límites, porque la luz transmitida a través de las fibras es sensible a numerosos cambios ambientales, entre ellos la presión, las ondas de sonido y la deformación, además del calor y el movimiento.

Las fibras pueden resultar especialmente útiles cuando los efectos eléctricos podrían hacer que un cable convencional resultara inútil, impreciso o incluso peligroso. También se han desarrollado fibras que transmiten rayos láser de alta potencia para cortar y taladrar materiales.

La aplicación más sencilla de las fibras ópticas es la transmisión de luz a lugares que serían difíciles de iluminar de otro modo, como la cavidad perforada por la turbina de un dentista.

También pueden emplearse para transmitir imágenes; en este caso se utilizan haces de varios miles de fibras muy finas, situadas exactamente una al lado de la otra y ópticamente pulidas en sus extremos.

Cada punto de la imagen proyectada sobre un extremo del haz se reproduce en el otro extremo, con lo que se reconstruye la imagen, que puede ser observada a través de una lupa.

La transmisión de imágenes se utiliza mucho en instrumentos médicos para examinar el interior del cuerpo humano y para efectuar cirugía con láser, en sistemas de reproducción mediante facsímil y fotocomposición, en gráficos de ordenador o computadora y en muchas otras aplicaciones.

2.5.17. Comparación con otros Medios de Comunicación

Comparación con los cables coaxiales

Características	Fibra Óptica	Coaxial
Longitud de la Bobina (mts)	2000	230
Peso (kgs/km)	190	7900
Diámetro (mm)	14	58
Radio de Curvatura (cms)	14	55
Distancia entre repetidores (Kms)	40	1.5
Atenuación (dB / km) para un Sistema de 56 Mbps	0.4	40

Tabla 2.Comparacion con otros Medios de Comunicación

Fuente: Elaboración Propia

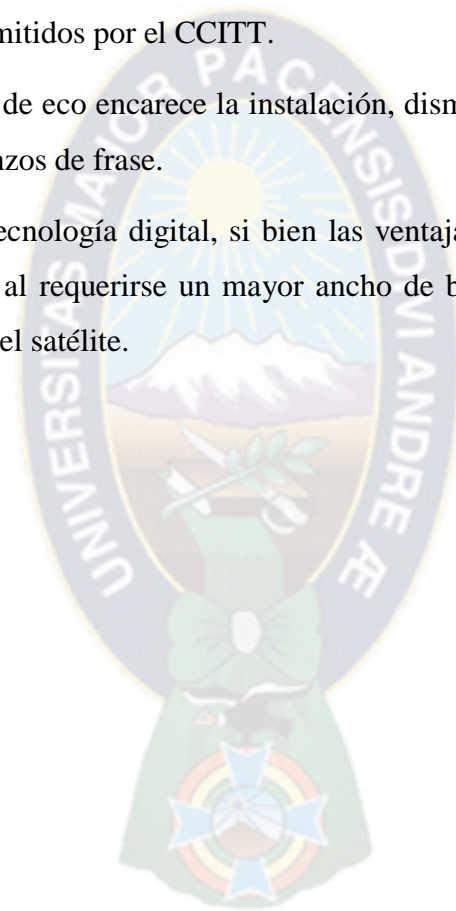
2.5.18. Comunicaciones por Satélite vs Fibra Óptica

Es más económica la F.O. para distancias cortas y altos volúmenes de tráfico, por ejemplo, para una ruta de 2000 ctos., el satélite no es rentable frente a la solución del cable de fibras hasta una longitud de la misma igual a unos 2500 kms.

La calidad de la señal por cable es por mucho más alta que por satélite, porque en los geostacionarios, situados en órbitas de unos 36,000 kms. de altura, y el retardo próximo a 500 mseg. introduce eco en la transmisión, mientras que en los cables este se sitúa por debajo de los 100 mseg admitidos por el CCITT.

La inclusión de supresores de eco encarece la instalación, disminuye la fiabilidad y resta la calidad al cortar los comienzos de frase.

El satélite se adapta a la tecnología digital, si bien las ventajas en este campo no son tan evidentes en el analógico, al requerirse un mayor ancho de banda en aquel y ser éste un factor crítico en el diseño del satélite.



The background features a large, faded watermark of the University of the Pacific logo. The logo is an oval shape containing a sun, mountains, and a cross. The text "UNIVERSITAS MAJOR PACENSIS DIVI ANDREAE" is visible around the perimeter of the oval.

CAPÍTULO III

MARCO APLICATIVO

3. MARCO APLICATIVO

3.1. Especificaciones de parámetros de fibra óptica

Para evaluar la calidad de transmisión en fibra óptica, fundamentalmente se orienta a los indicadores de latencia, atenuación y la longitud de fibra.

El presente trabajo de investigación principalmente se orienta al análisis del indicador de la latencia y la atenuación en la fibra óptica.

3.2. Calculo de la Latencia

La latencia es función del ancho de banda, y el throughput, sin considerar la contención:

$$\text{Latencia} = F(\text{Ancho Banda, Througput})$$

El ancho de banda se mide en bits por segundo (bps). Normalmente se considera un 80% de uso del canal. Si tenemos un ancho de banda de 512 (Kbps), es decir, 64 KiloBytes por segundo (KB/s), entonces el límite teórico considerando el 80% de eficiencia, es de 51.2 KB/s ($32 * 0,8$). Por lo tanto, una página de 80 KB, será descargada en 1,56 segundos.

Si el rendimiento del servidor es de 100 páginas por segundo (p/s), entonces, en generar una página se demorará 1/100 segundos. Luego la Latencia para la página de 80 Kbps es de $1,56 + 0,01$, o sea, 1,57 segundos por página.

Fórmula práctica para la Latencia

Una función práctica para medir la latencia está dada por la siguiente ecuación:

$$L = (1/T) + \{P/W\}$$

Donde:

T: Throughput (rendimiento) expresado en Paginas por Segundo

P: Tamaño de la página en Kilobytes/Pagina

W: Ancho banda efectiva en Kilobytes por segundo (se puede calcular rápidamente dividiendo el ancho de banda en Kbps por 10).

Ejemplo 2: La contención tiene un efecto sobre el throughput: supongamos que tenemos 1.000 usuarios, queriendo acceder a una página al mismo tiempo, ésta debe realizar una consulta a la base de datos y entregar un resultado, que corresponde a 40 kilobytes de datos (incluyendo el código html). Asumamos que tenemos un pool de 10 conexiones a la base de datos, y que la consulta toma unos 250ms en ejecutarse. De acuerdo a la Teoría de Colas, el tiempo promedio de espera para usar la conexión es de 12,375 ms, luego, el tiempo promedio para generar la página es de 12,625 ms, o sea, el throughput en este caso es de 0,08 p/s (1000/12,625). Si el ancho de banda es 256 Kbps, tendremos que la latencia teórica es de: $L = 1/0.08 \text{ [seg/pag]} + 40/25.6 \text{ [kb/pag]/[kb/seg]} = 14.06 \text{ [seg/pag]}$ **

Latencia Ideal***: corresponde a la latencia sin considerar el throughput, es decir:

$$L_i = P / W$$

3.3. Cálculo de la Atenuación

Generalmente en las tecnologías del cableado UTP se realizan diferentes mediciones para caracterizar el enlace. En el caso de la fibra óptica, la medición más importante es la atenuación para caracterizar la fibra, mientras que la longitud puede ser medida físicamente, o en el caso de fibras largas por medio del OTDR.

La medición de la atenuación se puede realizar basado en un kit que cuenta con una fuente de energía óptica colocada a un extremo del enlace, y de un medidor de potencia colocado al otro extremo, determinando este medidor la potencia recibida y por consiguiente la atenuación.

En la fibra óptica para redes de área local (LAN's) las mediciones se pueden realizar de 2 tipos de mediciones que se pueden ser mediante las pruebas de pérdida óptica en las OLTS y en las OTDRs.

Las pruebas OTDR (Optical Domain Reflectometer - Reflectómetro del dominio óptico) son los que permiten pruebas que requieren instrumentos mucho más sofisticados y permiten medir localización de rotura de la fibra, identificación de conexiones defectuosas y medición de la longitud de la fibra, o sea, son mediciones para detección y localización de fallas. Estas pruebas son más comúnmente usadas para medir fibras monomodo debido a la mayor longitud y a los conectores usados. También pueden medir pérdida entre extremos, aunque estos medidores son menos precisos que los medidores de potencia óptica.

Ellos son poco usado en fibras multimodo debido a la menor cantidad de conectores (normalmente no más de 4) y a su menor longitud, de modo que son más fácilmente localizable el defecto.

Las pruebas de pérdida óptica OLTS (Optical Loss Test Set) permiten medir la atenuación del enlace requerida por las normas, por medio de una fuente óptica y de un medidor de potencia óptico.

La OLTS se basa en la medición de la pérdida de energía óptica de un extremo a otro del enlace óptico. Puede medirse la potencia transmitida, la potencia de la señal recibida o la pérdida del enlace. Las OLTS son pruebas relativamente económicas y las más usadas por el instalador de fibra óptica.

Para determinar el desempeño de una fibra óptica es necesario determinar la atenuación de la fibra a un mínimo de dos longitudes de ondas para asegurarse que la fibra cumpla con las expectativas de las tecnologías de redes más comunes.

Las longitudes de ondas usadas por las redes LAN pueden ser 850, 1300 o 1550 nm y luego se comparan las lecturas con los valores límites fijados por las normas TIA 568A, la ISO 11801, la FDDI (1300 nm), la 10BaseF (850 nm), y otras.

Para certificación se determinan la Atenuación y la longitud del enlace. Ahora bien, hay que hacer una aclaración sobre la Atenuación. Normalmente, al realizarse la medición de atenuación, se determina la pérdida de potencia debido a las imperfecciones del tramo analizado, pero ese valor en sí no es un dato fiable para certificar que el enlace cumple con los estándares.

Esto es debido a que el valor relativo de atenuación no nos dice si una fibra corta y con muchos conectores es mala comparada con una fibra larga de pocas conexiones que presente igual valor de atenuación. Si bien, ambas fibras tienen igual valor de atenuación y caen por debajo de los límites mínimos, hay que distinguir en que la corta será de calidad inferior a la larga.

Para salvar esta dificultad de la relatividad del valor de atenuación, se debe determinar, en función de la configuración de ese enlace, el valor máximo OLB (Optical Link Budget).

El OLB es la suma de las atenuaciones permitidas por conectores, uniones (splitters) y longitud de la fibra.

Las normas dan esos valores para los conectores, las uniones y la atenuación por km, de modo que, sumando las atenuaciones introducidas por cada conector o unión y la atenuación para la longitud del enlace, se puede saber cuál es la máxima atenuación permitida para ese enlace en particular. El valor leído por el instrumento de potencia óptica debe ser menor a ese OLB calculado.

Normalmente los instaladores no hacen esa determinación del OLB, lo cual dará una interpretación errónea de la lectura de atenuación, ya que puede certificarse como buena un enlace de fibra que en realidad de acuerdo a su configuración física no cumple dentro de los valores límites establecidos.

La TIA/EIA 568A y el ISO/IEC 11801 establecen la siguiente fórmula para determinar los valores límites máximos para cada enlace en particular:

OLB = Atenuación del enlace = Coeficiente de atenuación del cable [dB/km] x longitud del cable [km] + (número de conectores x pérdida por conector [dB]) + (número de empalmes o uniones x pérdida por empalme [dB])

Las normas proporcionan los coeficientes de pérdida para determinar la expresión de acuerdo a las siguientes tablas.

3.4. TIA / EIA-568-A



TIPO DE FIBRA	LONGITUD DE ONDA	COEFICIENTE DE ATENUACION POR CABLE	PERDIDA CONECTOR	PERDIDA POR EMPALME
62.5/125	850 nm	3.75 dB/Km	0.75 dB	0.3 dB
62.5/125	1300 nm	1.5 dB/Km	0.75 dB	0.3 dB
50/125	850 nm	3.75 dB/Km	0.75 dB	0.3 dB
50/125	1300 nm	1.5 dB/Km	0.75 dB	0.3 dB
Mono modo	1310 nm	1.0 dB/Km	0.75 dB	0.3 dB

Tabla 3.TIA/EIA-586-1

Fuente: Elaboración Propia

3.5. ISO / IEC 11801

TIPO DE FIBRA	LONGITUD DE ONDA	COEFICIENTE DE ATENUACION POR CABLE	PERDIDAD CONECTOR	PERDIDA POR EMPALME
62.5/125	850 nm	3.5 dB/Km	0.75 dB	0.3 dB
62.5/125	1300 nm	1.5 dB/Km	0.75 dB	0.3 dB
50/125	850 nm	3.5 dB/Km	0.75 dB	0.3 dB
50/125	1300 nm	1.0 dB/Km	0.75 dB	0.3 dB
Mono modo	1310 nm	1.0 dB/Km	0.75 dB	0.3 dB

Tabla 4.ISO/IEC 11801

Fuente: Elaboración Propia

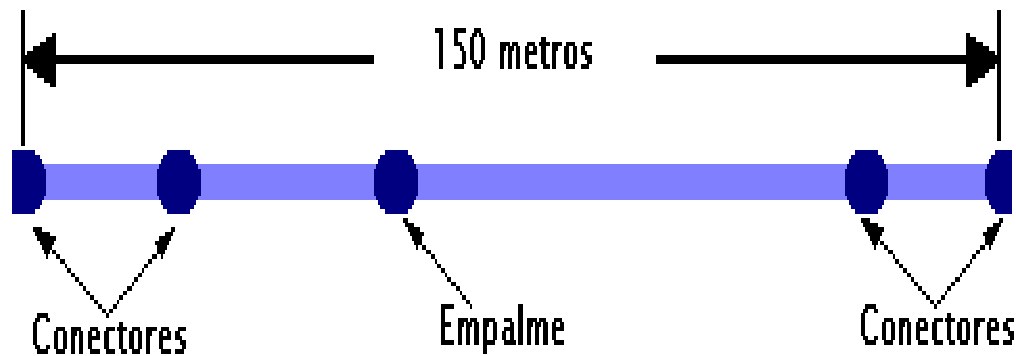
TABLA DE DISTANCIAS ADMISIONES Y ATENUACION DE CANAL PARA DISTINTAS APLICACIONES DE FIBRA OPTICA							
APLICACIÓN	LONGITUD DE ONDA (nm)	MAX. DISTANCIA ADMISIBLE (m)			Máxima Atenuación del canal (dB)		
		62.5 um	50 um	Monomodo	62.5 um	50 um	Monomodo
		10 BASE FL (Ethernet)	850	2000		NTS	12.5
TOKEN RING 4/16	850	2000		NTS	13.0	8.3	NTS
100 BASE FX (Fast Ethernet)	1300	2000		NTS	11.0	6.3	NTS
FDDI (Low Cost)	1300	500		NTS	7.0	2.3	NTS
FDDI (Original)	1300	2000		40000	11.0	6.3	10.0 a 32.0
ATM 52	1300	3000		15000	10.0	5.3	7.0 A 12.0
ATM 155	1300	2000		15000	7.0	7	7.0 A 12.0
1000 BASE SX (Gigabit Ethernet)	850	220	550		3.2	3.9	
1000 BASE LX (Gigabit)	1300	550	550	5000	4.0	3.5	4.7

Tabla 5. Tabla de Distancias Admisiones y Atenuación de Canal para Distintas Aplicaciones de Fibra Óptica

Fuente Elaboración Propia

Los valores de Atenuación corresponden a esa distancia. A distancias diferentes corresponden valores de atenuación diferentes.

Para clarificar, tomemos un enlace de 150 metros de Fibra Optica de 62,5 μm a una longitud de onda de 850 nm y determinemos el OLB para ella.



Enlace de Fibra Óptica

Ilustración 2. Enlace de Fibra Óptica

Fuente: Elaboración Propia

$$\text{OLB} = 0,75 \text{ dB} \times 4 \text{ conectores} + 0,3 \text{ dB} \times 1 \text{ empalme} + 3,75 \text{ dB/km} \times 0,15 \text{ km} = 3,86 \text{ dB}$$

@ 850 nm OLB == 3.86 dB @ 850 nm según norma TIA

Por lo que el enlace debería tener una atenuación medida menor o igual a 3.86 dB.

Las pruebas de las fibras monomodo deben hacerse siguiendo los requisitos de la norma ANSI/TIA/EIA-526-7 método A. Estas fibras trabajan a 1310 nm y deben chequearse las dos fibras desde ambos lados a menos que se conozca a priori cuál de las dos es la Transmisora TX y cuál es la receptora RX.

Los valores a tener en cuenta como referencia límite según la longitud para fibras mono modo son:

LONGITUD	<= 90 m	91 - 1000 m	1001 - 2000 m	2001 - 5000 m
Atenuación @ 1310 nm	<=2.0 dB	<=3.0 dB	<= 3.3 dB	<= 4.7 dB

Tabla 6. Longitud Atenuación

Fuente: El Diario

Para realizar un mejor cálculo de la atenuación, se debe incorporar a la fórmula una variable T (Periodo de tiempo a calcular), que permita realizar evaluaciones periódicas sobre la señal y determinar el momento que exista una pequeña degradación de la señal, para poder realizar un monitoreo más óptimo de la atenuación en la fibra.

Por lo tanto, la nueva fórmula será:

$$\text{OLB} = \text{Atenuación del Enlace} = \text{Coeficiente de atenuación del cable [dB/km]} \times \text{longitud del cable [km]} + (\text{número de conectores} \times \text{pérdida por conector [dB]}) + (\text{número de empalmes o uniones} \times \text{pérdida por empalme [dB]}) + T$$

Donde T representa el periodo de tiempo, con el cual se realizaría el cálculo de la atenuación



CAPÍTULO IV
CONCLUSIONES Y
RECOMENDACIONES

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES

- Existen bastantes indicadores para deducir la calidad del servicio en las comunicaciones basadas en fibra óptica pero el trabajo se enfocó al análisis de la latencia y la atenuación.
- Las mejoras del indicador de la latencia están condicionada a las características del medio de transmisión y las capacidades del procesamiento de datos del servidor de la información.
- El indicador de la pérdida de la señal, en el presente trabajo se realizó modificaciones a la formula, adicionando una variable que permita realizar los cálculos en intervalos de tiempo para realizar un mejor monitoreo de la pérdida de la señal.
- Mediante el algoritmo presentado se podría determinar exactamente el tramo donde la señal sufre modificaciones en su estructura, lo que implica la pérdida de la señal.

4.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar mejoras al algoritmo propuesto para el cálculo de la atenuación en periodos de tiempo, donde se podrían analizar la modificación de nuevas variables para optimizar la mencionada formula.
- Para aminorar la latencia se recomienda analizar otros factores como podrían ser:
- Analizar la posibilidad de guardar los objetos pre calculados, guardar tablas con parámetros (caching).
- Analizar la posibilidad de tener redundancia de servidores para balancear la carga (Server farm)
- Realizar un análisis de los elementos más utilizados (posibles solicitudes), si la tabla de ciudades se va a usar siempre, en vez de leerla 1 vez, puedo tener un objeto de aplicación que lea la tabla de ciudades y se mantiene una copia compartida por todas las sesiones.



BIBLIOGRAFÍA

5. BIBLIOGRAFIA

- Company F. J. & Ortega T. B. (2006). Redes Ópticas. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia
- Chomycz B. (2000). Instalaciones de fibra óptica: fundamentos, técnicas y aplicaciones. New York: McGraw-Hill
- Martin P. J. (2005). Sistemas y redes ópticas de comunicaciones. Madrid: Prentice Hall.
- Mohd N. D. (2009), Fiber to the home (FTTH) architecture: design and optimization. USA: LAP Lambert Academic Publishing
- Roebuck K. (2011). FTTH- Fiber to the Home, Publishing Emereo, 1, 1, 80-130
- Roger S. L. (2010). Diseño de una red de fibra óptica. Envigado: Institución Universitaria de Envigado.
- Catálogo de CenterCable, (<http://.centercable.com/catalogo/FO/08FORISERFLEX>),
- Productos Ópticos en China, (http://es.made-in-china.com/co_trtfiber/produCt_FC-Optic-Patch-Panel-96-cores-Coupler_Metal_eyyrenhhg.html).
- Telemedicina, (<http://es.wikipedia.org/wiki/Telemedicina>).
- EmpresaFiberco, (<http://www.fiberco.es/presentacion-fiberco/historico-referencias.asp>).
- Redes PON normas, (http://wikitel.info/wiki/UA-Redes_PON_GPON_derivadas//TECNOLOGIAGPON).



ANEXOS

6. ANEXOS

RESOLUCIÓN ADMINISTRATIVA REGULATORIA ATT-DJ-RA TL 0202/2013

La Ley N° 164, de 8 de agosto de 2011, General de Telecomunicaciones, Tecnologías de Información y Comunicación; el Decreto Supremo N° 139, de 24 de octubre de 2012, Reglamento General a la Ley 64 - Sector de Telecomunicaciones; el Informe Técnico N° ATT-DTL-INF TEC 0456/2013 de 22 de abril de 2013; todo demás ver y tener presente.

Que, las competencias y atribuciones para la Autoridad de Fiscalización y Control Social de Telecomunicaciones y Transportes están definidas por el Decreto Supremo N° 0071 de 9 de abril de 2009, quedando sometidas a ésta las personas naturales y jurídicas, privadas, comunitarias, públicas, mixtas y cooperativas, garantizando los intereses y derechos de los usuarios o consumidores, promoviendo la economía plural prevista en la Constitución Política del Estado - CPE y las leyes en forma efectiva.

Que, la Ley N° 164, de 8 de agosto de 2011, General de Telecomunicaciones, Tecnologías de Información y Comunicación, en su disposición Transitoria Séptima, dispone: "La presente Ley entrará en vigencia en fecha de publicarse."

Que, mediante Resolución Suprema N° 05792 de fecha 17 de agosto de 2011, se designa a Pedro Clifford Paravicini Hurtado, como Director ejecutivo de la ATT.

Que, el artículo 20, párrafo 11, de la Constitución Política del Estado, establece que es responsabilidad del Estado, en todos los niveles de gobierno, la provisión de los servicios básicos a través de entidades públicas, mixtas, cooperativas o comunitarias. En los casos de electricidad, gas domiciliario y telecomunicaciones se podrá prestar el servicio mediante contratos con la empresa privada.

La provisión de servicios de debe responder a los criterios de universalidad, responsabilidad, accesibilidad, continuidad, calidad, eficiencia, eficacia, tarifas equitativas y cobertura necesaria; con participación y control social

Que, el artículo 5, numeral 3 de la Ley N° 164 establece que los servicios de telecomunicaciones y tecnologías de información y comunicación, así como el servicio deben responder a indicadores de calidad definidos en estándares nacionales e internacionales.

Que, el artículo 5, numeral 10, de la Ley N° 164, establece que la prestación de servicios de telecomunicaciones y tecnologías de información y comunicación, así como al servicio postal fomentara l.

Resolución Administrativa Regulatoria ATT-DJ-RA TL 0202/2013 adopción de mecanismos para lograr el acceso a los servicios de sectores con menores ingresos y grupos con necesidades especiales, buscando calidad y precios asequibles.

Que, el artículo 6, numeral 6° de la Ley N° 64, define el servicio Universal de Telecomunicaciones como el conjunto definido de servicios de telecomunicaciones, tecnologías de información y comunicación cuya prestación garantiza para todas las usuarias y los usuarios fin con independencia de su localización geográfica, con una calidad determinada y a un precio asequible.

Que, el artículo 7, numeral 10 de la Ley N° 164, establece como competencia del nivel Central del Estado promover la provisión de servicios en telecomunicaciones y tecnologías de información y comunicación y postal en el marco de los principios de acceso universal, continuidad, calidad y solidaridad.

Que, el artículo 26, párrafo IJ, numeral 5, de la Ley N° 164, establece que las condiciones generales de los contratos que sus a rribara la ATT, para la provisión de servicios y operación de redes de telecomunicaciones y tecnologías de información y comunicación, debería estar orientadas a garantizar la calidad del servicio.

Que, el artículo 27, numeral 3, de la Ley N° 164, establece que el contenido de los contratos para la provisión de servicios y operación de redes de telecomunicaciones, deberán convenir mínimamente el régimen de la calidad del servicio.

Que, el artículo 54, numeral 1, de la Ley N° 164, establece como derecho de las usuarias y usuarios, acceder en condiciones de igualdad, equidad, asequibilidad, calidad, de forma ininterrumpida a los servicios de telecomunicaciones y tecnologías de información y comunicación.

Que, el artículo 54, numeral 7 de la Ley N° 164, establece como derecho de las usuarias y usuarios, conocer los indicadores de calidad de prestación de los servicios al público de los proveedores de telecomunicaciones y tecnologías de información y comunicación.

Que, el artículo 59, numeral 2, de la Ley N° 164, establece como obligación de los operadores y proveedores, proveer en condiciones de igualdad, equidad, asequibilidad, calidad, de forma ininterrumpida, los servicios de telecomunicaciones y tecnologías de información y comunicación.

Que, el artículo 60 de la Ley N° 164, establece que los proveedores de servicios de telecomunicaciones y tecnologías de información y comunicación, deben presentar mensualmente los resultados de la medición de las metas de calidad para cada servicio, ante la Autoridad de Regulación y Fiscalización de Telecomunicaciones y Transporte y publicarlas en un sitio Web, éstos deberán ser verificables, comparables y de acceso público.

La Autoridad de Regular ton y Fiscalización de Telecomunicaciones y Transportes aprobara las normas técnicas eficaz para su aplicación.

Que, el Parágrafo I, de la Disposición ton Transitoria Tercera de la Ley N° 164. establece asimismo que de forma transitoria hasta que se apruebe el reglamento de calidad para cada uno de los servicios,

quedan vigentes las metas de calidad actividades, El incumplimiento de las mencionadas metas será sancionado de acuerdo procedimientos y multas establecidas en los respectivos contratos.

Que, el artículo 3, numeral a), del Reglamento a la Ley N° 164, del Sector de Telecomunicaciones, aprobado mediante Decreto Supremo N° 1391 de 24 de octubre de 2012, establece como prioridad pública.

RESOLUCIÓN ADMINISTRATIVA REGULATORIA ATT-DJ-RA

TL 0202/2013 la satisfacción en los servicios de telecomunicaciones; los operadores y proveedores, titulares de una licencia, adecuaran sus instalaciones para una atención eficiente y de buena calidad a las usuarias y usuarios.

Que, el artículo 73, párrafo I, del Reglamento a la Ley N° 164, del Sector de Telecomunicaciones, establece que el titular de una licencia debe construir y mantener sus instalaciones directamente relacionadas a la operación de la red y provisión del servicio observando los estándares técnicos de calidad definidos por la ATT de acuerdo al tipo de servicio, cuyo incumplimiento dará lugar a las sanciones aplicables.

CORE

Llamadas Completadas (LLC)

Se elimina este indicador.

Tiempo de Degradación Severa del Servicio (TDSS)

Se mantiene la vigencia del indicador

Probabilidad de Pérdida en cada Ruta de Interconexión (PPCRIX)

Se mantiene el.

ACCESO

Accesibilidad (ACC)

Se considera un solo grupo de Radio Bases con el valor mínimo.

Referencia de la RAR 1075/2010.

Retenibilidad (RfT)

Se considera tan solo grupo de Radio Bases con el valor mínimo de referencia de la RAR 1075/2010.

Disponibilidad de Radio Bases (DRB) - Se considera que las Radio Bases que cuentan con Acceso Satelital sean excluidas de los indicadores de ACC y RET, y sean evaluadas dentro del indicador DRB, por otra parte, se determina que estas no deberán estar indisponibles por más de 15 las consecutivos.

Calidad de Voz (CV)

Se mantiene vigente el indicador.

Cobertura Radioeléctrica (CR)

Se mantiene vigente el indicador.

SERVICIOS

Tasa de Mensajes Cortos de Textos Exitosos (TMCTE)

Se mantiene vigente el indicador,

considerándolo como informativo, hasta que se definan los nuevos estándares de calidad.

Respuesta del Operador (TRO)

Para este indicador se confinan la exclusión de llamadas inhonestas, si el operador puede discriminar estas de su registro.

Probabilidad de Pérdida de la Interconexión con los Cal Centers (PPIXCC)

Se confirma como valor de referencia de 2% ct 93% de los días del fallo (26 días).

Tasa de Errores de Facturación (TEF)

Se confirma la eliminación de este indicador.

Que, el tutor me Técnico N° ATT DTL INF TEC 0456/20 13 de 22 de abril de 20 13, sérialo que una vez revisada la documentación cursante en esta Autoridad y considerando los reportes presentados durante las gestiones 201 I, 20 12, hasta la fecha, se elaboró los nuevos Indicadores de Calidad para el Servicio Móvil, detallando a continuación los ejes principales de los mismos:

CORE

Tiempo de Degradación Severa del Servicio (TDSS)

Que, para el indicador TDSS, se mantiene acorde a lo establecido en la RAR 1075/2010, de fecha 30 de diciembre de 20 10, considerando que para la medición del parámetro llamadas completadas los operadores excluirán el parámetro referente a llamadas con de marcación.

Probabilidad de Pérdida (PPCRIX)

Que, de acuerdo al análisis realizado entre los operadores y esta elite reguladora la ATT realizo las siguientes aclaraciones y modificaciones dentro de la planta.

Que, en la RAR 1075/2010 se estableció el valor objetivo menor o igual al 1% durante el 95% de los 365 días del año (18 días del año que una ruta podría estar con congestión), pudiendo presentar una ruta congestión de 1,5 días, que en la práctica se debería considerar como un día, por lo que se consideró realizar la modificación del valor objetivo a un valor menor o igual al 1% durante el 94% de los días del mes calendario, dos(2) días al mes (24 días al año).

Resolución Administrativa Regulatoria ATT-DJ-RA TL 0202/2013

Que, la definición de rutas virtuales incluida a sugerencia de NUEVATEL PCS DE BOLIVIA S.A., técnicamente no fue correcta, debido a que este operador trabaja con grupos de circuitos para balancear su tráfico.

ACCESO

Accesibilidad (ACC), Retenibilidad (RET) y Disponibilidad (DRB);

Que, el análisis realizado para los indicadores de ACC, RET y DRB establecidos mediante RAR 1075/20 10, en cuanto a la definición de los grupos, establece una clasificación de acuerdo a las adyacentes de cada Radio Base.

Que, considerando que las adyacencias de las Radio Bases tienen un comportamiento dinámico, estas no es un buen referente para la definición de grupos de Radio Bases, por lo que se confirma utilizar un solo grupo de Radio Bases para la medición estos indicadores.

Que, las Radio Bases con tecnología de acceso Satelital, no serán excluidas, considerando que lo dos los. Usuarios tienen derecho de acceder en las mismas condiciones de igualdad, equidad, asequibilidad, calidad, de forma ininterrumpida a los servicios de telecomunicaciones y tecnologías de información y continuación.

Que, se considera diferenciar la medición de estos indicadores por tecnología, para redes 2G y 3G, debe las homologaciones realizadas conformen la RAR I 075/20 10, fueron realizadas únicamente para tecnología 2G.

Que, de acuerdo a observaciones de la fecha 22 de abril y a solicitud de los operadores, hasta la conclusión del periodo de adecuado, estos indicadores serán reportados con un valor objetivo del 96%, debiendo modificarse el valor objetivo a 97% de Accesibilidad, Retenibilidad y Disponibilidad; una vez concluya dicho periodo.

Calidad de Voz (CV):

Que, del análisis realizado en cuanto al planteamiento de la medición establecido en la RAR I 075/2010, para supervisar la calidad de voz percibida por los usuarios del

Servicio Móvil, sería la que la medición debería ser realizada de manera estática; en ciudades capitales dos veces al año y en ciudades del eje troncal.

Que, del análisis realizado, se replantea la forma de medición de este indicador, considerando que las mediciones tonos tonadas deberían ser representativas, por lo que se plantea tomar una ruta por que comprenda un distrito o carretera dentro de cada ciudad, con una a de nuestras superiores a las dos mil (2.000) medidas.

Cobertura Radioeléctrica (CR);

Que, del análisis realizado con los operadores se eliminó este indicador propuesto en RAR I 075/2010, de fechas 30 de diciembre de 2010.

Resolución Administrativa Regulatoria ATT-DJ-RA TL 0202/2013

SERVICIO

Tasa de Mensajes Cortos de Texto Exitosos (TMCTE);

Que, del análisis realizado se mantiene este indicador.

Tiempo de Respuesta al Operador (TRO);

Que, del análisis realizado se adecuó las definiciones y la aplicación de este indicador.

Probabilidad de Pérdida por Congestión en Rutas de interconexión entre los nodos de conmutación y los CALL CENTER del operador (PPIXCC);

Que, del análisis realizado se aclaró que el objetivo de este indicador es determinar la pérdida por congestión en rutas de interconexión entre los nodos de conmutación y los CALL CENTER's del operador.

Que, de análisis técnico realizado se determinó cambiar el valor objetivo a menor o igual a 2% durante el 94% del día calendario, 2 días al mes (24 días al año),

Tasa de Errores de Facturación (TEF);

Que, del análisis realizado con los operadores se consideráis en primera instancia la eliminación de este inclinador, Sin embargo, Realizado nuevamente un análisis técnico y la revisión de recomendaciones intimes Zona I es se vio por conveniente replantearlo en dos nuevos indicadores acordes a los conceptos de facilidades Pre Pago y facilidades Post Pago.

Que, por lo mencionado en el Informe técnico No ATT DTL INF TEC 0456/20 13 de 22 de abril de 20 13, de la Dirección Técnica Sectorial de Telecomunicaciones, el cual concluye y recomienda que, de acuerdo a lo expuesto, la necesidad de reformular los indicadores de calidad establecidos en la RAR I 075/2010 para el Servicio; definiéndolos de la siguiente:

CORE

Tiempo de Degradación Severa del Servicio (TDSS).

Probabilidad de Pérdida por Congestión en Rutas de Interconexión (PPCRIX).

ACCESO

Accesibilidad (ACC).

Retenibilidad (RET).

Disponibilidad de Radio Bases (DRB).

> Calidad de Voz (CV).

SERVICIOS

Resolución Administrativa Regulatoria ATT-DJ-RA TL 0202/2013

Tasa de Mensajes Cortos de Textos Exitosos (TMCTE).

Tiempo de Respuesta del Operador (TRO).

Probabilidad de Pérdida por Congestión en Rutas de interferencia entre los Nodos de Conmutación y los Call Center del Operador (PPIXCC).

Tasa de Errores de Facturación Post Pago (TEF-POST).

Tasa de Errores de Facturación Pre Pago (TEF—PRE). SANCIONES

Que, los operadores precisan de un periodo para adecuar sus sistemas para la edición de los indicadores de calidad propuestos y que los mismos no sustituirán las metas de calidad establecidas en los Contratos de Concesión de los operadores, y que en tanto esta Autoridad resuelva la evaluación con carácter sancionatorio, se utilizar un sistema de puntuación que simula la aplicación de sanciones en caso de incumplimientos.

Que, en los indicadores se define el parámetro “Puntos”, como unidad de medida tomada como referencia por el incumplimiento de las metas de calidad. Que, en caso que esta Autoridad aplique una nueva unidad de medida para establecer sanciones, esta debe ser aplicada al parámetro “Puntos”.

A finales de los años 90, PON comenzó a ser considerado tanto por las operadoras como por los suministradores como una interesante solución para ofrecer acceso de fibra óptica hasta los usuarios residenciales. Su naturaleza punto a multipunto resultaría en ahorros significativos en la instalación de la fibra óptica y en interfaces ópticos.

Además, PON no requiere de dispositivos electrónicos u optoelectrónicas activos para la conexión entre el abonado y el operador y por lo tanto supone una inversión y unos costes de mantenimiento considerablemente menores.

A medida que la fibra se abarataba y los distintos organismos regulatorios de cada país se interesaban más por las conexiones de redes de fibra óptica, los operadores y fabricantes comenzaron a impulsar las tecnologías PON. En la primavera de 1995, se formó el FSAN (Full Service Access Network), con el fin de promover estándares mediante la definición de un conjunto básico de requerimientos y de este modo mejorar la interoperabilidad y reducir el precio de los equipos. Las especificaciones de PON del FSAN formado por los principales

operadores y suministradores de equipos de telecomunicación y medida del mundo reflejan las necesidades y el consenso de sus miembros.

CARACTERÍSTICAS	ITU-T BPON	ITU-T GPON	ITU-T EPON
Tasa de bits (Mbps)	down: 1.244, 622, 155 up: 622, 155	down: 2.488, 1.244, 622, 155 up: 2.488, 1.244, 622, 155	down: 1.250 up: 1.250
Codificación de línea	NRZ scrambling	(+ NRZ (+ scrambling))	8b/10b
Ratio de división máximo	1:32	1:128 (1:64 en la práctica)	1:32
Alcance máximo	20 km	60 km (con 20 km de distancia entre ONTs)	20 km
Estándares	Serie ITU-T G.983.x	Serie ITU-T G.984.x	IEEE 802.3ah
Soporte TDM	TDM sobre ATM	TDM nativo, TDM sobre ATM, TDM sobre paquetes	TDM sobre paquetes
Soporte vídeo RF	No	Sí	No
Eficiencia típica (depende del servicio)	83% downstream 80% upstream	93% downstream 94% upstream	61% upstream 73% downstream
OAM	PLOAM+OMCI	PLOAM+OMCI	Ethernet OAM (+SNMP opcional)
Seguridad downstream	Churning o AES	AES	No definida
OAM	PLOAM+OMCI	PLOAM+OMCI	Ethernet OAM (+SNMP opcional)

Tabla 7. Características ITU-T BPON, ITU-T GPON, ITU-T EPON

Tabla: Fuente: Internet

En 1998, APON (ATM PON), fue la primera especificación concebida por el FSAN. APON tuvo un notable éxito en cuanto a despliegue comercial pero carecía de la capacidad requerida para ofrecer vídeo. Sus velocidades iniciales eran de 155 Mbps, aunque se mejoró posteriormente para soportar hasta 622 Mbps. El protocolo de transmisión se basa en ATM lo cual supone problemas a la hora de adaptar y provisionar servicios así como baja eficiencia para el transporte de datos.

En 2001, el FSAN presenta BPON (Broadband PON), una tecnología que también se basa en ATM con el problema de costes y complejidad que ello supone pero introduce una longitud de onda adicional para transportar vídeo RF. Mientras BPON estaba siendo desplegado con un gran éxito en Japón y EEUU, se definían EPON y GPON.

EPON (Ethernet PON) era definido en 2004 por el grupo EFM (Ethernet First Mile), del IEEE como la técnica PON de nueva generación que influenciada por la tecnología Gigabit Ethernet existente, permitía a los suministradores de equipos lanzar rápidamente al mercado equipos de mayores anchos de banda a precios más competitivos.

No obstante, EPON carecía de muchas funcionalidades necesarias para el transporte de otros servicios con calidad de operador que daban lugar a soluciones propietarias. Así mismo la eficiencia de línea es baja debido a una codificación de línea con gran sobrecarga aun así es una tecnología con un notable éxito en Corea del Sur, Japón y Taiwán.