

# Encaminamientos en las Redes de Nueva Generación

Por MSc. Marcos Antonio Pérez García, Experto en Numeración y Encaminamiento, Vicepresidente Comisión de Estudios 2 UIT-T, Vicepresidencia de Desarrollo y Tecnología, ETECSA  
marcos.perez@etecsa.cu

## 1 Introducción

En las redes de telecomunicaciones, el encaminamiento del tráfico está relacionado directamente con la arquitectura de red desplegada por el operador. En una red bien diseñada esta correlación debe ser considerada.

Además, la continua evolución de las redes reflejan los adelantos técnicos y las realidades económicas. Es evidente que, para un operador establecido, con fuertes inversiones en la red tradicional, el advenimiento de las Redes de Nueva Generación le imponen nuevas interrogantes, por ejemplo: ¿cómo se realizan los encaminamientos en ese tipo de red?, ¿cómo debe efectuarse la interconexión entre ambas redes?

En el no. 1 del año 2005 de la revista técnica *Tono*, se abordó el tema de las redes TDM y sus encaminamientos. En el presente artículo, se plantean aspectos generales del encaminamiento en redes que se fundamentan en el Protocolo de Internet —del inglés, *Internet Protocol*—. Se incluyen, también, algunos elementos sobre la interconexión entre redes tradicionales y las Redes de Nueva Generación.

## 2 Encaminamiento IP

Los datagramas IP siguen una trayectoria compuesta de una secuencia de saltos. Un nodo está a un salto de distancia, o es adyacente, si existe una conexión directa al nodo en cuestión. A los encaminadores separados por un salto se les denomina **vecinos**.

Los datagramas se encaminan al seleccionar el destino del próximo salto en cada encaminador a lo largo de su trayectoria. El próximo salto puede ser un encaminador o el destino final.

Las dos herramientas utilizadas en el encaminamiento son la máscara de subred y la tabla de encaminamiento. En consecuencia, un protocolo de encaminamiento es un método simple para recolectar información que ayuda a construir las tablas de encaminamiento.

### 2.1 Protocolos de encaminamiento para redes IP

La capa de red de las Redes de Nueva Generación basadas en el protocolo IP está compuesta por encaminadores que cumplen con las reglas de encaminamiento definidas por el IETF —*Internet Engineering Task Force*—. Para estas redes, los protocolos de encaminamiento son del tipo dinámico porque los encaminadores pueden, dinámicamente, determinar eventos tales como:

- ♦ Incorporación de una nueva red

- ♦ Problemas en una ruta que no permite alcanzar el destino.

- ♦ Incorporación de un nuevo encaminador y si este provee un camino más corto para ciertos destinos.

El encaminamiento es la función más importante que realiza el protocolo IP. En las grandes redes, los encaminadores IP intercambian información que mantienen actualizadas las tablas de encaminamiento. No existe un protocolo único para actualizar la información de las tablas de encaminamiento. El hecho de separar el modo en que se actualizan las tablas de encaminamiento del resto de las funciones IP, ha permitido que el encaminamiento sea cada vez más sofisticado y eficiente, mientras que el protocolo IP ha permanecido básicamente sin cambios.

A los protocolos de encaminamiento dentro del ámbito de la red de un operador se les denomina con el genérico de Protocolo de Encaminamiento Interno —*Interior Gateway Protocol* (IGP)—, como ejemplos de protocolos IGP se encuentran el Primer Trayecto más Corto Abierto —*Open Shortest Path First* (OSPF)— y el Protocolo con Información de Encaminamiento —*Routing Information Protocol* (RIP)—. Aunque la mayoría de los encaminadores trabajan con uno o más protocolos IGP normalizados, algunos suministradores

le adicionan protocolos propietarios como en el caso de Cisco y su Protocolo de Encaminamiento de Pasarela Interior Mejorada —*Enhanced Interior Gateway Routing Protocol* (EIGRP)—.

Debe señalarse que Internet está compuesta por muchas partes, cada una controlada por una organización administrativa diferente. Con el objetivo de obtener la información necesaria para la conexión entre estas partes y, a diferencia de lo que sucede internamente en cada parte, se requieren protocolos normalizados. Para definir cada una de las partes, se recurre al concepto de Sistema Autónomo —*Autonomous System* (AS)—. Un AS es un grupo interconectado de redes IP con una simple y claramente definida política de encaminamiento. Las redes de los proveedores de servicios Internet —*Internet Service Providers* (ISPs)— constituyen típicos ejemplos de AS. Entre los protocolos exteriores para interconectar un AS, el más usado es el conocido como Protocolo de Pasarela de Frontera —*Border Gateway Protocol* (BGP)—. La figura 1 ilustra aproximadamente la utilización de los protocolos IGP y BGP. El escenario muestra el caso en que dos de los sistemas autónomos utilizan protocolo interno RIP y uno OSPF.



Figura 1 Utilización de los protocolos IGP y BGP. (Fuente: elaboración propia).

### 3 Protocolos de Encaminamiento Interno o IGP

Entre los IGP más utilizados se encuentran los mencionados anteriormente. El Protocolo RIP selecciona las rutas según un simple estimado de conteo de saltos y se emplea en redes pequeñas y en redes LAN. El más apropiado para redes grandes, pero más complejo es el Protocolo OSPF, mientras que el Protocolo EIGRP de CISCO se destaca dentro de los propietarios. El OSPF desarrolla mapas detallados, al menos para parte de la red, y determina trayectorias antes de seleccionar la ruta.

#### 3.1 Tablas de encaminamiento

Con el protocolo IP cada máquina (*host*) o encaminador consulta su tabla de encaminamiento para enviar los datagramas hacia un destino remoto. En las tablas se compara cada destino con la dirección del encaminador al que se va a enviar la información en el próximo salto. Los destinos que aparecen en las tablas de encaminamiento; pueden incluir redes, subredes y sistemas individuales.

La sintaxis para introducir los datos que serán suministrados a cada encaminador varía de acuerdo con el tipo de encaminador, sin embargo, la información es similar en todos los casos. A grandes rasgos, se basa en suministrar:

- ♦ la dirección de la red, subred o sistema de destino,
- ♦ la máscara del destino,
- ♦ la dirección IP de encaminador del próximo salto,
- ♦ la interfaz a utilizar para alcanzar el encaminador vecino,
- ♦ la distancia al destino —número de saltos para alcanzar el destino—,
- ♦ el número de segundos a partir de la última actualización de la ruta y
- ♦ una métrica para la ruta.

Con el propósito de comparar que una ruta es mejor que otra, se utiliza la métrica de medir la distancia. Para comparar rutas, los protocolos de encaminamiento más simples utilizan, sencillamente, conteo de saltos extremo a extremo. Una métrica más eficiente consistiría en **ponderar** los conteos de saltos, por ejemplo, un salto a través de una LAN de alta velocidad puede tener una ponderación de 1; mientras que un salto a través de un medio de poca velocidad: un enlace punto a punto a 64 Kbit/s, puede asignársele una ponderación de 10. Esto asegura que las trayectorias a través de enlaces veloces son preferidas a las trayectorias con velocidades menores.

Los protocolos más sofisticados combinan varias métricas tales como: ancho de banda, retardo, confiabilidad, carga actual y costo de la ruta. El protocolo EIGRP es un ejemplo de protocolo con múltiples métricas.

Los algoritmos que basan la decisión de las rutas tomando en consideración sólo los valores de la métrica se les denominan **Algoritmos de Vector de Distancia**.

#### 3.2 Protocolos con Algoritmos de Vector de Distancia

Esencialmente consisten en intercambiar periódicamente información de accesibilidad entre los encaminadores del sistema para la actualización de sus tablas de encaminamiento. Así, cada encaminador difunde a sus vecinos información de su tabla, aunque en el período no haya ocurrido ninguna modifica-

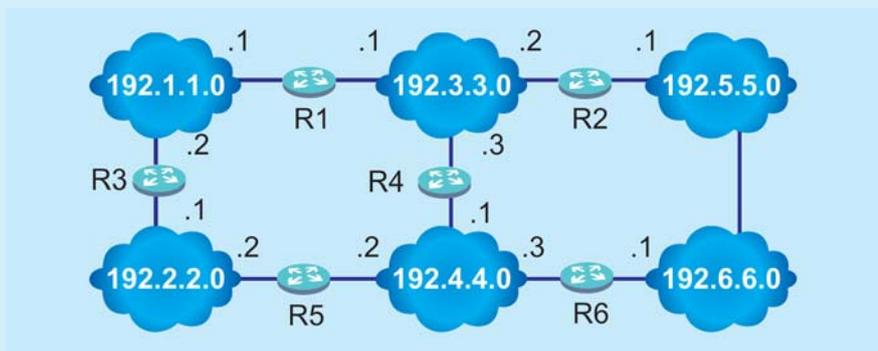


Tabla de Encaminamiento de encaminador R1

Subred destino	No. de saltos	Siguiente salto
192.1.1.0	0	192.1.1.1
192.2.2.0	1	192.1.1.2
192.3.3.0	0	192.3.3.1
192.4.4.0	1	192.3.3.3
192.5.5.0	1	192.3.3.2
192.6.6.0	2	192.3.3.3

Tabla de Encaminamiento del encaminador R3

Subred destino	No. de saltos	Siguiente salto
192.1.1.0	0	192.1.1.2
192.2.2.0	0	192.2.2.1
192.3.3.0	1	192.1.1.1
192.4.4.0	1	192.2.2.2
192.5.5.0	2	192.1.1.1
192.6.6.0	2	192.2.2.2

Figura 2 Ejemplo de Protocolo de Vector de Distancia. (Fuente: elaboración propia).

ción. Cada encaminador adapta sus tablas en base al camino más corto, las que se mantienen hasta recibir una mejor distancia. La figura 2 muestra, de forma aproximada, el funcionamiento del algoritmo de Vector de Distancia.

La información enviada entre encaminadores consiste básicamente en las subredes, la distancia y el encaminador del próximo salto. Si no se recibe información sobre un encaminador en un determinado intervalo de tiempo, se borra el dato previo en la tabla.

El protocolo RIP se incluye dentro de los protocolos de Vector de Distancia que selecciona las rutas según la métrica de simple conteo de salto. A cada salto se le asigna un valor, usualmente 1.

### 3.2.1 Protocolo RIP

El protocolo RIP tiene entre sus ventajas su simplicidad y disponibilidad. Para redes pequeñas o con una topología simple es posible que no sean necesarios protocolos más complicados. Entre las características del RIP se destaca el intercambio periódico entre encaminadores cada 30 seg. Si no se recibe información sobre un encaminador en 180 seg., se borra el dato previo. Sin embargo, para redes grandes el RIP presenta serias limitaciones:

- ♦ El número máximo del campo “número de saltos” admitido para cada trayectoria es de 15. Dieciséis significa, “no se puede llegar ahí”.

- ♦ En caso de falla en la red, la velocidad de recuperación requerida por el RIP para restablecer las rutas óptimas es lenta e, incluso, los datagramas de tráfico pueden encaminarse, por algún tiempo, formando lazos cerrados.

- ♦ RIP no puede responder a cambios de retardo o carga a través de los enlaces. No puede dividir los tráficos para el balance de la red.

### 3.3 Protocolos con algoritmos de estado de enlace

En las grandes redes, las tablas de encaminamiento crecen sustancialmente de tamaño. Por lo que enviar la tabla de encaminamiento completa para las actualizaciones, puede imponer una sobrecarga a la red. Los encaminadores también funcionan más lentamente debido a que tienen que procesar docenas o cientos de entradas, la mayor parte de las cuales no han cambiado.

Para superar los problemas que se presentan con el Protocolo de Vector a Distancia se desarrollaron los **algoritmos de estado de enlace** que básicamente:

- ♦ En lugar de intercambiar distancia al destino, cada nodo mantiene un mapa de la topología de la red. Este mapa sería actualizado cada vez que haya un cambio en la topología.

- ♦ Para informar que siguen funcionando los encaminadores, intercambian mensajes periódicos (*Hello*).

- ♦ A cada enlace en el mapa se asigna una métrica de costo.

- ♦ El costo total se computa para cada trayectoria a partir del propio encaminador.

- ♦ Los mapas se utilizan para generar tablas de encaminamiento más exactas que las que se generan con el protocolo de Vector de Distancia.

- ♦ Para calcular las rutas se utiliza el algoritmo OSPF propuesto en el algoritmo de Dijkstra.

Como ejemplos de protocolos de estado de enlace, pueden mencionarse

los protocolos OSPF e IS-IS. Ambos crean mapas de la red, encuentran todas las rutas que conducen al destino y comparan las métricas de las rutas para seleccionar las mejores trayectorias.

### 3.3.2 Algoritmo Primer Trayecto más Corto Abierto

El protocolo OSPF desarrollado por el IETF constituye una tecnología pública no propietaria que utiliza métricas de distancia para las trayectorias de enlace de estado. El algoritmo escala bien y difunde rápidamente información precisa de encaminamiento. Además permite:

- ♦ Detección breve de los cambios de topología y restablecimiento muy rápido de rutas libres de lazos.
- ♦ Disminución de la sobrecarga, pues en lugar de todas las rutas las actualizaciones sólo avisan de los cambios.
- ♦ División del tráfico entre múltiples trayectorias equivalentes.
- ♦ Multidifusión (*multicast*) sobre las LANs.
- ♦ Máscaras para subredes.
- ♦ Autenticación.

En la norma OSPF, el término **red** significa una red IP o una subred. De forma similar, una máscara de red identifica una red o subred. Un **área** es un conjunto de redes y computadoras contiguas, en la que cualquier encaminador tiene interfaces hacia las redes. El término OSPF **interred** se utiliza para el conjunto de componentes que integran la red OSPF completa.

La interred OSPF está compuesta de una o más áreas. A cada área se le asigna un número. El área "0" representa la red dorsal (*backbone*) que enlaza todas las áreas, la figura 3 ilustra los encaminadores y áreas en una interred OSPF. El encaminamiento en un área se basa en un mapa del estado de los enlaces completo para esa área. El OSPF escala bien porque un encaminador sólo necesita saber la topología detallada e información de la métrica del área a la que pertenece.

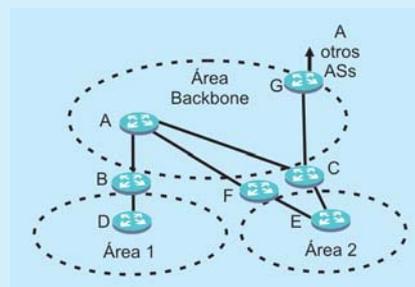


Figura 3 Encaminadores y áreas en una interred OSPF. (Fuente: elaboración propia).

La red dorsal contiene todos los encaminadores que pertenecen a múltiples áreas. Un encaminador de **límite** pertenece a una o más áreas así como a la red dorsal. Si la red OSPF está conectada al exterior, los encaminadores de **frontera** obtienen información de las redes externas.

En la figura 3, el enlace dorsal o área 0 incluye los encaminadores A, B, C, F y G; el área 1, B y D; y el área 2, C, E y F. Los encaminadores B, C y F son los denominados de **límite**. El encaminador G es uno de **frontera**. El encaminador B conoce la topología completa del área 1 y de la red dorsal, similarmente C y F conocen la topología completa del área 2 y de la red dorsal.

De manera simplificada, el algoritmo puede explicarse de la siguiente forma:

- ♦ Cada encaminador construye un mensaje que contiene una lista de sus vecinos inmediatos así como el costo asociado al enlace. Este mensaje se denomina LSP —*Link State Packet*—.
- ♦ El mensaje se transmite a los demás encaminadores de la red (*LSP broadcast*). Esta transmisión tiene lugar cuando el encaminador descubre que tiene un nuevo vecino, cuando el costo de un vínculo hacia un vecino cambia o cuando un vínculo hacia un vecino cambió.
- ♦ Cada encaminador puebla su base de datos, lo que le da una visión global de la red y puede deducir sus tablas de encaminamiento aplicando el algoritmo de estado de enlace.

Los datagramas IP conllevan directamente los mensajes OSPF.

### 3.4 Algoritmos propietarios

Entre los protocolos IGP propietarios más extendidos se encuentran CISCO IGRP y EIGRP. El IGRP es un protocolo de Vector de Distancia mejorado que incluye el cálculo de la métrica de costo mediante una fórmula que toma en consideración muchos factores que comprenden el retardo en la red así como el ancho de banda. Además, considera el nivel de carga real (ocupación) de cada enlace y la tasa de errores extremo-extremo.

El IGRP puede compartir los tráficos a través de trayectorias con igual calidad. Cuando existen muchas trayectorias hasta el destino, la mayor parte del tráfico se envía a través de las trayectorias con mayor ancho de banda. Igualmente los encaminadores de frontera IGRP pueden obtener información de redes externas y notificarla hacia encaminadores internos. Es decir, el IGRP puede realizar encaminamiento entre redes diferentes.

El EIGRP integra las posibilidades de los protocolos de estado de enlace en los protocolos de Vector de Distancia; en consecuencia, se puede considerar como un protocolo híbrido. Utiliza las mismas métricas y fórmulas de encaminamiento que el IGRP, pero adiciona algunas importantes mejoras. El

EIGRP disminuye considerablemente el tráfico de encaminamiento mediante el envío de actualizaciones después que ocurre algún cambio y sólo envía las alteraciones. También incluye el algoritmo DUAL—*Diffusing Update Algorithm*—que permite a los encaminadores EIGRP determinar cuándo una trayectoria anunciada por un encaminador vecino puede o no constituir un lazo y le permite encontrar trayectorias alternativas sin esperar actualizaciones de otros encaminadores. La idea básica detrás de DUAL es simple: si una trayectoria de forma consistente se aproxima al destino, entonces la trayectoria no puede constituir un lazo. Por lo tanto, el EIGRP usa, eficientemente, el encaminamiento y simplifica en las redes la incorporación del IP/MPLS—*Internet Protocol/Multiprotocol Label Switching*—VPN.

El encaminamiento en el protocolo EIGRP descansa en cuatro conceptos fundamentales: **tablas de vecinos**, **tablas de topología**, **estado de las rutas** y **etiquetado de rutas**. Cuando un encaminador descubre un nuevo vecino, la dirección e interfaz del vecino se coloca como registro de entrada en la tabla de vecinos. En los mensajes *hello* los vecinos anuncian el tiempo de retención (*hold time*) que indica el tiempo que un encaminador considera a su vecino como alcanzable y operacional. Si el mensaje *hello* no se recibe en el tiempo de retención, este expira y se informa a DUAL del cambio topológico.

La **tabla de topología** contiene todos los destinos anunciados por los encaminadores vecinos. Cada registro de entrada en la tabla de topología incluye la dirección de destino y la lista de vecinos que han anunciado el destino. Para cada vecino, el registro almacena la métrica anunciada que los vecinos almacenan en sus tablas de encaminamiento. La métrica que el encaminador usa en la tabla de encaminamiento y para anunciar a los otros encaminadores es la suma de la mejor métrica anunciada por los vecinos y el costo del enlace al mejor vecino.

Con respecto al **estado de las rutas**, cada registro de entrada de la tabla de topología para un destino sólo puede estar en uno de dos estados: **activo** o **pasivo**. En este caso, se debe introducir el concepto de **sucesor posible** (*feasible sucesor*), con el siguiente razonamiento “los sucesores posibles son los vecinos más cerca del destino que el encaminador en cuestión”. Siempre que exista, al menos un sucesor posible, se halla una ruta al destino y el destino se encuentra en estado pasivo con respecto a DUAL. Si una actualización informa un cambio de manera que no hay sucesor posible, se adquiere el estado activo pues hay que, mediante una serie de acciones, recalcularse la ruta. Mientras un destino se encuentre en estado activo, el encaminador no puede cambiar el destino en la información de la tabla de encaminamiento.

El EIGRP admite rutas internas y externas. Las rutas internas se originan dentro del AS del EIGRP. Las rutas externas son aprendidas de otro protocolo de encaminamiento o residen en la tabla de encaminamiento como rutas estáticas. Estas rutas se etiquetan individualmente con un identificador de la identidad de su origen.

El **etiquetado de las rutas** externas puede contener las siguientes informaciones:

- ♦ Identificación (ID) del encaminador EIGRP que redistribuye la ruta.
- ♦ Número del sistema autónomo de destino.
- ♦ ID del protocolo externo.
- ♦ Métrica del protocolo externo.
- ♦ Banderas para rutas por omisión.

El etiquetado de rutas es particularmente útil en los sistemas autónomos de tránsito, donde el EIGRP típicamente interactúa con algún protocolo de encaminamiento entre dominios que implementa política más generales.

### 3.5 Protocolo de Pasarela de Frontera

Los protocolos normalizados externos definen como se intercambia información entre los AS. El protocolo más usado es el Protocolo de Pasarelas de Frontera o BGP—*Border Gateway Protocol*—.

El sistema BGP establece una conexión TCP con un vecino BGP. Cada mensaje de apertura identifica el AS que lo envía y el identificador BGP incluyendo información de autenticación. Una vez abierta la conexión, los extremos intercambian su información de rutas. La conexión permanece abierta y se envían actualizaciones según sea necesario. Para asegurar que permanece la conexión, el sistema intercambia periódicamente mensajes “me mantengo activo” (*keep alive*).

Las redes de los Proveedores de Servicio Internet conllevan tráfico entre AS que puede incluir múltiples sistemas que utilizan BGP. Estos sistemas se comunican entre sí a través de las conexiones **internas** BGP. Para comunicar con un sistema extremo BGP en un AS diferente se utiliza una conexión BGP **externa**. A estas conexiones se les denominan **enlaces**, aunque son conexiones TCP que pueden pasar a través de encaminadores intermedios. La información de alcance BGP puede incluir una cadena de AS a través de las cuales se llega a la red de destino (Figura 4).

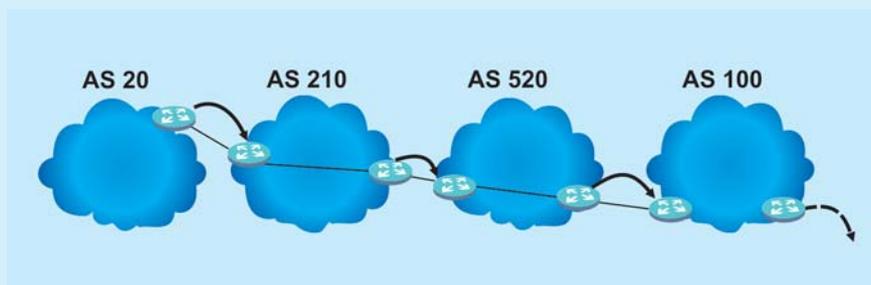


Figura 4 Cadena de Sistemas Autónomos BGP. (Fuente: elaboración propia).

La trayectoria se anuncia en el orden que será usada para alcanzar el destino; es decir, AS 100, AS 520, AS 210, AS 20.

La detección y prevención de lazos es sencilla. Si un AS recibe un anuncio con su propio ID en la trayectoria, simplemente desecha el anuncio; esto significa que no se incorpora como información válida.

### 3.5.1 Agregado de rutas BGP

Una ruta Internet está compuesta por una red de destino e instrucciones para alcanzar esa red. Debido al aumento del número de redes, existe un crecimiento explosivo del número de rutas. Un método utilizado para reducir las rutas ha consistido en asignar, bajo un **prefijo** común, bloques de direcciones a los ISP. A su vez, el ISP asigna sub bloques a las redes de sus clientes.

El tamaño del prefijo del ISP se identifica mediante un número que indica el largo en bits del prefijo de direcciones IP. Con este método se puede enviar tráfico de los AS externos al ISP y sus clientes por medio de una simple ruta que corresponde al prefijo. Del mismo modo, el ISP puede utilizar prefijos más largos para enviar el tráfico a cada uno de sus clientes.

Para el tráfico de entrada el proceso es simple, pero el escenario inverso, los anuncios de salida, requiere de algún procedimiento del ISP. Para ello, los clientes del ISP le informan las rutas hacia sus redes internas. El ISP **agrega** las rutas con un prefijo común como una ruta de entrada simple antes de anunciarlas al mundo exterior. El propósito del agregado de ruta es evitar el exceso de información innecesaria en las tablas de encaminamientos remotas.

### 3.6 Interconexión entre redes tradicionales y NGN

En un nuevo operador, la decisión del tipo de red y protocolo de encaminamiento a seleccionar es un asunto relativamente simple. Si no dispone de una red, sería lógico plantearse comenzar con una basada en el protocolo IP.

Para un operador ya establecido, con fuertes inversiones en la red tradicional, el advenimiento y migración hacia las NGN no es un asunto sencillo. Surgen nuevas interrogantes, por ejemplo: ¿qué política seguir con respecto a los encaminamientos dentro de la NGN? y, por su trascendencia, la más importante: ¿cómo debe realizarse la interconexión entre ambas redes?

En los acápites anteriores se han presentado elementos que permiten dar respuesta a la primera pregunta. Para la segunda, no existe una respuesta concluyente salvo que sea aplicar un conjunto de reglas generales que implica conocer los conceptos fundamentales del significado del encaminamiento en una red y su correspondencia biunívoca con su arquitectura:

- ♦ En las redes de telecomunicaciones el encaminamiento del tráfico es consustancial con la arquitectura de red desplegada por el operador.
- ♦ Una red bien diseñada toma en cuenta, desde sus primeros pasos de diseño, esta correlación.
- ♦ Diseñar una red de telecomunicaciones significa diseñar un sistema.
- ♦ El encaminamiento y la arquitectura de la red que lo sustenta deben coadyuvar al balance de los tráficos y evitar lazos cerrados.
- ♦ En caso de existir una fuerte inversión en una red tradicional los diseñadores de la Red de Nueva Generación tienen la delicada e importante tarea de incluir, en su proyecto, un despliegue que no dificulte o ponga en riesgo los principios de funcionamiento en que se basa la red existente.
- ♦ Previo al despliegue de la nueva red deben estar concluidas todas las especificaciones del sistema, incluida la política de migración.

## 4 Conclusiones

En las redes de telecomunicaciones, el encaminamiento del tráfico es consustancial con la arquitectura de red desplegada por el operador. En consecuencia, la selección de uno o varios de los protocolos de encaminamiento es uno de los aspectos primordiales a tener en cuenta para definir la arquitectura de una red basada en paquetes IP.

En el trabajo se han expuesto diferentes protocolos creados para satisfacer necesidades específicas de las redes basadas en el protocolo IP. En pequeñas redes LANs es posible que muchas instituciones todavía utilicen el protocolo RIP. Esta no sería la solución para el operador de una red de telecomunicaciones que utilizaría preferentemente, como protocolo interno, el protocolo OSPF en su última versión o algún tipo de protocolo propietario de ser esta la opción más conveniente.

La selección del protocolo externo dependerá del protocolo utilizado por los demás sistemas autónomos, particularmente, un BGP en su versión más actualizada.

En todos los casos, la selección final estará en relación con los protocolos soportados por los equipos, experiencias previas y futuras políticas de desarrollo.

Por último, debe prestarse gran atención en el caso de los operadores que han implementado o están en proceso de implementar múltiples redes que emplean diferentes protocolos de encaminamiento de capa de red (capa 3) a través del empleo de técnicas tales como la Multiplexación por División en Tiempo —del inglés, *Time Division Multiplexing* (TDM)—, Modo de Transferencia Asíncrono —del inglés, *Asynchronous Transfer Mode* (ATM)— o el Protocolo Internet. En este caso, el diseño y dimensionamiento de la arquitectura de las nuevas redes, las etapas y formas previstas para su despliegue debe realizarse, de forma coherente, con la estructura y encaminamientos ya establecidos en la red tradicional. 

## 5 Bibliografía

CISCO IOS EIGRP for Managed Services Basic Operations and Protocol Characteristics, Technical Implementation Guide. <http://www.cisco.com>. (acceso junio 24, 2008).

IETF, RFC 4822 – RIP Version 2. <http://www.apps.ietf.org/rfc/rfc1723.html>. (acceso junio 24, 2009).

IETF, RFC 2178 – OSPF Versión 2. <http://www.apps.ietf.org/rfc/rfc2178.html>. (acceso junio 24, 2009).

IETF, RFC 1403 – BGP OSPF Interaction. <http://www.apps.ietf.org/rfc/rfc1403.html>. (acceso junio 24, 2008).

IETF, RFC 1771 – A Border Gateway Protocol 4 (BGP – 4). <http://www.apps.ietf.org/rfc/rfc1771.html>. (acceso junio 24, 2008).

Pérez García, Marcos Antonio. "Las redes TDM y sus encaminamientos". *Tono*. Revista Técnica de la Empresa de Telecomunicaciones de Cuba, S.A. vol.1, no. 1 (2005): 25-29.

UIT-T Recomendación E.351 (03/2000): Encaminamiento de conexiones multimedia a través de redes con multiplexación por división en tiempo, modo de transferencia asíncrono o basados en el protocolo Internet.

UIT-T Recomendación E.353 (02 /2001): Encaminamiento de llamadas cuando se utilizan direcciones internacionales de encaminamiento de red.

UIT-T Recomendación Y.2001 (12/04): General Overview of NGN.