

## Ventajas tecnológicas y empresariales de las infraestructuras de telecomunicaciones basadas en frame relay en los isp (internet serviceprovideren)

### Technology and business benefits of telecommunications infrastructure in frame relay based on the isp (internetserviceprovideren)

---

**Angel Pinto** anpima1@hotmail.com  
Universidad del Sinú, Colombia

**Samuel Polo** nextinsas@gmail.com  
Universidad de Córdoba, Colombia

**Juan Torres**  
Universidad del Sinú, Colombia

**Mario Macea**  
Macea A., Colombia

Ventajas tecnológicas y empresariales de las infraestructuras de telecomunicaciones basadas en frame relay en los isp (internet serviceprovideren)

Ciencia e Ingeniería, vol. 39, núm. 1, pp. 3-11, 2018

Universidad de los Andes

---

#### Resumen:

*La presente investigación tuvo como propósito determinar el impacto que a nivel tecnológico y empresarial ejerce la tecnología MPLS en los servicios ofrecidos por las empresas proveedoras de servicios de internet ISP (Internet serviceprovideren) la ciudad de Montería, Córdoba – Colombia, lo cual representa un reto importante a nivel mundial, ya que los servicios se medirán sobre la base de parámetros tales como calidad, tiempo, costos y efectividad. Con un estudio evaluativo y un diseño no experimental tipo transeccional de campo, la población estuvo conformada por seis (6) de las principales empresas ISP en la ciudad de montería la muestra es censo poblacional ya que todos los elementos que conforman la población fueron tomados en cuenta para la recolección de los datos, el instrumento utilizado fue la observación y la encuesta. Concluyendo que las tecnologías de transporte como FrameRelay que han soportado el mundo IP (Internet Protocol) presentan carencias fundamentales para aplicaciones sensibles al retardo del tiempo, es así como la tecnología MPLS (Multi-protocolLabelSwitching) rompe con el paradigma permitiendo integrar muchos servicios y funcionalidades en una única plataforma optimizando los recursos en una provisión de servicios más rápida y de mantenimiento mucho más simple, lo que representaría para los ISP reducción de costos operativos y calidad en el servicio, que pueden ser reflejados en el beneficio de los usuarios.*

#### Palabras clave:

FrameRelay, MPLS, IP, ISP, Impacto Tecnológico y Empresarial.

**Abstract:**

*The present investigation was to determine the impact that technological and business level holds the MPLS technology in the services offered by the companies providing internet services ISP (Internet service provider) Monteria, Cordoba - Colombia, which represents a major global challenge, since services are measured on the basis of parameters such as quality, time, cost and effectiveness. With an assessment study and no experimental design, field type, the population was made up of six (6) major ISP companies in the city of Monteria the sample census population as all elements of the population were many services and functionality on a single platform optimizing resources in a supply of services faster and more simple maintenance, which would be for ISPs reduce operating costs and service quality, which can be reflected in the benefit of users.*

**Keywords:**

Frame Relay, MPLS, IP, ISP, Technology and Business Impact.

**1 Introducción**

Hoy en día el crecimiento de las redes IP y los recientes avances hacia la búsqueda de una convergencia en la transmisión de voz, video y datos requieren de una mayor infraestructura y confiabilidad que permitan a los usuarios tener un sistema mejorado en la calidad de sus servicios QoS (*Quality of Service*), (Rodríguez 2000).

El surgimiento de nuevas aplicaciones y servicios en la red, han hecho una gran explosión demográfica con respecto a la red, donde protocolos como IPv4 y tecnologías como FR comienzan a tener muchas falencias para cubrir esta demanda creciente, es por ello que surge MPLS para cubrir las falencias de FR, (Perozo 2000).

Una de las tecnologías más utilizada para el transporte de voz y datos en los sistemas comunicacionales en Colombia es FR (*FrameRelay*), tecnología que pese a poseer características favorables tales como la conmutación de paquete a alta velocidad y señalización eficiente fuera de banda, entre otros; no constituye la mejor alternativa en un mercado donde el crecimiento imparable de la internet no da tregua, así como la demanda sostenida de nuevos y más sofisticados servicios supone cambios tecnológicos fundamentales.

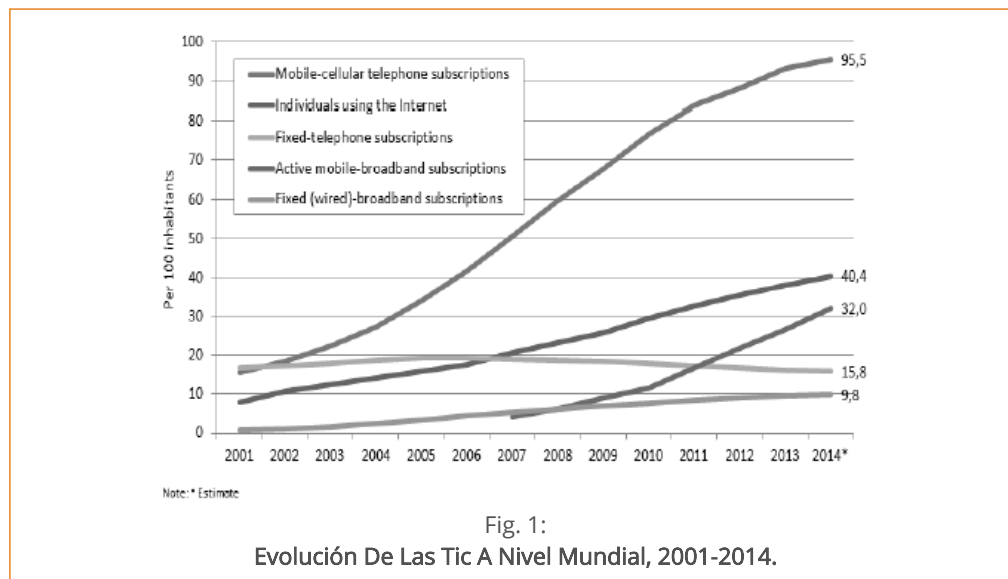
La creciente demanda de ancho de banda y aplicaciones IP unida a la necesidad de clases de servicios y los continuos cambios que se presentan en la actualidad en materia de intercambio electrónicos de datos, han exigido la aparición de tecnologías como MLPS, la cual promete optimizar los recursos actuales, reducir los costos de operación y mejorar la calidad de los servicios actualmente ofrecidos.

La arquitectura MPLS es una tecnología de alto rendimiento aplicable al transporte de paquetes IP a través de la red, donde es posible clasificar el tráfico mediante el concepto de clases de equivalencia de transmisión FEC (*For-wardingEquivalenceClass*). Estas características presentan a MPLS como una solución versátil a los problemas presentes en la convergencia de redes, porque ofrece alta velocidad de conmutación, escalabilidad y gestión de QoS, (Padilla 2007). Una de las principales funciones de MPLS es participar en el establecimiento de los caminos conmutados mediante etiqueta LSP (*LabelSwitched Pat*), el cual se crea mediante un sistema de intercambio de estas, RFC 3031. Esta tecnología ofrece la flexibilidad para entregar y encaminar tráfico en los casos de fallas de enlace, congestión y cuellos de botellas. El protocolo MPLS integra la capacidad de ejecución y de manejo de tráfico de la capa dos con la escalabilidad y flexibilidad del enrutamiento de la capa 3, también se aplica en redes que utilizan cualquier tipo de conmutación en la capa de enlace de datos, teniendo este una mejor prestación cuando se aplica en redes FR y otras tecnologías capa dos (Pasquel, 2010).

**2 Sintomatología Presentada En La Convergencia De Redes**

En la actualidad una de las herramientas más expandida con mayor relevancia en el mundo informático es la internet, la cual desde sus inicios ha venido adoptando nuevos estándares e introduciendo nuevos servicios con el fin de satisfacer las exigencias de los usuarios finales, así como la introducción de nuevas aplicaciones del tipo tiempo real. Desde el punto de vista técnico y empresarial, la funcionalidad de estos nuevos servicios se mide sobre la base de parámetros tales como tiempo, costos y efectividad.

Muchos de los problemas relacionados con los servicios ofrecidos, son temas de análisis por parte de los ISP, esta temática tiene a las empresas en un momento de incertidumbre, debido principalmente a que muchas organizaciones han comenzado a analizar el estado actual a cerca del crecimiento de sus usuarios, así como lo muestran la ITU (*International Telecommunications Union*) en sus cifras estadísticas en lo referente al año 2014, en la **figura 1. ITU**,



Los datos estadísticos muestran que durante el 2014 el mayor crecimiento se dio en el campo de la telefonía móvil celular demostrándose que de cada 100 habitantes 95.5 poseen suscripción a operadores móviles, para un total de 7 mil millones de abonos a nivel mundial. De igual forma en lo referente a las personas que utilizan Internet el crecimiento fue de 3.000 millones de usuarios, así mismo se muestra que la telefonía fija ha ido en descenso durante los últimos cinco años. En cuanto a las suscripciones de banda ancha móviles activos este fue de 2.300 millones en todo el mundo, cabe anotar que todos estos valores se dan en cifras aproximadas, ITU, (Consultada Febrero 2014).

Haciendo una proyección a futuro, empresas como Ericsson predicen que para el 2015 se esperan 15 billones de dispositivos conectados y para el 2020 crecerá en 50 billones de usuarios conectados desde sus dispositivos.

En Colombia el porcentaje de personas que acceden a estas herramientas, según datos revelados por el ministerio de las Tecnologías de la información y comunicación (TIC), correspondiente al segundo trimestre del 2014 en el país hay 8.8 millones de conexión a internet registrándose un porcentaje del 20.5 % en todo el territorio nacional, teniendo en cuenta que la población colombiana es de 48 millones 321 mil 405 habitantes, Min TIC.

Según **Sahagún (2014)**, en el tráfico IP global se multiplicará por tres entre 2012 y 2017 hasta alcanzar 1,4 Zet-tabytes anuales, lo que supone una tasa de crecimiento interanual del 23 por ciento en este período. Teniendo en cuenta su evolución mensual, el tráfico IP global (fijo y móvil) alcanzará cerca de 121 Exabytes mensuales en 2017, desde los casi 44 Exabytes mensuales registrados en 2012 (121 Exabytes equivalen a 30.000 millones de DVDs, 28 billones de MP3s o 750 cuatrillones de mensajes de texto).

En cuanto a la ciudad de Montería actualmente se viene presentando un alto incremento en el número de usuarios que poseen las empresas proveedoras de servicios y por ende un aumento en el tráfico que circula en las redes de la ciudad, ya que empresas como EDATEL, CLARO, entre otras, ofrecen Internet, telefonía y televisión por el mismo medio de transmisión generando tráfico que requieren de tecnologías portadoras que garanticen el transporte de la información principalmente en tiempo real, para así poder satisfacer la demanda mundial de tráfico y por ende ofrecer calidad de servicios.

**Rodríguez (2000)** y **Pasquel (2010)**, conocieron las características del protocolo MPLS y la aplicabilidad de esta tecnología en infraestructuras de redes existentes. Así como también en

analizar las ventajas que este protocolo trae a las redes actuales y sus posibilidades de aplicación en un con-texto regional.

Al analizar la situación futura del tráfico creciente en las redes de datos urge la necesidad de migrar a tecnologías portadoras capaces de soportar todo el transporte de información principalmente el tráfico que se generara en tiempo real en algunas comunicaciones como las video llamadas, telefonía IP, el crecimiento de la IPTV (*Internet Protocol-Television*) entre otras. Es importante resaltar que esta migración debe estar asociada a tecnologías que además de su eficiencia tecnológica traigan consigo el abaratamiento de los costos del servicio prestado por el proveedor.

En cuanto a las tecnologías portadoras de datos como FR cabe destacar que una de las principales problemáticas presentadas en estas redes se debe principalmente a que IP y FR fueron dos protocolos diseñados de manera independiente y para tareas completamente diferentes. Dentro de estas diferencias encontramos: IP ofrece servicios no orientados a la conexión Vs servicios orientados a la conexión FR, lo que causa el establecimiento y mantenimiento de un gran número de circuitos virtuales de control, distintos Mo-delos de direccionamiento, no trabajan bajo los mismos protocolos de enrutamiento y señalización, lo que produce un desempeño poco óptimo, y diferentes esquemas de ubicación de recursos.

Resulta significativo que cada vez es mayor el número y la variedad de aplicaciones en tiempo real que son soportadas sobre redes de transmisión de voz y dato, crecimiento que es aún más notable y significativo cuando enfocamos la mirada hacia internet. Así y como consecuencia del abaratamiento del hardware, el crecimiento de la densidad de integración, la creación e introducción de aplicaciones multimedia (voz, dato y video) tales como telemedicina, teleeducación y videoconferencias entre otros, cada día con mayor nivel de exigencias sobre las redes de transmisión existentes, cuyo fin es soportar la implementación y creación de tales aplicaciones.

Para la implementación de las aplicaciones arriba mencionadas se hace necesario la integración de herramientas eficaces que puedan adaptarse a las demandas de los usuarios finales tanto en direccionamiento como en compatibilidad, las cuales cada día se tornan exigentes, ya que a su vez permiten la existencia de tecnologías de punta con otras ya maduras y cuya plataforma técnica no justifica inversiones adicionales.

Estas aplicaciones de tiempo real, encuentran un nicho fundamental y por excelencia en la internet, debido a la proliferación de la misma y la facilidad de acceso a las masas. Lamentablemente el mundo IP sobre el cual está construido internet, así como, las tecnologías de transporte maduras, como FrameRelay, que soportan el mundo IP de la internet presentan carencias fundamentales para aplicaciones en tiempo real; específicamente nos referimos a la imposibilidad de seleccionar diferentes calidades de servicios QoS; para las diferentes aplicaciones finales, en las que se le da más importancia al servicio de acceso y distribución de con-tenido que al servicio de transporte de datos.

Los servicios implementados sobre la red mundial son diversos, así como también lo son los proveedores de servicios. De allí que una tecnología comunicacional que pueda adoptar diferentes estándares y aplicaciones se hacen necesarias hoy en día. Una de las tecnologías más utilizadas a escala mundial para la infraestructura de transmisión de voz y datos es FrameRelay lo cual ofrece una serie de ventajas que la convierten en una herramienta confiable para el transporte de información e interconexión de redes.

FrameRelay como tecnología de medio de transmisión es usada ampliamente en WAN, ya que permite la conmutación de tramas o paquetes garantizando el uso dinámico del ancho de banda, permitiendo transmitir voz (digitalizada: comprimida y paquetizada) y datos a velocidades desde 64 kbps hasta 45 Mbps. FR ofrece un excelente desempeño para aplicaciones de datos a alta velocidad, sin embargo su desempeño para aplicaciones sensibles al retraso se ve en cierto grado comprometida a causa de la longitud variable de las tramas dentro de las redes basadas en esta tecnología.

Por lo expuesto anteriormente FR no constituye una solución óptima para la creciente demanda de aplicaciones en tiempo real, pues no garantiza la calidad de servicios para aplicaciones de este tipo, que son sensibles al retraso en la transmisión de paquetes.

Esta es una característica primordial en las aplicaciones y requerimientos actuales en las que se hace indispensable una demanda sostenida de ancho de banda y de nuevos y más sofisticados servicios. Por lo tanto es de vital importancia implementar cambios tecnológicos que permitan solventar los problemas de sensibilización al retraso en aplicaciones de tiempo real que se presentan al momento de la implementación y/o ampliación de redes de transmisión de información.

Para tratar de solventar la problemática presentada surge la conmutación multinivel. MPLS es considerado como uno de los pilares fundamentales de las redes de transmisión de información y de la internet del presente siglo, dado a que presenta una serie de características favorables como lo es la estabilidad y flexibilidad que permite mejorar el rendimiento de todo tipo de aplicaciones, sin importar bajo que plataforma se esté trabajando (inclusive FR). MPLS es de bajo costo, fácil de instalar, administrar y ofrece QoS al separar funciones de control de información en la red (Rou-ting) y envío de datos (Forwarding).

La potencialidad que ofrece MPLS se hace muy atractiva a nivel técnico como financiero, ya que puede soportar aplicaciones de administración de la red, ingeniería de tráfico – TE (*trafficengineering*) adapta los flujos de tráfico a los recursos físicos de la red, equilibrando de forma óptima los recursos), Calidad de servicios (QoS) en distintas clases y de establecimiento de redes privadas virtuales (VPN) sobre una topología inteligente, que supera en creces las soluciones actuales de las tecnologías existentes tales como FR.

Las condiciones son favorables para la introducción de servicios IPv6 nativa, desde la frontal, de una manera escalable, sin ninguna restricción de direcciones IPv6 y sin poner un backbone IPv4 bien controlado en peligro. Garantizando la estabilidad Backbone la cual es la clave para los proveedores de servicios, permitiendo su estabilidad en las infraestructuras de redes IPv4 existentes.

Los ISP en ejecución de una infraestructura MPLS/IPv4 siguen las mismas tendencias, ya que en varios escenarios de integración es posible ofrecer servicios de IPv6 en una red MPLS. Cisco Systems especialmente desarrolló 6PE (IPv6 ProviderEdgeRouter sobre MPLS – Encaminadores del borde de la nube del proveedor) para cumplir con todos estos requisitos.

Los Cisco 6PE (IPv6 sobre MPLS) habilitado para re-des troncales permitiendo el dominio del IPv6 para comunicarse entre sí a través de una red de núcleo de MPLS IPv4, no requiere actualizaciones del núcleo de la red y sin reconfiguración de los routers del core, ya que el reenvío se basa en las etiquetas en lugar de la propia cabecera IP, esto proporciona una estrategia muy rentable para el despliegue de IPv6.

Otra tecnología muy similar a MPLS es la ME-TROETHERNET con arquitectura tecnológica destinada a suministrar servicios de conectividad Man-Wan, en la [tabla 1](#) podemos observar las características de esta dos tecnologías.

Tabla 1  
Características De Mpls Y Metro Ethernet

Costo	MPLS normalmente cuesta más que MetroEthernet.	MetroEthernet es <u>tipicamente más asequible</u> que MPLS.
Escalabilidad	MPLS pueden escalar a lo largo de miles de sitios.	MetroEthernet puede escalar a hasta cientos de sitios.
Comportamiento del protocolo WAN	MPLS puede manejar cualquier tipo de conectividad, incluyendo voz y video.	MetroEthernet ofrece baja latencia y alto rendimiento, que es ideal para la recuperación de desastres.
Calidad del servicio (QoS)	MPLS tiene la calidad de servicio ( QoS ) opciones para permitir un tratamiento preferencial de tráfico sensible a la latencia como <u>VoIP</u> .	Los ingenieros de red pueden pasar por alto la complejidad QoS por <u>conectar interruptores directamente a las tuberías Ethernet</u> .
Acuerdos de nivel de servicio	Servicios MPLS vienen con los acuerdos de nivel de servicio SLA (ServiceLevelAgreement) que incluyen garantías de entrega.	Profesionales de TI deben pedir un SLA por sus servicios Ethernet.
Gestión WAN	El uso de MPLS para conectividad WAN requiere que todos los dispositivos de red y herramientas de gestión que sean compatibles con ambos MPLS y Ethernet.	Debido que las LAN (Local Area Network) utilizan Ethernet, ofrecería a las organizaciones una infraestructura todo-Ethernet, lo que simplifica la gestión de redes.

MPLS posee mejores características técnicas respecto a METROETHERNET, que al mediano plazo de la inversión permite una viabilidad técnico-económica para los ISP.

En la actualidad existen muchas técnicas empleadas para el manejo de QoS.VoIP Technologies (2008), que junto con MPLS minimizan las degradaciones introducidas en losservicios multimedia, de manera que mantiene una calidad percibida QoE(Quality of Experience) aceptable por parte de los usuarios.

### 3 Metodología utilizada

Según el propósito de la investigación y en correspondencia a los objetivos planteados en la misma, el estudio es de tipo evaluativa, ya que se busca evaluar el impacto tecnológico y empresarial de MPLS sobre las infraestructuras de telecomunicaciones basadas en FR, con el propósito de establecer los pro y contras de dichas tecnologías para de-terminar cómo se pueden integrarse para proporcionar me-joras a los servicios que se prestan a través de los proveedores de servicios de internet.

A tal efecto el criterio propuesto por Hurtado (1996), señala que la investigación evaluativa intenta resolver una situación, un vacío o necesidad, a través de la aplicación de un programa de intervención, el cual es evaluado en el transcurso de la investigación.

Por otro lado se puede decir que esta es de carácter descriptiva, debido a que pretende estudiar dos tecnologías de comunicación como lo son MPLS y FR, con el objetivo de conocer cómo trabajan independientemente y como pueden combinarse para obtener lo mejor de cada uno de estos protocolos.

Según (Tamayo 2004), las investigaciones descriptivas son aquellas que se orientan a recolectar informaciones relacionadas con el estado real de las personas, objetos, situaciones o fenómenos, tal como se presentaron en el momento de su recolección.

Para el estudio de la variable Impacto de la tecnología MPLS en infraestructuras de redes de telecomunicaciones basadas en FR en los ISP, se utilizaron los diseños de investigación de campo y de diseño no experimental tipo transeccional. Cabe destacarTamayo (2004), plantea

que el diseño de la investigación es posible categorizarla en función del tipo de datos a ser recogidos, clasificándose en dos grandes grupos: por una parte la investigación de tipo bibliográfico y por otra la investigación de campo.

De lo expuesto anteriormente, se puede decir que el diseño del presente trabajo es de campo, ya que se procedió a recoger la información o datos de un grupo de gerentes y coordinadores de unidades, centro de investigación y desarrollo a cerca de la variable de estudio para luego mediante un análisis de tipo cuantitativo, extraer conclusiones que correspondan con los datos recogidos.

Por otra parte, Hernández y col., (1992), indica que una investigación no experimental es aquella en donde no se hace variar intencionalmente las variables, nada más se encarga de observar los fenómenos Tal y Como se dan en el contexto natural. Los mismos autores especifican que un diseño no experimental tipo transaccional es aquella en donde se recolectan datos en un solo momento y en un tiempo único.

Asumiendo algunos principios metodológicos para conformar la población y la muestra de esta investigación, se establece que la población está conformada por seis (6) de las principales empresas que prestan servicios de telecomunicaciones basados en FR en la Ciudad de Montería como lo son EDATEL, ETB, Movistar, CLARO, COLUM-BUS, TIGO, Dichas organizaciones se encuentran ubicadas en diferentes regiones de Colombia entre ellas montería, en donde se realizó este estudio.

La muestra es censo poblacional, ya que todos los elementos que conforman la población fueron tomados en cuenta para la aplicación de los instrumentos de recolección de datos. Para ello se tomará de las empresas antes mencionadas la cantidad de 6 personas, es decir un representante de cada empresa. Debido a la naturaleza técnica y empresarial del alcance del trabajo, el personal encuestado está conformado por áreas tanto técnicas como no técnicas.

#### 4 Resultados

##### *RESULTADOS ALCANZADOS EN EL ÁMBITO TECNOLÓGICO.*

Mediante la **tabla 2** se pueden describir las principales características de las tecnologías que conforman este estudio.



Tabla 2  
Características De Mpls Y FrameRelay

Características Tecnológicas	MPLS	FrameRelay
Objetivo	Encaminamiento y envío de paquetes mediante el uso de etiquetas asignando prioridad a los servicios.	Conexión de LAN y MAN ( <i>Metropolitan Area Network</i> ) mediante circuitos virtuales conmutados o permanentes.
Velocidad de Transferencia	Alta	Alta
Manejo de Trafico	Implementa aplicaciones de ingeniería de tráfico	Implementa FECN ( <i>forward explicit congestion notification</i> ), BECN ( <i>Backward explicit congestion notification</i> ) y CIR ( <i>Committed Information Rate</i> ).
QoS	Excelente	Buena
Funciones de OSI ( <i>Open System Interconnection</i> )	Implementa funciones de capa 1, 2 y 3.	Implementa funciones de capa 1 y algunas de capa 2.
VPN ( <i>Virtual Private Network</i> )	Implementa conexiones IP entre los nodos de la VPN	Implementa PVC ( <i>Permanent Virtual Circuit</i> ) entre los nodos de la VPN
Envío/Recepción de paquetes	Se basa en la asignación e intercambio de etiquetas, estableciendo caminos LSP ( <i>Label Switch Path</i> ) para ello se instituyen tablas de envío con información referente a la red. Esto mediante los algoritmos de encaminamiento.	Define comunicación entre cada par de dispositivo, estas conexiones están asociadas con el identificador de conexión DLCI ( <i>Data Link Connection Identifier</i> ) Este circuito se implementa mediante un circuito virtual FR.

Se puede observar que FR cubre buena parte de las exigencias comerciales de las aplicaciones más difundidas, por ser un conmutador de paquetes de alta velocidad que opera en las capas 1 y 2 del modelo OSI, cuya utilidad principal reside en la interconexión de redes LAN y WAN.

La tecnología FR no implementa todas las funciones impuesta por las exigentes aplicaciones que hoy en día imponen los usuarios finales a las compañías de telecomunicaciones, en especial en lo que se refiere a la diferenciación en la calidad de los servicios, al punto que esta tecnología deja que capas superiores se encarguen, por ejemplo de recuperar las tramas al momento de detectar errores, es decir no completa las tareas que por definición corresponden con una tecnología capa dos, puesto que comprueba que las tramas transmitidas no presentan errores, si existe se descarta la trama y se deja a las capas superiores la solicitud de re-transmisión, FR básicamente lee la cabecera de la trama y la dirige al enlace de salida y comprueba que en este no exista congestión.

FR representa una buena opción tanto para los proveedores de servicios como para los usuarios finales, esto debido a su mejor relación costo – beneficio, flexibilidad y eficiencia. Todo ello gracias a su nativa implementación de circuitos virtuales en la infraestructura de red donde se pueden multiplexar varios circuitos virtuales en un solo circuito físico, es decir, varios usuarios comparten el mismo circuito viéndolo desde su punto de vista como un circuito propio y dedicado, ofreciendo excelentes economías de escala a las empresas prestadora del servicio.



Por otro lado, se pudo observar que la tecnología MPLS por ser una tecnología de conmutación multinivel ofrece una gama de utilidades que pueden ayudar significativamente a mejorar los servicios que se prestan a través de las redes de información en especial los de tipo tiempo real. Lo dicho anteriormente se basa en tres potenciales de MPLS, como lo es la ingeniería de tráfico que adapta los flujos de tráfico a los recursos físicos de la red equilibrando la utilización de esos recursos y de esta manera evitar posibles puntos calientes y/o cuellos de botellas mediante el tráfico por el algoritmo IGP del flujo de tráfico gestionado a otros más descargados, sin importar que no están en la ruta más corta.

Otra potencialidad de MPLS es la excelente calidad de servicio que ofrece, dado a que adapta mecanismos para poder clasificar el tráfico diffserv (*DifferentiatedServices*) En un reducido número de clases de tráfico, con diferentes prioridades, permitiendo diferenciar servicios, tales como www, correo electrónico, multimedia entre otros. Por último y no menos importante se encuentra la construcción de redes privadas virtuales (VPN). MPLS resuelve los inconvenientes presentados en las VPN tradicionales, ya que MPLS crea estos dentro de la red, a base de LSP y no de extremo a extremo través de la red, por lo que una nueva conexión solo afectaría a un solo router permitiendo un mayor crecimiento de las redes y garantizando la calidad de servicios.

Uno de los puntos más importantes para evaluar y conocer el impacto de MPLS sobre FR es el conocimiento del mecanismo de envío y recepción de paquetes o tramas tanto de MPLS como de FR, ya que estas determinan el comportamiento de los datos a través de las redes, evidenciando la confidencialidad de las aplicaciones y servicios implementados sobre las mismas.

Tal como se observa en la **tabla II**. Tanto MPLS como FR implementan mecanismos similares para el envío y recepción de tramas o paquetes. MPLS, utiliza sistemas de intercambio de etiquetas que puede soportar múltiples protocolos de la capa de red. Similar a FR, MPLS envía en paquete o tramas de información sobre las WAN. Cada paquete es etiquetado y la red utiliza esa etiqueta para decidir el destino del mismo. En otras palabras, MPLS agiliza las operaciones de routing determinando caminos más cortos mediante la asignación de etiquetas a los paquetes, estableciendo caminos LSP, mientras que en FR la asignación de etiqueta es análoga a los identificadores de circuito virtuales, usando el protocolo IP para el ruteo de los paquetes.

Para definir el impacto que una tecnología ejerce sobre otra.

**Tabla 3**  
**Tendencias De Las Aplicaciones Con Mpls**

Apls.	Bajo	Medio	Alto	Obs.
Multimedia			X	La transmisión de multimedia es uno de los fuertes de MPLS.
Correo Electrón.			X	Implementado sin problemas
internet			X	Implementado sin problemas
Interconexión de LAN			X	Puede operar en infraestructuras de transmisión mixtas.
Interconexión de WAN			X	Trabaja de la misma manera que el conectado LANs.
Otros			X	MPLS soporta cualquier tipo de aplicaciones

La [tabla 3](#) y [4](#) muestra la diversidad de aplicaciones que están soportadas mediante las dos tecnologías.

Tabla 4  
Tendencias De Las Aplicaciones Con Fr

Apls.	Bajo	Medio	Alto	Obs.
Multimedia		X		La transmisión de multimedia es uno de los fuertes de MPLS.
Correo Electrón.			X	Implementado sin problemas
internet			X	Implementado sin problemas
Interconexión de LAN			X	Puede operar en infraestructuras de transmisión mixtas.
Interconexión de WAN			X	Trabaja de la misma manera que el conectado LANs.
Otros			X	MPLS soporta cualquier tipo de aplicaciones

Tal como se muestra en las [tablas 2, 3 y 4](#) se pudo observar que a pesar de que FR ofrece un excelente desempeño en aplicaciones de alta velocidad no sucede el mismo caso para aplicaciones sensibles al retraso, como lo son por ejemplo las transmisiones de voz, transmisión de imágenes y multimedia en tiempo real (voz y video, teleconferencia), a causa de la longitud variable de la trama dentro de una red FR, entre otras limitaciones técnicas por diseño, hacen imposible para esta tecnología la diferenciación entre paquetes de aplicaciones con diferentes prioridades.

Es aquí donde MPLS entra a desempeñar un papel muy importante, pues ofrece mejorar de forma significativa el rendimiento de la red al orientarla a servir de plataforma tecnológica para la transmisión de aplicaciones sensibles al retraso, pues permite de manera natural y por diseño de la misma tecnología, la diferenciación de calidades de servicios. Lo arriba mencionado se sustenta también en el hecho de que MPLS puede combinar la flexibilidad de una capa de red no orientada a la conexión con los beneficios concebidos por el acceso a una red orientada a la conexión.

Por otro lado, las redes basadas en MPLS pueden usar FR o ATM (*Asynchronous Transfer Mode*) como capas de enlace, pues una de las características principales de esta tecnología es la de poder separar las funciones de control de información en la red (Routing) y envío de datos (forwarding), esto hace de MPLS una herramienta para trabajar en diferentes tipos de ambientes.

A fin de proseguir con el análisis objetivo hasta ahora presentado y con el ánimo de demostrar las potencialidades que ofrece MPLS a redes basadas en FrameRelay a continuación mencionamos las ventajas que pueden ser aprovechadas por redes FR al ser complementadas o bien migradas hacia redes MPLS. Entre tales ventajas se puede mencionar:

MPLS cuenta con fuertes capacidades de manejo de tráfico y calidad de servicio (QoS), las primeras bastantes similares a las soportadas por FR, lo cual permite al usuario final de manera transparente y sin traumas de interrupción del servicio, ostentar un servicio similar al obtenido con la tecnología Frame Relay pero con las ventajas de un más alto rendimiento y confiabilidad de las obtenidas con FR.

MPLS permite de manera inmediata el aprovechamiento de los backbones existentes lo cual permite a las compañías de telecomunicaciones implementaciones inmediatas y expeditas, lo cual los proveedores de servicios podrán evitar altos precios al ofrecer servicios MPLS-FR.

MPLS incorpora avanzadas y novedosas técnicas de recuperación robusta de sus redes ante fallas lo cual es distintivo de un buen servicio ofrecido por FR. Esto permite mantener y mejorar la confiabilidad del servicio ante los usuarios y ultimadamente sus aplicaciones.

La facilidad de MPLS en proveer ilimitada habilidad para designar y cambiar túneles en los backbones y en diferentes redes, a través de infraestructuras existentes permitiendo a los proveedores de servicios mayores beneficios en cuanto a costo y manejo de sus redes FrameRelay.

El alto grado de desempeño y de control que alcanzan las redes implementadas sobre MPLS no puede ser alcanzada en una red IP convencional, debido a que, cuando un paquete comienza a viajar a través de una red MPLS, el LSR (*LabelSwitchingRouter*) analiza la cabecera IP, con lo que le asigna al paquete el nivel de calidad de servicio que requiere la información a ser transmitida, mientras que en el caso de la red IP convencional este procedimiento de asignación de calidad de servicio es obviado por cuanto todos los paquetes son tratados de la misma manera sin que exista diferenciación alguna entre los paquetes de aplicaciones sensibles al retraso y paquetes de aplicaciones que no lo son, en vista que los saltos que realizara un paquete son definidos con la anticipación por la etiqueta que inserta en la cabecera del paquete el LSR.

MPLS permite a los paquetes ser enrutados de manera explícita acercando aún más el mundo IP al mundo de las tecnologías orientadas a la conexión con las ventajas explícitas del mundo IP. Este proceso de hacer explícito el enrutamiento facilita la separación entre el enrutado y el direccionamiento al mismo tiempo que se obtiene confirmación del envío o recibo de la transmisión.

Con el objetivo de fortalecer las conclusiones hasta ahora presentadas, se muestra un modelo que demuestra de qué manera puede interactuar MPLS y FR.

La interconexión de dos redes FR y los DTE (*Data Terminal Equipment*) de FR, mediante una red principal MPLS es lograda a través del servicio de interconexión IWF (*Interworking Functions*) o también llamados PE (*Provider Edge*) los cuales son dispositivos que proporcionan funciones que permiten la interacción entre redes MPLS y las redes FR.

Para establecer una conexión entre redes FrameRelay, primero el servicio FR es proveído entre cada dispositivo FR en correspondencia con su PE para luego establecer una conexión virtual entre los dos PE ubicados a los extremos de la red principal y de esta manera completar la conexión virtual FR.

El mecanismo básico de un PE consiste en encapsular la información FR, transferir el paquete por medio de un PSN (*PacketSwitched Network*) para luego ser entregados a los PE respectivos del otro lado de la nube luego este último extrae la información específica de FR para generar la trama original FR y reenviarla hacia su destino. Los PE pueden ejecutar cualquier otra operación que se requiera para soportar servicios FR.

Todo lo anteriormente mencionado rebela de manera enfática y efectiva el impacto positivo que MPLS ejerce sobre infraestructuras de redes de telecomunicaciones basadas en FR, lo cual genera una situación de sinergia favorable a la coexistencia de las dos tecnologías, pues la combinación de ambas tecnologías resulta en el aprovechamiento de los recursos y ventajas disponibles en ambas, a la vez de permitir la implementación de mejoras y creación de valor agregado en las aplicaciones y servicios prestados a los usuarios finales a través de las redes de transmisión de información, especialmente en las aplicaciones de tipo tiempo real.

## 5 Resultados Alcanzados en el Ámbito Empresarial

En el ámbito empresarial se determinó que la tecnología MPLS provee beneficios tanto económicos como operativos, permitiéndole a las empresas proveedoras de servicios

mejorar la calidad de los mismos permitiéndole cubrir las expectativas de los usuarios que cada día se vuelve más exigente.

La implementación de MPLS en arquitecturas de redes existentes basadas en FrameRelay representa una de las mejores alternativas en el mercado para solventar problemas tales como retrasos en transmisión de información en especial aplicaciones de tiempo real y compatibilidad operativa con nuevas tecnologías.

## 6 Conclusiones

Una vez obtenido los resultados que arrojaron los diferentes instrumentos aplicados de la recolección de datos, el estudio evaluativo de la conveniencia en actualizar la tecnología existente en los ISP de montería y en correspondencia a los objetivos planteados, se procedió a señalar las siguientes conclusiones.

Con respecto al objetivo que consistió en realizar un análisis sistemático de las aplicaciones y funcionalidades que ofrecen FR y MPLS para la transmisión de información e implementación de aplicaciones en tiempo real, se puede decir que fue alcanzado satisfactoriamente, debido a que se pudo afirmar que MPLS es una tecnología de red que permite a las empresas clasificar sus aplicaciones y dar prioridad a aquellas que son de misión crítica y sensibles al tiempo tales como video o voz, sobre tráfico que no es crítico en cuanto al tiempo como correo electrónico o datos no prioritarios. Adicionalmente MPLS permite de manera dinámica la asignación a cada uno el ancho de banda que requiere, lo anterior mediante un sistema de LS (*Labelswitching*). De la misma manera se mostraron las principales potencialidades de MPLS como lo son: ingeniería de tráfico, diferenciación de niveles de servicio mediante clases de servicios (CoS) y servicio de redes privadas virtuales (VPN), ofreciendo a los proveedores de servicios un sin número de ventajas y beneficios todos extensibles a sus usuarios finales.

Todo lo anterior es soportado mediante el análisis sistemático realizado por ambas tecnologías cuya combinación ofrece un gran potencial de integración para soportar la implantación de servicios de tipo tiempo real.

En correspondencia con el objetivo que consistió en evaluar aspectos tales como QoS, acceso al medio, envío / recepción y control de tráfico entre otras cosas, características técnicas de ambas tecnologías para determinar las ventajas que a nivel tecnológico ejercería MPLS sobre FR, se considera que fue alcanzado dado a que luego de aplicar las herramientas de la recolección de datos necesarios, la observación y análisis sistemático se evidencio que los aspectos técnicos antes mencionados ocasionan un impacto positivo para la integración de ambas tecnologías. De los aspectos que fuertemente contribuyeron a esta conclusión fueron el manejo de tráfico y QoS.

En MPLS se pueden cursar servicios diferenciados según un modelo del IETF llamado DiffServ el cual permite diferenciar servicios tradicionales como el correo electrónico, aplicaciones de video y voz interactiva entre otros, asignándoles prioridad a cada tipo de servicio, permitiendo que la red de esta manera maneje cualquier clase de tráfico evitando retardos y congestiones en la red. Mientras que FR soporta diversas aplicaciones con una buena calidad de servicio, no realiza diferenciación en la prestación de estos servicios. Sin embargo, FR implementa muy buenos mecanismos probados para el control de tráfico como señalización explícita FECN, BECN y señalización implícita (el bit DE elegibilidad de Descarte y el CIR), que facilitan de forma significativa la transmisión de información por medio de redes paquetizadas.

MPLS también implementa mecanismos para el control de tráfico que le permiten adaptar los flujos de paquetes de información a los recursos físicos de la red, equilibrando así de forma óptima la utilización de esos recursos evitando los llamados puntos calientes y cuellos de botella. Para ello MPLS utiliza una ingeniería de tráfico que consiste en trasladar determinados flujos seleccionados por el algoritmo IGP (*Interior Gateway Protocol*) sobre enlaces más congestionados a otros enlaces más descargados, aunque estén fuera de la ruta más corta.

En lo que respecta al acceso al medio se pudo concluir que tanto MPLS como FR utilizan las llamadas VPN para el soporte de aplicaciones integrando voz, datos y video sobre infraestructuras de comunicaciones eficaces y rentables. En las redes de datos FR, se

establecen PCVs entre cada uno de los diversos nodos que conforman la VPN, donde la seguridad y garantía las proporcionan la separación de tráfico por PVC y el caudal asegurado (CIR), mientras que MPLS en lugar de conexiones extremo a extremo entre los nodos de una VPN lo que implementa son conexiones IP a una "nube común" en las que solamente pueden entrar los miembros de la misma VPN. Estas "nubes" representan las distintas VPNs y se implementan mediante los caminos LSPs creados por el mecanismo de intercambio de etiquetas MPLS.

Por otro lado se compara el trabajo que se realiza en MPLS (agilizar las operaciones de routing determinando caminos más cortos mediante la asignación de etiquetas a los paquetes), se puede intuir que es similar al de FR, con la variante que la asignación de etiquetas es análoga a los identificadores de circuitos virtuales, cuando el protocolo IP para el ruteo de los paquetes, por tanto, MPLS no se debe considerar como una tecnología de competencia y/o de sustitución de FR, sino que por el contrario la integración de ambas tecnologías de transmisión ofrece enormes ventajas que contribuyen a la optimización de los recursos disponibles en la red, y de esta manera permite la implantación de mejoras inmediatas en los servicios y aplicaciones existentes así como también una migración transparente hacia los servicios convergentes del tipo tiempo real.

Con respecto al objetivo que consistió en evaluar las implicaciones que a nivel operativo, productivo y económico conduciría la inclusión de MPLS sobre infraestructuras de redes existentes basadas en FrameRelay, con el fin de estimar el impacto a nivel empresarial. Se puede señalar que este objetivo también fue alcanzado, concluyendo que la tecnología MPLS aporta grandes beneficios a las empresas, pues permite la interoperabilidad de las soluciones de los diferentes proveedores, proporcionando la posibilidad de integrar lo mejor de las redes y aun obtener una reducción de costos y crecimiento de las redes y aun obtener una reducción de costos y crecimiento de ingresos ofrecido por MPLS colocan a las empresas proveedoras de servicios en una posición predominante al probar comercializar lo suficientemente rápido la tecnología y las ofertas de valor agregado.

Por otro lado es importante destacar el camino que han iniciado los ISP sobre el empleo de MPLS sobre las infraestructuras de redes existentes de ciertas empresas de telecomunicaciones pertenecientes a este estudio, lo que resulta en un indicativo de que MPLS comienza a ganar campo entre las empresas monterianas de telecomunicaciones proyectando un buen futuro tanto para la tecnología como para dichas empresas induciendo mejoras en los servicios prestados y por ende poder cubrir los requerimientos actuales de los usuarios.

Es importante destacar que el cuestionario aplicado a estas empresas respaldan lo dicho anteriormente, ya que los mismos están conformados por preguntas específicamente formuladas para evaluar los aspectos tales como factibilidad económica operativa, rendimiento y aceptación de la tecnología. De igual manera las entrevistas realizadas a el personal que conforman las empresas anteriormente mencionadas jugaron un papel importante para sustentar los resultados obtenidos en este objetivo dado que fueron aclaradas las inquietudes que no pudieron ser respondidas mediante el cuestionario.

Es importante destacar que los servicios de transporte de datos que ofrecen las empresas que conforman este estudio son considerados aceptables y aprobados por los usuarios de los mismos, sin embargo, la inclusión de tecnologías que implementan mejoras tanto técnicas-operativas como económicas. Siempre serán fundamentales para mantener los ideales de excelencia en la calidad de los servicios prestados.

## Referencias

Hernández R, 2010, Metodología de la Investigación. Quinta Edición. México, McGraw-Hill.

Hurtado J, 1996, Metodología de la Investigación. Venezuela, quinta edición. Editorial McGraw – Hill.

ITU, Global ICT Developments, 2001-2014. Documento en línea. Disponible en: <http://www.itu.int/en/ITU/statistics/2014>.

ITU, La UIT publica las cifras de TIC de 2014. Documento en línea. Disponible en: [http://www.itu.int/net/pressoffice/press\\_releases/2014/23-es.aspx#.VN4WxeaG\\_iH](http://www.itu.int/net/pressoffice/press_releases/2014/23-es.aspx#.VN4WxeaG_iH). 2014

Perozo B, 2000, Factores de riesgo que influyen en la inoperatividad de las redes privadas virtuales con tecnologías FrameRelay Y X.25. Universidad Rafael Bellosillo Chacín (Urbe). Maracaibo

Padilla R, 2007, Rediseño de la red de área extendida de Petrocomercial con calidad de servicio. Ecuador: Escuela politécnica nacional

Pasquel J, 2010, Estudio de factibilidad para la migración de redes WAN convencionales a la tecnología MPLS. Ecuador. Escuela Politécnica Del Ejército MinTIC, Colombia supera la meta de conectividad: 8,8 millones de conexiones de internet de banda ancha. Documento en línea. Disponible en: <http://www.mintic.gov.co/portal/604/w3-article-6111.html>. 2014.

Rodríguez LF, 2000, Análisis Comparativo e Implementación de una red con tecnología MPLS Universidad del Valle. Santiago de Chile

RFC 303, MPLS Arquitectura. Documento en línea disponible en: <http://www.ietf.org/rfc/rfc3031.2014>

Sahagún G, El Informe Cisco VNI prevé que el tráfico IP global se multiplique por tres entre 2012 y 2017. Documento en línea. Disponible en: <http://www.cisco.com/web/ES/about/press/2013/2013-05-29-mitad-poblacion-mundial-conectada-a-internet-en-2017.html>. 2014

VoIP Technologies - A comprehensive guide to Voice over Internet Protocol Nortel Press, Marzo 2008, ISBN 978-0-9801074-0-1

Tamayo M, 2004, El Proceso de la Investigación Científica, cuarta edición. México, Editorial Limusa, S.A

Sabino C, 1992, El Proceso de Investigación. Bogotá. Editorial Panamericana. Segunda edición.

#### Notas de autor

**Pinto M., Angel D.:** Post-Doctorado en Gestión de la Ciencia y la Tecnología, 2016. Profesor Titular de la Universidad del Sinu

**Polo R., Samuel:** Ingeniero de Sistemas, 2015. Gerente de la Empresa de Telecomunicaciones NEXTINSAS.

**Torres T., Juan M.:** Post-Doctorado en Gestión de la Ciencia y la Tecnología, 2016. Profesor Titular de la Universidad del Sinu.

**Macea A. Mario R.:** Magister en Software Libre, 2010. Profesor Asistente de la Universidad de Córdoba.

HTML generado a partir de XML-JATS4R por