



La Conectividad en América Latina y el Caribe

El Rol de los Puntos de Intercambio de Tráfico

Noviembre de 2013

HERNÁN GALPERIN, PH.D.
UNIVERSIDAD DE SAN ANDRÉS / CONICET (ARGENTINA)
H GALPERIN@UDESA.EDU.AR

Índice

1. Introducción	1
2. La interconexión en Internet y el rol de los IXPs	2
3. La situación de los IXPs en América Latina y el Caribe	6
4. IXPs en acción	9
4.1 Los IXPs contribuyen a reducir los costos de tránsito	
4.2 Los IXPs contribuyen a mejorar la calidad de servicio	
4.3 Los IXPs fomentan la inversión en infraestructura	
5. Conclusión	17
6. Referencias	18
7. Anexos	19
Anexo 1: Topología del NAP.EC	
Anexo 2: Peering de SERCOMTEL	

Author final: Agosto 2013

Este proyecto de investigación fue posible gracias al financiamiento de Internet Society. El autor agradece a los oficiales de proyecto de Internet Society por los valiosos comentarios recibidos, así como a los entrevistados por su tiempo y el conocimiento brindado. Todos los errores son de exclusiva responsabilidad del autor.

La producción de este reporte ha sido financiada parcialmente por Google en el marco del proyecto de Internet Society "IXP Toolkit Grant and Best Practices."

Esta obra se publica bajo licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 3.0 Unported License.

Diseño y montaje: Speckler Creative

Foto de tapa: Medellín, Colombia

1. Introducción

Cada vez más se reconoce que la conectividad a Internet constituye un motor fundamental para el desarrollo. Si bien en toda la región de América Latina y el Caribe existen múltiples opciones de acceso a la red, el estado de la infraestructura de acceso varía notablemente entre los distintos países así como entre distintas zonas geográficas dentro de cada uno de ellos. Esto resulta en significativas variaciones en el precio, la calidad y la cobertura de los servicios de Internet en la región.¹ El mejoramiento del estado de la infraestructura de Internet representa un importante desafío para la región en la próxima década.

Tanto los modelos teóricos como las experiencias prácticas indican que un mayor desarrollo de los Puntos de Intercambio de Tráfico de Internet (IXPs por sus siglas en inglés) en la región podría contribuir al logro de esa meta. Los IXPs son plataformas de interconexión que permiten el intercambio de tráfico IP entre los distintos integrantes del ecosistema de Internet, tal como proveedores de acceso local, distribuidores de contenidos, y proveedores de conectividad regional o internacional. Los mismos varían desde pequeños puntos de intercambio que interconectan a los proveedores de acceso a Internet (ISPs) de una ciudad o municipio hasta grandes centros de datos distribuidos que conectan a cientos de redes a nivel regional. El presente informe analiza el desarrollo de los IXPs en Latinoamérica y el Caribe, al tiempo que documenta las mejores prácticas desarrolladas en cuatro casos seleccionados: Argentina, Brasil, Colombia y Ecuador. El objetivo es documentar la necesidad de promover el desarrollo de los IXPs en la región con vistas a lograr una mejor calidad y mayor cobertura de los servicios de acceso.

El presente informe analiza el desarrollo de los IXPs en Latinoamérica y el Caribe, al tiempo que documenta las mejores prácticas desarrolladas en cuatro casos seleccionados: Argentina, Brasil, Colombia y Ecuador. El objetivo es documentar la necesidad de promover el desarrollo de los IXPs en la región con vistas a lograr una mejor calidad y mayor cobertura de los servicios de acceso.

¹ Este hecho está bien documentado en Jordán et al. (2013) y Galperin (2012), entre muchos otros autores.

2. La interconexión en Internet y el rol de los IXPs

Al ser una red de redes, Internet depende esencialmente de la adecuada interconexión entre los distintos participantes de un complejo ecosistema. Para simplificar, estos participantes pueden dividirse en los siguientes grupos:

- Proveedores de servicios de acceso a Internet (ISPs), quienes ofrecen acceso a los usuarios en mercados locales (residencial y comercial);
- Proveedores de redes troncales, quienes ofrecen conectividad mayorista a los ISPs (y a otros grandes clientes con redes propias);
- Proveedores de contenidos, quienes compran distribución a proveedores especializados (por ej., Akamai) o se conectan con su propia infraestructura a los proveedores troncales y a los ISPs.²

Los acuerdos de interconexión entre estos actores han ido variando con el tiempo y dependen de factores tales como la ubicación de las distintas partes en la topología de Internet, la cantidad de tráfico generado y la infraestructura de red que operan. Existen dos tipos básicos de esquemas de interconexión de tráfico IP:

1. **Peering.** En un acuerdo de peering, dos o más operadores de red se comprometen a brindarse acceso mutuo a sus bases de clientes para el intercambio de tráfico IP. La decisión de hacer peering es una cuestión de negociación comercial entre las partes y, en general, requiere que las redes compartan ciertas características similares en términos de capacidad, cobertura geográfica y calidad del servicio prestado. Las cargas equilibradas de tráfico también resultan importantes para este tipo de arreglos, a fin de que las partes puedan compartir costos y beneficios de igual modo. Originalmente, el peering era un privilegio de los

grandes proveedores troncales ubicados en Estados Unidos y Europa (los llamados operadores Tier 1). En la actualidad, es común que haya acuerdos de peering entre ISPs locales, grandes proveedores de contenidos y otros operadores de red (en lo que a menudo se denomina “peering secundario”). Por lo general, se trata de acuerdos gratuitos, si bien es cada vez más común el esquema de peering pago en el cual una red compensa a otra por la interconexión.

2. **Tránsito.** En un acuerdo de tránsito, un operador de red (por ej., un ISP local) le paga a un operador de nivel superior (por ej., un proveedor troncal) por el acceso a la Internet global. A diferencia del esquema de peering, en un acuerdo de tránsito la red generadora del tráfico debe pagar el costo completo de la interconexión. Los precios de tránsito se negocian entre las dos partes y dependen de las condiciones del mercado y el volumen de tráfico. Cabe señalar que, mientras en un acuerdo de peering las partes sólo tienen acceso a los clientes de las redes involucradas en el acuerdo (en otras palabras, no se aplica en forma transitiva a otros acuerdos que las partes tengan), en un acuerdo de tránsito el comprador paga por acceder a todos los destinos de Internet. Por lo tanto, bajo el esquema de peering es necesario contar con acuerdos con múltiples partes para llegar a todos los destinos de Internet; en cambio, una sola conexión de tránsito permite a un ISP tener acceso a toda la red Internet.

La arquitectura de los comienzos de Internet presentaba una clara división jerárquica entre unas pocas redes Tier 1, que conformaban el núcleo de Internet ubicado en los Estados Unidos y Europa y en el cual prevalecían acuerdos de peering, y una gran cantidad de redes regionales (Tier 2) y locales (Tier 3) en la periferia, donde prevalecían

² Para mayores detalles, ver Clark et al., 2011.

³ Si bien no existe una definición formal de los operadores Tier 1, el término usualmente se refiere a los operadores de red que pueden llegar a todos los destinos de Internet a través de acuerdos de peering.

⁴ Yoo (2010) ofrece un análisis más completo sobre el tema.

los acuerdos de tránsito. En la actualidad Internet se ha convertido en un complejo entramado de acuerdos de peering y de tránsito entre ISPs de distintos tamaños y coberturas, proveedores troncales regionales e internacionales, y proveedores y distribuidores de contenido que, en muchos casos, poseen y operan una infraestructura comparable a la de los grandes ISPs.⁴

El peering también puede dividirse en bilateral y multilateral. El peering bilateral involucra a dos operadores de red, que deciden intercambiar tráfico en uno o más sitios. El peering multilateral se refiere a los acuerdos de tráfico IP en los que los operadores de red intercambian tráfico en sitios de terceros a los que están conectados también otros operadores. Debido a que el peering es costoso (requiere conexiones físicas, ruteadores y otros equipos en cada punto de peering), la disponibilidad de puntos neutrales de intercambio de tráfico IP para múltiples participantes reduce los gastos de capital y demás costos relacionados con el peering bilateral. En general, estos puntos se denominan Puntos de Intercambio de Tráfico de Internet (IXPs)..

Varios estudios han documentado los beneficios asociados a los IXPs, que incluyen:

- **Costos de interconexión más bajos.** Una sola conexión a un IXP permite el peering con múltiples operadores. A su vez, cuantos más operadores se conectan a un IXP, mayor es su importancia y valor, lo que atrae a nuevos operadores. Este es un claro ejemplo de efecto de red y ofrece un fuerte argumento a favor del desarrollo de los IXPs.
- **Mejor calidad de servicio.** Los IXPs permiten a las redes adyacentes intercambiar tráfico localmente, lo cual disminuye la cantidad de saltos que deben dar los paquetes de datos al pasar de un operador a otro y reduce los costos de tránsito. Cuando las redes de distribución de contenido (CDNs, por sus siglas en inglés) se conectan directamente en los IXPs, la calidad de acceso a los contenidos populares aumenta significativamente. La presencia de IXPs también incrementa la cantidad de rutas disponibles, lo que mejora el desempeño y robustez de la red.

Debido a que el peering es costoso (requiere conexiones físicas, ruteadores y otros equipos en cada punto de peering), la disponibilidad de puntos neutrales de intercambio de tráfico IP para múltiples participantes reduce los gastos de capital y demás costos relacionados con el peering bilateral.

⁵ Entre ellos, Cavalcanti (2011) y Kende y Hurpy (2012).

- **Incentivos para inversiones en infraestructura.** Los ISPs locales tienden a ubicarse lejos del núcleo central de Internet y, en muchos casos, son poco más que revendedores de la conectividad a Internet que proveen los ISPs de mayor jerarquía. La presencia de IXPs ofrece incentivos para que los ISPs locales inviertan en infraestructura propia a fin de administrar el tráfico y transportarlo a un punto neutral donde se pueda negociar o combinar con otras redes. Al controlar su propia infraestructura, los ISPs locales pueden ascender en la llamada “escalera de inversión” y competir en niveles superiores en la cadena de valor de Internet.⁶

Por varias razones, el argumento a favor del desarrollo de IXPs resulta aún más fuerte en las regiones emergentes como América Latina y el Caribe. En primer lugar, los IXPs permiten que el tráfico generado por ISPs vecinos se mantenga a nivel local, lo que minimiza el llamado tromboning, un proceso frecuente en el que los ISPs locales intercambian tráfico entre sí a través de rutas provistas por los operadores troncales internacionales. La minimización del tromboning internacional es importante ya que, a diferencia de lo establecido en el esquema que regulaba las tarifas de interconexión internacional en la telefonía de voz (el llamado sistema de “tasas contables”), no existen disposiciones entre países para la compartición de costos entre operadores de redes IP que intercambian tráfico internacional.⁷ En consecuencia, la conectividad internacional representa un factor de costo importante para los ISPs en las regiones emergentes.⁸

En segundo lugar, los IXPs tienen un impacto positivo en la calidad de servicio a través de varios mecanismos. Como se ha dicho, conservar el tráfico local reduce la latencia, que, como se explica a continuación, sigue siendo alta en varias rutas de América Latina y el Caribe. Además, el aumento de tráfico en los IXPs genera incentivos para que los grandes proveedores de contenido acerquen sus contenidos a los usuarios finales mediante la instalación de caches de contenido o la creación de rutas más directas a los servidores donde se alojan. Cuando los proveedores de contenido intercambian tráfico directamente en los IXPs, los requerimientos de tránsito de sus miembros se reducen

considerablemente. Por último, los IXPs crean mecanismos de cooperación para compartir mejores prácticas en temas tales como seguridad de red y control de correo no deseado (spam), lo cual también facilita la adopción de innovaciones (como el IPv6) entre los miembros de la comunidad local de Internet. Dado que los acuerdos de interconexión entre los operadores de redes siguen siendo mayormente informales (Weller y Woodcock, 2013) y a menudo no incluyen acuerdos de calidad de servicio, promover la cooperación y la confianza entre los participantes resulta esencial para el crecimiento del ecosistema local de Internet.

En tercer lugar, los IXPs desempeñan un papel importante para la promoción del desarrollo de Internet en zonas atendidas por ISPs pequeños y medianos, que tienden a ser más pobres y aisladas que las zonas atendidas por ISPs de mayor tamaño.⁹ Al confluir en un IXP, estos pequeños y medianos operadores no sólo pueden intercambiar tráfico local sino también agregar tráfico saliente, lo que permite negociar mejores precios de tránsito y atraer el peering de los proveedores de contenido. A medida que aumenta el tráfico en el punto de intercambio, los proveedores troncales tienen incentivos para establecer puntos de presencia (PoP) más cercanos al IXP, lo cual sirve para repartir los costos de tránsito internacional de manera más equitativa entre las partes. Como se mencionara, los IXPs también generan incentivos para que los pequeños operadores de red inviertan en infraestructura propia a fin de llegar a un punto neutral donde se puede negociar el tráfico con otros participantes.

La Figura 1 resume la contribución que realizan los IXPs al crecimiento del ecosistema de Internet en las regiones emergentes en sus distintas etapas de desarrollo. Se trata de hechos estilizados que, como se analizará en las siguientes secciones, pueden variar significativamente de un país a otro. Los puntos principales son los siguientes:

- En las etapas iniciales del desarrollo de Internet (la transición entre la etapa 0 y la etapa 1), el establecimiento de un IXP (en general, en la ciudad principal o la capital de un país) contribuye a controlar los costos y mejorar la calidad a través de la

⁶ Para un mayor análisis sobre el modelo de la escalera de inversión, ver Cave (2006).

⁷ Para un mayor análisis sobre estas diferencias, ver Lie (2007).

⁸ Si bien las estimaciones de este costo varían mucho, las cifras más confiables calculan que se trata de entre el 15 y 35 por ciento de los costos totales de los ISPs (Lie, 2007). Estos costos suelen ser mucho más altos para los ISPs de países donde existe un subabastecimiento de banda ancha internacional debido a la falta de acceso a cables submarinos y/o al control monopólico de los puntos de salida internacional (ver García Zaballos et al., 2011).

⁹ Para ver ejemplos específicos de América Latina y el Caribe, ver Galperin y Bar (2007), y Aranha et al. (2011).

minimización del tromboning entre ISPs adyacentes. La propuesta de valor fundamental de un IXP en la etapa 1 consiste, por lo tanto, en localizar el tráfico entre los operadores de tamaño y alcance similares. El peering multilateral suele ser obligatorio en los IXPs en la etapa 1.

- A medida que el IXP madura y el tráfico aumenta (transición entre la etapa 1 y la etapa 2), los proveedores nacionales e internacionales de contenido y otras redes no comerciales (universidades, entidades gubernamentales, etc.) establecen su presencia en el IXP, lo que reduce aún más los costos de tránsito y aumenta significativamente la calidad del servicio (en especial, cuando el contenido popular tiene cache local o se intercambia libremente). En esta etapa, es posible que algunos ISPs decidan realizar acuerdos bilaterales de peering por razones competitivas. La propuesta de valor principal de los IXPs en la etapa 2 radica en proveer una plataforma neutral de interconexión para los acuerdos (pagos o no pagos) entre un grupo cada vez más heterogéneo de operadores de red.
- A medida que aumentan la cantidad de redes conectadas y el tráfico (transición de etapa 2 a etapa 3), el IXP se convierte en un nodo de intercambio de conocimientos que contribuye a la construcción de una comunidad de práctica entre los operadores de red. El IXP pasa a operar como una red virtual de centros de datos con PoPs en distintos puntos del país, lo cual promueve el crecimiento de la infraestructura en regiones de menor desarrollo. Además, el IXP se expande para brindar servicios adicionales a sus miembros, tales como servidores raíz de DNS y capacitación en seguridad de redes.

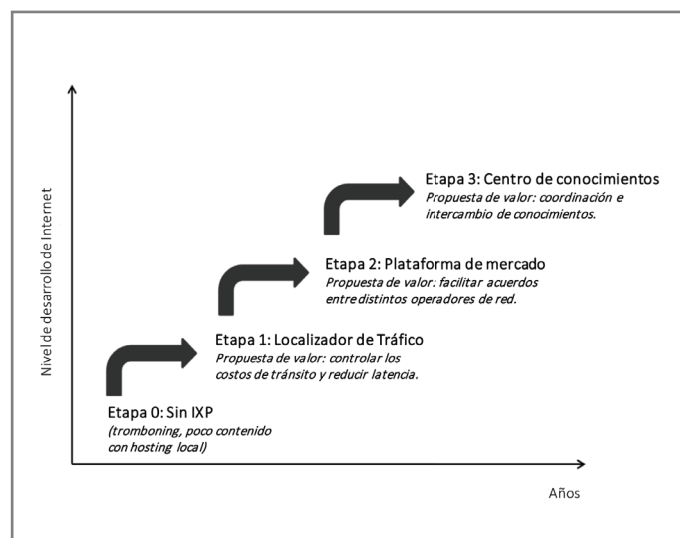


Figura 1. La proposición de valor de los IXPs según el nivel de desarrollo de Internet local

3. La situación de los IXPs en América Latina y el Caribe

El estado actual de los IXPs en América Latina y el Caribe se puede sintetizar de la siguiente manera:

- **La región cuenta con 46 IXPs en funcionamiento en 16 países**,¹⁰ lo que implica que sólo alrededor de un tercio de los países que integran la región (incluyendo territorios dependientes) tienen IXP operativos. En comparación, existen 25 IXPs en África, distribuidos en 19 países (lo que también equivale a un tercio de los países del continente africano), 88 en Norteamérica (Estados Unidos y Canadá) y más de 130 en Europa.
- **La situación de los IXPs difiere considerablemente a lo largo de la región.** Si bien existen IXPs operativos en la mayoría de los países de Sudamérica (aunque con distintos niveles de desarrollo), América Central cuenta con un solo IXP (en Panamá). Toda la región del Caribe se atiende con sólo seis IXPs (en Cuba, República Dominicana, Granada, Haití, Curaçao y Sint Maarten).
- **Los IXPs en la región suelen operar como organizaciones no comerciales, administradas por sus miembros o dentro de la órbita de cámaras sectoriales**, con la excepción de Brasil, donde Terramark (propiedad de Verizon) opera NAP Brasil mediante un acuerdo con Fapesp, una fundación de investigación pública. Sin embargo, existen muchos otros centros de datos donde las redes intercambian tráfico bilateralmente. En Chile, hay diversos IXPs privados (llamados PITs) operados por los mismos ISPs (este caso se analiza en mayor detalle a continuación).
- **En general, los costos operativos de los IXPs se comparten proporcionalmente según la cantidad de puertos y la capacidad (como el espacio de gabinete) que utiliza cada miembro.** Cuando se ofrecen servicios adicionales (tales como transporte y acceso a caches de contenido), los costos se asignan de acuerdo con el tráfico real generado por cada participante.
- **La mayor parte de los IXPs de la región requieren peering multilateral, en el que cada integrante se compromete a intercambiar tráfico con todos los demás miembros.** Esta regla genera incentivos negativos para los operadores de mayor tamaño e implica que los desequilibrios de tráfico deban compensarse con otras ventajas relacionadas con la participación en el IXP. Algunos IXPs también permiten el intercambio bilateral en sus instalaciones.
- **El volumen de tráfico que se intercambia varía ampliamente.** En São Paulo, PTT Metro intercambia 135Gbps en hora pico. Por otro lado, otros IXPs ubicados en países más pequeños o a nivel local (por ej., municipal) intercambian 100Mbps o menos. El hecho de que los principales ISPs participen o no en un IXP determina en gran medida los volúmenes de tráfico. A fines de establecer una comparación internacional, en Rusia, DataIX intercambia 460Gbps, mientras que los IXPs europeos más grandes intercambian más de 2Tbps en hora pico.
- **La base miembros de los IXPs es cada vez más diversa.** La mayoría de los IXPs de la región comenzaron como asociaciones compuestas casi exclusivamente por ISPs locales (etapa 1). A medida que han evolucionado se ha diversificado la composición de miembros (etapa 2), que típicamente incluye también a proveedores de contenido, entidades gubernamentales, operadores troncales internacionales y redes de

¹⁰ Fuente: Packet Clearing House y análisis del autor. Esto excluye los puntos de intercambio operados por los propios proveedores de acceso, como en el caso de Chile.

investigación académica. A diferencia de lo que ocurre en otras regiones como Europa y Asia, los operadores de red ubicados en un país no suelen tener presencia en un IXP que se encuentra en otro país (una excepción es la presencia del operador uruguayo Antel en NAP Buenos Aires de Argentina).

- **La regulación gubernamental de los IXPs de la región es mínima**, excepto en Bolivia y Chile, donde, por ley, los ISPs deben intercambiar el tráfico nacional a nivel local y la calidad de la interconexión está regulada.¹¹ No obstante, las preocupaciones de reguladores y hacedores de política respecto al costo y la calidad de los servicios de Internet (ya sea a nivel nacional o local) a menudo han desempeñado un importante rol catalítico en el establecimiento de IXPs.

Los primeros IXPs se establecieron en América Latina a fines de la década de 1990. Hasta ese momento, la falta de puntos de interconexión local se debía fundamentalmente a dos factores. Primero, el desarrollo inicial del núcleo de la infraestructura de Internet en Estados Unidos, donde se generaba la mayor parte del contenido y donde se intercambiaba el grueso del tráfico. En consecuencia, los ISPs locales competían por el precio y la calidad de sus rutas a Estados Unidos. Como el tráfico local era muy limitado, intercambiar este tráfico a través de las rutas de tránsito internacional (tromboning) representaba una solución efectiva desde el punto de vista de los costos. Segundo, el ritmo relativamente lento de la liberalización de los mercados de telecomunicaciones en la región mantenía altos los precios de transporte de datos nacional, lo que desalentaba el peering local.

El terreno pasó a ser mucho más fértil para los ISPs a fines de la década de 1990. Por un lado, los beneficios de las reformas de mercado en el sector de telecomunicaciones implementadas a principios de la década de 1990 comenzaron a materializarse, mientras que la llegada de nuevos competidores comenzó a presionar a la baja los precios de transporte de datos. Más aun, al crecer la base de suscriptores e intensificarse la inversión en infraestructura,

Si bien existen IXPs operativos en la mayoría de los países de Sudamérica (aunque con distintos niveles de desarrollo), América Central cuenta con un solo IXP. Toda la región del Caribe se atiende con sólo seis IXPs.

¹¹ En el caso de Chile, la regulación se originó con la Resolución 1483 de SUBTEL de octubre de 1999. En Bolivia, un nuevo régimen de interconexión aprobado en octubre de 2012 exigió a los ISPs que establecieran un punto de interconexión dentro del país, lo que a la fecha (julio de 2013) se encuentra en proceso de implementación.

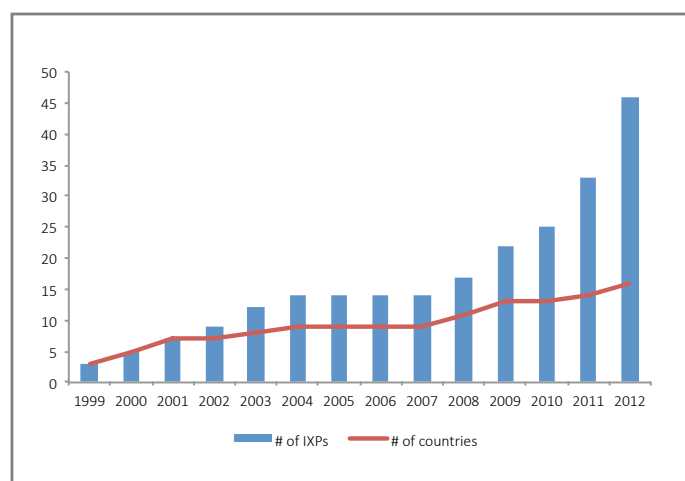


Figura 2. Los IXPs en América Latina, 1999–2012 (Fuente: Análisis del autor basado en datos de Packet Clearing House)

una mayor cantidad de contenido comenzó a alojarse en servidores locales. En general, las barreras existentes para el desarrollo de los IXPs en la región comenzaron a desaparecer progresivamente, mientras los cambios en los patrones de tráfico generaban incentivos para que los operadores de red realizaran el intercambio de tráfico localmente.

La Figura 2 corrobora el crecimiento sostenido de los IXPs en la región desde 1999. Sin embargo, también revela que la cantidad de países que operan IXPs no ha aumentado a la misma tasa (la tasa de crecimiento anual compuesto del período es de 22% para el total de IXPs y de 13% para la cantidad de países). La razón radica en que la mayor parte del crecimiento se ha concentrado en dos países –Argentina y Brasil- donde se establecieron los primeros IXPs de la región. Por un lado, esto confirma el efecto de retroalimentación positiva que generan los IXPs: el crecimiento del tráfico local crea incentivos para el establecimiento de un IXP, que, a su vez, promueve el crecimiento de todo el ecosistema de Internet nacional. Por el otro, sugiere la necesidad de iniciativas de desarrollo de IXPs para corregir estos desequilibrios y catalizar el crecimiento de la infraestructura en los mercados que carecen actualmente de instalaciones de interconexión adecuadas para los operadores de redes locales.

4. IXPs en acción

Como se explicara anteriormente, los IXPs pueden tener un impacto positivo en el desarrollo de Internet en América Latina y el Caribe al reducir los costos de acceso, mejorar la calidad del servicio y promover las inversiones en infraestructura en las regiones más aisladas atendidas por operadores pequeños y medianos. Además, los IXPs fomentan la transferencia de conocimientos y la coordinación entre los integrantes de la comunidad local de Internet, lo que contribuye al crecimiento de todo el ecosistema. Los ejemplos seleccionados a continuación ilustran y ofrecen estimaciones cuantitativas preliminares de esta contribución.

4.1. Los IXPs contribuyen a reducir los costos de tránsito

Hasta hace poco tiempo, el subastecimiento de capacidad internacional restringía seriamente el desarrollo de los servicios de Internet en Ecuador. Como el país había quedado fuera del trazado del principal cable submarino en la costa occidental del continente (el cable SAM-1), la conectividad internacional directa se restringía al antiguo cable Panamericano, en el que la capacidad solía saturarse. Como resultado gran parte del tráfico internacional debía pasar por Colombia, lo que aumentaba sustancialmente los costos de transporte. En consecuencia los servicios minoristas de Internet en Ecuador se encontraban entre los más caros de la región, al enfrentar los ISPs elevados costos de tránsito en sus rutas internacionales (Albornoz and Agüero, 2011).

La creación del primer IXP en el país en 2001 fue una respuesta directa a este problema. En un principio, NAP.EC se formó con seis ISPs miembros con el objetivo fundamental de reducir los costos de tránsito internacional mediante el intercambio del tráfico IP local (etapa 1 del desarrollo de los IXPs). Se establecieron dos puntos de intercambio en las

Los IXPs pueden tener un impacto positivo en el desarrollo de Internet en América Latina y el Caribe al reducir los costos de acceso, mejorar la calidad del servicio y promover las inversiones en infraestructura en las regiones más aisladas atendidas por operadores pequeños y medianos.

ciudades de Quito y Guayaquil, que luego se interconectaron en 2007. Con el progresivo crecimiento del tráfico se interconectaron al IXP otros operadores de mayor tamaño (en particular CNT, incumbente en manos del estado) así como proveedores de contenido (etapa 2). En la actualidad, NAP.EC interconecta a una variedad de redes, desde operadores troncales internacionales hasta grandes distribuidores de contenido, tales como Google y Akamai, además de los ISPs locales (ver la topología actual de la red en el Anexo 1). Representa además un importante centro de intercambio de conocimientos para la comunidad local de Internet, con la realización de numerosas actividades sobre nuevos protocolos de Internet y el establecimiento de acuerdos de filtrado de correo no deseado (etapa 3).

Los ahorros de costos logrados gracias a NAP.EC se pueden estimar de la siguiente manera: actualmente, NAP.EC intercambia alrededor de 6Gbps durante los picos de tráfico. Los costos de tránsito internacional en Ecuador oscilan alrededor de los US\$ 100 por Mbps por mes,¹² mientras que el tráfico local se intercambia en NAP.EC por sólo US\$ 1 por Mbps por mes. Si se supone que, en ausencia del NAP.EC, los operadores intercambiarían todo el tráfico local a través de las rutas de tránsito internacional (es decir, en el supuesto de que no existieran acuerdos bilaterales de peering), los costos adicionales para los ISPs locales sumarían US\$ 7,2 millones por año. Incluso si se descuentan los costos relacionados con el peering en el IXP (transporte a las instalaciones del IXP, cuota mensual y equipamiento) los ahorros que se obtienen con el NAP.EC resultan muy significativos.

El caso de NAP CABASE en Argentina muestra un mecanismo similar a través del cual los IXPs contribuyen a reducir los costos de acceso, específicamente en las zonas menos pobladas. Argentina se ubica entre los países con mayor nivel de adopción de Internet de la región y, a diferencia de Ecuador, tiene abundante capacidad de banda ancha internacional, lo que ha permitido mantener los precios de tránsito internacional en un nivel relativamente bajo con respecto a la media regional. **Sin embargo, debido a los altos precios del backhaul nacional, los ISPs fuera de las principales rutas de fibra óptica que**

conectan Buenos Aires con otras grandes ciudades enfrentan importantes costos de tránsito interno. Más aún, los servicios de tránsito a menudo son ofrecidos únicamente por el operador incumbente, que a su vez compite con sus propios servicios minoristas de Internet. En consecuencia, los costos de acceso en ciudades medianas o pequeñas eran sensiblemente superiores a los de las grandes ciudades, ralentizando así el crecimiento del mercado.¹³

CABASE es una cámara empresarial formada por ISPs medianos y pequeños y otros operadores de red. Sobre la base de su experiencia en la operación de NAP Buenos Aires, el primer IXP de Argentina (y de toda la región), CABASE desarrolló una iniciativa para establecer IXPs en mercados pequeños y medianos dentro del territorio argentino. Estos nuevos IXPs no sólo permitirían a los operadores de redes locales intercambiar tráfico de forma directa sino también interconectarse a través de NAP Buenos Aires, constituyéndose así un IXP virtual de alcance nacional. Con el apoyo del gobierno provincial, se creó el primer IXP local en la ciudad de Neuquén en mayo de 2011. A la fecha, existen nueve IXPs en funcionamiento, que conectan a más de 80 operadores de red a través del enrutamiento central en el NAP Buenos Aires.

Los beneficios relacionados con esta iniciativa se dividen en a) ahorros resultantes de la agregación de tráfico saliente por parte de los ISPs locales y b) ahorros provenientes del peering de tráfico local. En primer lugar, al agregar el tráfico saliente en el IXP, los pequeños operadores de red pueden negociar mejores precios mayoristas de tránsito. A modo de ejemplo, los costos de tránsito para COTESMA, una cooperativa local de telecomunicaciones en la ciudad de San Martín de los Andes (25.000 habitantes), alcanzaban hasta US\$ 500 al mes por Mbps. Una vez que el IXP de Neuquén comenzó a operar (mayo de 2011), COTESMA logró comprar allí tránsito de Internet a precios comparables a los de Buenos Aires (US\$ 100 o menos por Mbps por mes). A medida que se establecieron otros IXPs, el mercado del tránsito nacional fue presionado a la baja, hasta llegar a los niveles actuales de alrededor de US\$ 40 por Mbps por mes.¹⁴

¹² Estimación basada en las entrevistas personales realizadas. Ver también Mejía, Fabián, "NAP.EC e IPv6", trabajo presentado en IPv6 en Ecuador el 6 de junio de 2012 – disponible en 02 presentacion nap_ec ipv6_2012-06-06.pdf.

¹³ A modo de ejemplo, en el segundo trimestre de 2011 el costo mensual de una conexión ADSL de 1Mbps en Buenos Aires era de AR\$ 109, mientras que el servicio equivalente costaba AR\$ 200 en Cutral Có-Plaza Huincul, una ciudad de 50.000 habitantes en el sur de la Provincia de Neuquén. Fuente: base de datos de precios del autor.

¹⁴ Fuente: entrevistas personales realizadas.

En segundo lugar, los ahorros de costos relacionados con el intercambio de tráfico local en los nuevos IXPs se pueden estimar de la siguiente manera. Antes de la creación de IXPs en otras ciudades, NAP Buenos Aires intercambiaba alrededor de 2Gbps durante los picos de tráfico. Hoy, los picos de tráfico alcanzan los 12Gbps (Figura 3). Una vez más, suponiendo que en ausencia de los IXPs locales este tráfico adicional de 10Gbps se intercambiaría a través de acuerdos de tránsito, y en base a una estimación de costo muy conservadora de US\$ 100 por Mbps por mes (como muestra el ejemplo de COTESMA, los precios podían ser más elevados para algunos ISPs), la iniciativa de CABASE genera ahorros del orden de los US\$ 12,3 millones por año. Incluso si se descuentan los costos de transporte al IXP, las cuotas mensuales y los correspondientes costos de equipos, los ahorros resultan muy significativos, y tienden a ser más altos para los operadores de los mercados menos desarrollados.

4.2. Los IXPs contribuyen a mejorar la calidad de servicio

La calidad de servicio constituye un factor clave para el desarrollo del ecosistema de Internet. Diversos estudios revelan que un alto nivel de latencia desincentiva la adopción y reduce la utilización.¹⁵ La mala calidad también desacelera el crecimiento de la industria de OTT—en especial los servicios de VoIP y VOD—e incentiva a los proveedores de contenido a utilizar servicios de hosting fuera del país, lo que limita la escala del mercado local y, de esta manera, agrava el problema de calidad. Ante la falta de servicios de mayor calidad, los mercados locales de Internet tienden a quedar atrapados en un círculo vicioso de bajo nivel de adopción, volúmenes de tráfico bajos, pocos contenidos y aplicaciones locales, y, en última instancia, lento desarrollo de Internet.

Como se ha señalado, **los IXPs ayudan a destrabar el crecimiento al reducir la latencia, aumentar la redundancia de rutas y facilitar el alojamiento de contenido cerca de los usuarios finales.** El caso de Colombia ilustra los beneficios de calidad relacionados con los IXPs. El punto de intercambio colombiano (llamado NAP Colombia) se inició en 2000 en respuesta a las

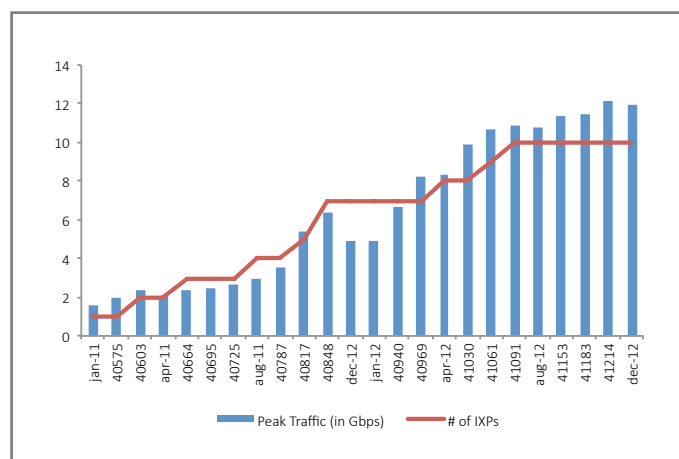


Figura 3. Picos de tráfico en NAP Buenos Aires y cantidad de IXPs en Argentina, 2011-12 (Fuente: CABASE)

¹⁵ Ver Nokia (2009).



Entrenamiento en RPKI (Infraestructura de clave pública para recursos) realizado por AEPROVI, Cisco, LACNIC e Internet Society en Quito, Ecuador.

Uno de los mayores desafíos que enfrenta el crecimiento de Internet en América Latina y el Caribe es la disminución de los desequilibrios regionales en infraestructura básica de acceso.

frecuentes interrupciones en las líneas de transporte nacional y los enlaces internacionales del principal operador de telecomunicaciones, Colombia Telecom. Al intercambiar tráfico localmente (etapa 1) y, luego, instalar caches de grandes proveedores de contenido (etapa 2), los ISPs locales lograron reducir su dependencia de las rutas internacionales, lo que disminuyó los costos pero, sobre todo, incrementó la confiabilidad del servicio.¹⁶ En el presente, pese a que la infraestructura física es más robusta y las interrupciones de servicio resultan poco frecuentes, NAP Colombia se ha fortalecido no sólo en términos del nivel de intercambio de tráfico (actualmente de 18Gbps en horas pico y con un crecimiento anual de 5%) sino también gracias a los servicios adicionales que brinda a sus miembros (etapa 3), que representan el 95% de los abonados a Internet de Colombia.¹⁷

Gracias a su ubicación geográfica de privilegio y la adecuada provisión de capacidad de banda ancha internacional, la latencia en las rutas a Estados Unidos en la actualidad constituye una preocupación acotada para los operadores colombianos, con niveles estimados de alrededor de 45ms desde Bogotá al NAP de las Américas en Miami. Sin embargo, la latencia correspondiente al tráfico local es de 3ms, lo cual resulta un argumento de peso para el hosting local de contenido. Curiosamente, la latencia resulta bastante más elevada en las rutas de Colombia a otros países latinoamericanos, como Brasil (150ms) y Argentina (190ms), lo que muestra las deficiencias en la conectividad regional entre países del continente (ver al respecto García-Zaballos et al., 2011).¹⁸

Una menor latencia no es el único mecanismo por el cual los IXPs contribuyen a la calidad de servicio. Como se ha indicado, los IXPs incentivan a los grandes distribuidores de contenido a colocar el contenido más cerca de los usuarios, lo que mejora significativamente la calidad del acceso a los sitios más populares. En Ecuador, luego de la instalación del primer CDN cache en sus instalaciones de Quito en 2009, NAP.EC experimentó un aumento de tráfico de más del 700%. En la actualidad, tanto Google como Akamai cuentan con caches locales en NAP.EC, lo cual, a su vez, ha incrementado el valor del peering en el IXP para otras redes. Se estima que

¹⁶ Fuente: entrevistas personales.

¹⁷ Fuente: NAP Colombia.

¹⁸ Fuente: CCIT (2012). De León (2012) informa resultados similares.

la latencia del contenido local es de alrededor de 20ms, en comparación con 150ms de latencia para el contenido ubicado en el extranjero.¹⁹

En Argentina, según las estimaciones de varios ISPs, las propiedades de Google representaban alrededor del 70% del tráfico en las rutas de tránsito.²⁰ Desde octubre de 2011, una combinación de caches y peering con Google en el NAP Buenos Aires ha servido para localizar este tráfico para los ISPs que participan en la iniciativa de CABASE, lo que ha reducido los costos pero, en especial, ha aumentado significativamente la calidad del acceso a contenidos masivos. A modo de ejemplo, los operadores que participan en el NAP de Neuquén estiman que la latencia a Youtube se ha reducido casi diez veces, desde 300ms en las rutas al NAP de las Américas en Miami hasta alrededor de 34ms en el enlace Neuquén-Buenos Aires.

Más aún, a medida que los IXPs se convierten en centros de intercambio de conocimientos (etapa 3), contribuyen al desarrollo de una infraestructura más robusta al promover la cooperación en la adopción de nuevos protocolos y normas de seguridad de red, así como al facilitar la disponibilidad de servicios críticos para los ISPs. Muchos IXPs en la región ofrecen servicios opcionales a sus miembros, tales como servidores de raíz DNS y filtros antispam. Asimismo, los IXPs latinoamericanos han resultado esenciales para la difusión de conocimientos técnicos sobre cuestiones críticas, como, por ejemplo, la transición a IPv6. Los IXPs también facilitan el cumplimiento de las normas locales, como, por ejemplo, en el filtrado de los sitios de pornografía infantil en Colombia.

Ciudad	Estado	Población (en miles)	Miembros	Tráfico pico (Mbps)
Americana	SP	213	12	39
Belem	PR	1.392	11	879
Belo Horizonte	MG	2.375	25	2.000
Brasilia	DF	2.562	17	2.510
Campina Grande	PB	383	13	42
Campinas	SP	1.080	25	2.660
Caxias do Sul	RS	410	4	7
Curitiba	PA	1.746	38	5.400
Florianopolis	SC	408	25	1.100
Fortaleza	CE	2.447	13	1.100
Goiania	GO	1.301	20	256
Londrina	PA	766	22	1.800
Manaus	AM	1.802	2	1
Natal	RN	806	9	128
Porto Alegre	RS	1.409	55	7.640
Recife	PE	1.536	10	117
Rio de Janeiro	RJ	6.323	29	6.300
Salvador	BA	2.676	37	3.050
São Jose Campos	SP	615	12	316
São Jose Rio Preto	SP	425	2	4
São Paulo	SP	11.244	306	135.000
Vitoria	ES	320	9	359

Tabla 1. La iniciativa del PTT Metro (ubicación, integrantes y tráfico máximo) en abril de 2013 (Fuente: CGI y IBGE)

¹⁹ Ver Mejia, Fabian, "NAP.EC e IPv6", presentado en IPv6 en Ecuador, el 6 de junio de 2012. Disponible en 02 presentacion nap_ec ipv6_2012-06-06.pdf.

²⁰ Fuente: entrevistas personales realizadas.

Nombre/Ciudad	Provincia	Población (en miles)	Miembros	Tráfico pico (Mbps)
NAP Cordoba	Cordoba	1.390	9	100
NAP Bahia Blanca	Buenos Aires	301	12	180
NAP de la Costa	Buenos Aires	70	5	90
NAP La Plata	Buenos Aires	731	8	120
NAP Mar del Plata	Buenos Aires	765	4	270
NAP Mendoza	Mendoza	916	9	130
NAP Neuquén	Neuquén	233	13	750
NAP Rosario	Santa Fe	1.251	16	180
NAP Santa Fe	Santa Fe	500	8	55

Tabla 2. Panorama de la iniciativa de CABASE (ubicación, miembros y tráfico pico) en abril de 2013 (Fuente: CABASE e INDEC)

A nivel regional, la cooperación informal entre IXPs ha existido siempre, gracias al trabajo de organizaciones como LACNIC e Internet Society. En abril de 2012, estos esfuerzos de cooperación se formalizaron con el lanzamiento de LAC-IX, una asociación regional de IXPs. Entre los integrantes de LAC-IX, se encuentran siete de los IXPs más grandes de la región, así como otras organizaciones auspiciantes. Entre sus objetivos principales, se incluyen “compartir las mejores prácticas” y “simplificar la cooperación entre los IXPs para atender cuestiones operativas, desarrollar nuevos servicios y encarar incidentes relacionados con la seguridad”.²¹

4.3. Los IXPs fomentan la inversión en infraestructura

Uno de los mayores desafíos que enfrenta el crecimiento de Internet en América Latina y el Caribe es la disminución de los desequilibrios regionales en infraestructura básica de acceso. Como han mostrado diversos estudios, estos desequilibrios reflejan y a la vez contribuyen a reproducir las disparidades sociales y económicas de larga data que caracterizan a la región, mientras que el impacto de los programas de servicio universal diseñados para atenuarlos ha sido limitado.²² Como sostienen Galperin y Bar (2007), los operadores de telecomunicaciones pequeños y medianos pueden realizar un aporte importante para mitigar estas disparidades regionales, ya que, en general, prestan servicios en zonas menos pobladas y más aisladas que resultan de poco interés para las empresas de mayor envergadura.

Los IXPs son vitales para el desarrollo de pequeños y medianos ISPs por diversas

²¹ Estatuto de LAC-IX, disponible en www.lac-ix.org.

²² Ver, entre otros, Stern (2009) y Barrantes (2011).

razones ya señaladas. Primero, resultan claves para agregar el tráfico en los mercados más chicos, lo que permite a los operadores de red negociar mejores precios de tránsito y, al mismo tiempo, incrementa el atractivo del caching y el peering locales para los proveedores de contenido y otras redes de mayor jerarquía. Segundo, los IXPs brindan incentivos para que los ISPs desarrollen su propia infraestructura física e inviertan en equipos de conmutación y recursos lógicos – por ejemplo, a través del requerimiento de que los miembros operen su propio ASN (Número de Sistema Autónomo). Asimismo, desempeñan un papel crítico como usinas de conocimientos para estos operadores con capacidad muy limitada para invertir en capital humano e investigación y desarrollo. El enfoque cooperativo es esencial para la evolución tecnológica de los pequeños y medianos ISPs.

El caso de Brasil ilustra estos puntos. Hasta 2003, sólo tres ciudades en Brasil (el quinto país más grande del mundo en superficie) contaban con un IXP en funcionamiento, lo que generaba una gran cantidad de tromboning del tráfico local y afectaba negativamente los costos y la calidad del servicio fuera de las grandes ciudades. En 2004, el Comitê Gestor da Internet (CGI), órgano multisectorial responsable de coordinar y promover el desarrollo de Internet en Brasil (incluyendo la administración del dominio .br), lanzó una iniciativa llamada PTT Metro para crear IXPs en diversas ciudades del país.

El primer IXP de la iniciativa se creó en la ciudad de San Pablo a fines de 2004. Como ya se señaló, PTT Metro San Pablo es hoy uno de los IXPs más grandes de la región, tanto en términos de participantes como por su volumen de tráfico. En 2008, la iniciativa ya se había expandido a ocho ciudades. En abril de 2013, ya funcionaban 22 IXPs, que abarcaban a 16 de los 26 estados de Brasil (ver la Tabla 1). En conjunto, los IXPs de la iniciativa PTT Metro intercambian más de 170Gbps en horarios pico. Si bien gran parte de este crecimiento corresponde a PTT Metro San Pablo, el tráfico en la mayoría de los PTTs se ha por lo menos duplicado durante 2012.²³

También cabe señalar que los PTTs más grandes cubren amplias áreas metropolitanas (como el PTT San Pablo, PTT

Río de Janeiro, PTT Puerto Alegre y PTT Brasilia) y operan como IXPs virtuales con diversos puntos de presencia en sus respectivas áreas. Una variedad de operadores de red (desde universidades hasta grandes ISPs) han desarrollado estos puntos de presencia, llamados PIX, mientras que CGI se encarga de la administración de la red. Esta arquitectura distribuida reduce los costos de transporte para los participantes, sin dejar de proveer una plataforma neutral para el intercambio de tráfico con otros operadores de redes.

Asimismo, como señala Cavalcanti (2011), los nuevos IXPs han mejorado el desempeño de la red y han creado una redundancia crítica en las rutas para los operadores ubicados en los mercados más pequeños. El ejemplo de SERCOMTEL, operador con base en Londrina (ciudad de 766.000 habitantes), resulta ilustrativo. Antes del lanzamiento de esta iniciativa, gran parte del tráfico de SERCOMTEL se transportaba a través de un solo acuerdo de tránsito con un operador troncal (ver la topología anterior a la iniciativa en el Anexo 2). Al establecer su presencia en tres puntos de intercambio de PTT Metro (San Pablo, Curitiba y Londrina), SERCOMTEL no sólo ha aumentado significativamente la cantidad de acuerdos de peering sino que también ha logrado equilibrar el tráfico en las distintas rutas (ver la topología posterior a la iniciativa en el Anexo 2). **Adicionalmente, al participar del peering en el PTT Metro San Pablo, SERCOMTEL ha logrado una ruta más directa hacia los proveedores de contenido más importantes, como Google. Desde entonces, la latencia promedio en sus rutas ha bajado de 50ms a 10ms.**²⁴

Argentina constituye otro caso en el que los puntos de intercambio han contribuido a mejorar la infraestructura de Internet en los mercados más pequeños. Como ya se ha señalado, CABASE lanzó la iniciativa para establecer IXPs en diversos puntos del país en 2011. En ese momento, el único IXP operativo en Argentina se encontraba en Buenos Aires, y su tráfico se vio limitado por la decisión de los cuatro ISPs más grandes de dejar el NAP CABASE en 2004. Desde 2011, se han creado nueve IXPs en cinco provincias (ver la Tabla 2). La iniciativa de CABASE se diferencia del proyecto PTT Metro en Brasil en cuanto los nuevos IXPs se interconectan a

²³ Fuente: CGI.

²⁴ Fuente: Barros Tonon (2011, presentado en NAPLA 2011, 15–20 de mayo de 2011).

través de un centro de enrutamiento en Buenos Aires. Dado que NAP CABASE requiere el peering multilateral entre sus miembros, la iniciativa ha creado un IXP virtual de alcance nacional, que, en la actualidad, representa más de la mitad de los ASNs asignados a Argentina.

Resulta interesante señalar que los datos de la Tabla 2 sugieren una relación inversa entre el tamaño del mercado local (en cantidad de habitantes) y el intercambio de tráfico. Si bien este hallazgo podría atribuirse, en parte, a las diferencias en el tiempo de operación entre IXPs (ver Figura 3), hay evidencia que el impacto positivo de los IXPs podría ser mayor en los mercados más pequeños. Este dato coincide con los argumentos teóricos planteados anteriormente: cuanto mayor el tamaño del mercado, mayor es la probabilidad que exista competencia entre diferentes proveedores de transporte y tránsito de Internet. Agregar el tráfico saliente y evitar el tromboning resulta más crítico en los mercados de menor tamaño, donde los ISPs locales usualmente enfrentan costos de tránsito más elevados y rutas más largas para llegar a los contenidos más deseables. El aumento exponencial del tráfico (de 2Gbps a 12Gbps en horas pico) que ha logrado la creación de nuevos IXPs ha permitido que el centro de Buenos Aires atraiga el peering de nuevas redes. El caso más importante ha sido Google, que, como se señalara, ingresó al NAP Buenos Aires como miembro especial a fines de 2011.

Gracias a la disponibilidad de un punto neutral para el intercambio de tráfico a nivel local, varios ISPs pequeños de Argentina han realizado inversiones importantes en sus propias infraestructuras. El caso de COTESMA ofrece un buen ejemplo. Como ya se indicó, esta pequeña cooperativa local de la ciudad sureña de San Martín de los Andes debía pagar precios de tránsito de hasta US\$ 500 por Mbps al mes. La creación de NAP Neuquén en mayo de 2011 llevó a COTESMA a invertir US\$ 1,5 millones para construir su propio enlace de radio de 400 kilómetros que une su sede central con la ciudad de Neuquén. Al controlar su propia infraestructura de transporte al IXP, COTESMA logró reducir en casi diez veces sus costos de tránsito.

La limitada disponibilidad de datos desagregados dificulta la estimación precisa del impacto de la iniciativa de CABASE en los mercados relevantes. No obstante, **los datos disponibles sugieren que la adopción de Internet ha crecido con mayor velocidad en los mercados locales donde se han establecido los nuevos IXPs. Según estimaciones oficiales, en Argentina las suscripciones residenciales a Internet aumentaron un 34,8% entre diciembre de 2011 y diciembre de 2012.**²⁵ En el mismo período, el acceso residencial en la provincia de Neuquén (donde se estableció el primer IXP local en mayo de 2011) se incrementó un 69,8%, casi el doble del promedio nacional. A fines comparativos, en Tucumán, provincia con mayor población que Neuquén en el norte de Argentina donde no existe un punto local de intercambio de tráfico, el acceso residencial sólo aumentó un 19,4% en el mismo período. Si bien existen muchos otros factores que determinan el crecimiento de los niveles de acceso, estos hallazgos sugieren que los nuevos IXPs han realizado un aporte importante a la reducción de las desigualdades regionales de acceso a Internet en Argentina.

²⁵ Fuente: INDEC.

5. Conclusión

Tanto los argumentos teóricos como la evidencia empírica destacan la importancia de los IXPs. En América Latina y el Caribe, los IXPs han fomentado el crecimiento de la infraestructura de Internet a través de varios mecanismos. La importancia de cada uno de estos mecanismos depende del nivel de desarrollo del ecosistema local de Internet.

En las etapas iniciales, los IXPs han ayudado a los ISPs locales a reducir sus costos de tránsito internacional y a aumentar su calidad de servicio (etapa 1). A medida que el tráfico se ha incrementado y el mercado ha madurado, atrayendo a los distribuidores de contenido y los operadores troncales internacionales, los IXPs se ha convertido una plataforma neutral para el desarrollo de acuerdos de interconexión entre un conjunto cada vez más diverso de operadores de red (etapa 2). La disponibilidad de esta plataforma también ha generado incentivos para que los ISPs de menor porte invirtieran en recursos de red y desarrollaran su propia infraestructura de transporte. Asimismo, los IXPs han promovido la cooperación y los mecanismos para compartir conocimientos, lo que ha contribuido al desarrollo del capital humano e impulsado la adopción de innovaciones entre la comunidad local de Internet (etapa 3).

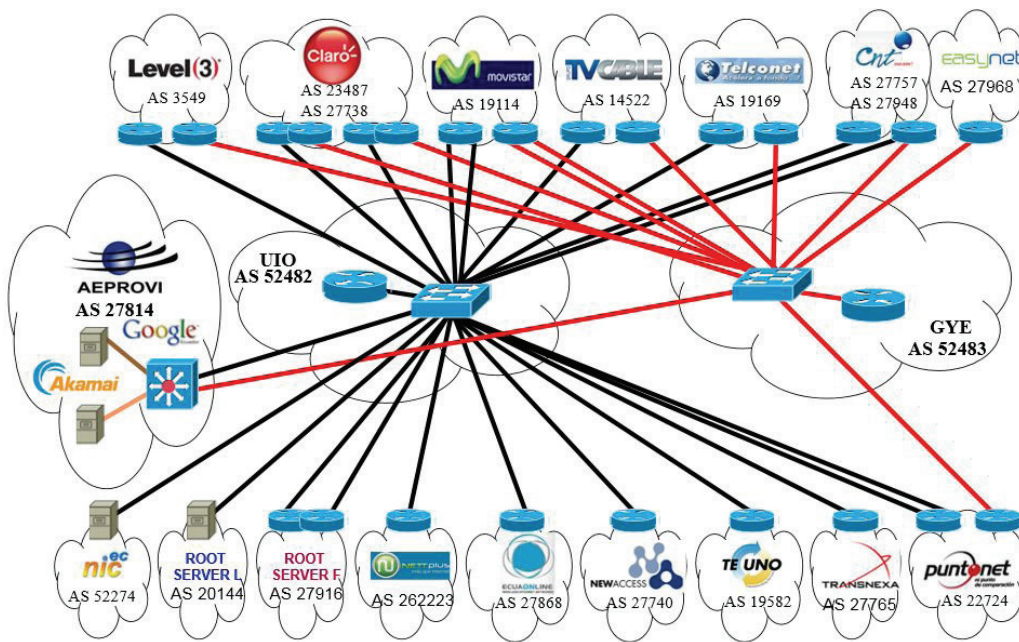
La evidencia sugiere que existen varios factores que facilitan el desarrollo de IXPs. El primero y más importante es un mercado de telecomunicaciones competitivo que facilite el ingreso y promueva la competencia en el mercado interno de transporte. A menos que los precios de transporte interno resulten competitivos, los ISPs locales tendrán pocos incentivos para intercambiar tráfico en un IXP. En varios países de la región, esta condición básica para el desarrollo de los IXPs—y, por lo tanto, para el desarrollo de todo el ecosistema local de Internet—todavía no se cumple.

En segundo lugar, los gobiernos pueden servir de catalizadores mediante el apoyo a las iniciativas de establecimiento de puntos de intercambio de tráfico, en especial en los países donde el gobierno controla al operador incumbente de telecomunicaciones, cuya participación resulta clave para el éxito de la iniciativa. Sin embargo, la regulación excesiva de los IXPs por parte de los gobiernos resulta poco aconsejable. Los casos analizados en este informe muestran que el enfoque cooperativo y las iniciativas bottom-up por parte de los propios operadores han logrado resultados muy significativos. Este enfoque tiene mayores probabilidades no sólo de atraer a los operadores de red relevantes sino también de ofrecer la flexibilidad que necesitan los IXPs para adaptarse a un entorno de interconexión en permanente cambio.

6. Referencias

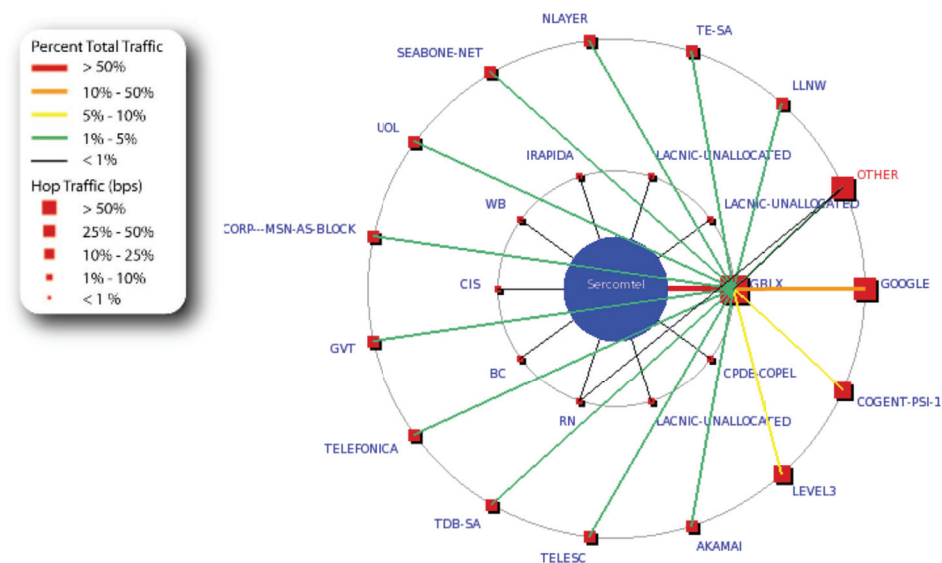
- Albornoz, M., Agüero, A. (2011). *El estado de la banda ancha en Ecuador*. Serie de Documentos de Trabajo DIRSI. Lima: DIRSI.
- Aranha, M., Galperin, H., y Bar, F. (2011). Restricted mobility and fixed-mobile convergence in Brazil. *Info: The journal of policy, regulation and strategy for telecommunications* 13(1): 32-42.
- Barrantes, R. (2011). *Uso de los fondos de acceso universal de telecomunicaciones en países de América Latina y el Caribe*. Santiago de Chile: CEPAL.
- Cavalcanti, D. (2011). The Role of Internet Exchange Points in Broadband Policy and Regulation. *Revista de Direito, Estado e Telecomunicações* 3(1): 75-88.
- Cave, M. (2006). Encouraging infrastructure competition via the ladder of investment. *Telecommunications Policy* (3-4): 223-237.
- CCIT (2012). *Colombia navega reporte 2011-2012*. Bogotá: Cámara Colombiana de Informática y Telecomunicaciones.
- Clark, D., Lehr, W., y Bauer, S. (2011). *Interconnection in the Internet: the policy challenge*. Presentado en la 39ª Conferencia de Investigación en Comunicaciones, Información y Política de Internet, George Mason University, Arlington, VA, septiembre 23–25, 2011.
- de Leon, O. (2012). *Desarrollo de la conectividad nacional y regional en América Latina*. Santiago de Chile: CEPAL.
- Galperin, H. (2012). *Precios y calidad de la banda ancha en América Latina: Benchmarking y tendencias*. Documento de Trabajo No. 12, Centro de Tecnología y Sociedad, Universidad de San Andrés. Available at http://www.udesa.edu.ar/files/AdmTecySociedad/12_galperin.pdf.
- Galperin, H., y Bar, F. (2007). Diversifying Network Development through Microtelcos. *Information Technologies and International Development* 3(2): 73-86.
- Garcia-Zavallos, A., Painter, F., y Radaelli, V. (2011). *El problema de los costes de conectividad internacional: Recomendaciones y lecciones aprendidas*. Washington DC: BID.
- Jordán, V., Galperin, H., y Peres, W. (eds.) (2013). *Beyond connectivity: Broadband in Latin America and the Caribbean*. Santiago de Chile: CEPAL.
- Kende, M., y Hurpy, C. (2012). *Assessment of the impact of Internet exchange points—empirical study of Kenya and Nigeria*. Washington DC: Analysis Mason/ISOC.
- Lie, E. (2007). *Next Generation Networks and Universal Access: The Challenges Ahead*. Geneve: ITU.
- Nokia Siemens Networks (2009). *The impact of latency on application performance*. White Paper. Disponible en www.nokiasiemensnetworks.com.
- Stern, P. (2009) Objetivos y obligaciones de acceso universal en el sector de las telecomunicaciones en América Latina. In Caldaza, J., Costas, A. y Jordana, J. (eds.), *Más allá del mercado: las políticas de servicio universal en América Latina*. Barcelona: Fundación CIDOB.
- Weller, D., y Woodcock, B. (2013). *Internet traffic exchange: Market developments and policy challenges*. OECD Digital Economy papers No. 207. París: OECD.
- Yoo, C. (2010). Innovations in the Internet's architecture that challenge the status quo. *Journal of Telecommunications and High Technology Law* 8: 79-99.

7. Anexo 1: Topología del NAP.EC

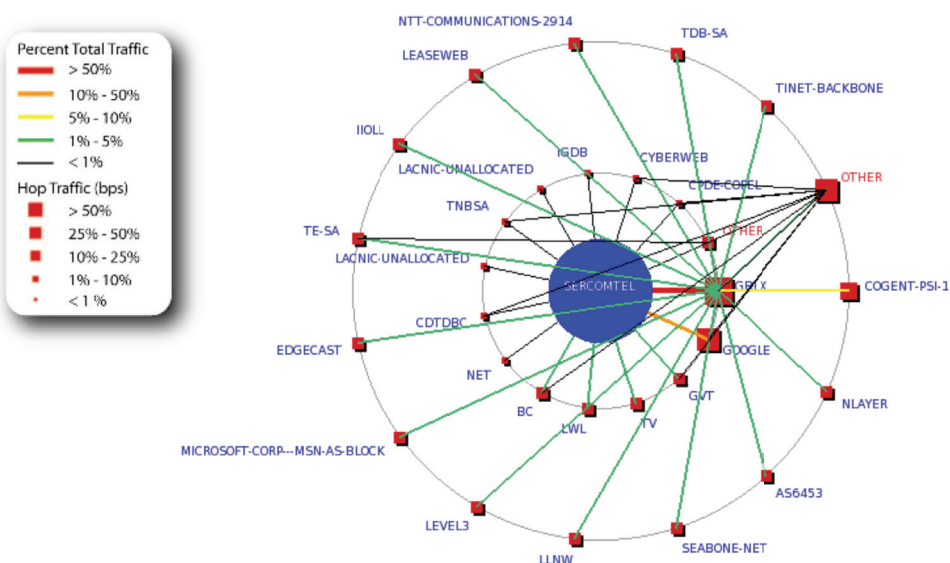


7. Anexo 2: Peering de SERCOMTEL

A. Acuerdos de peering antes de la iniciativa de PTT Metro



B. Acuerdos de peering después de la iniciativa de PTT Metro





Galerie Jean-Malbuisson 15
CH-1204 Geneva, Switzerland
Tel +41 22 807 1444 • Fax +41 22 807 1445

1775 Wiehle Avenue, Suite 201
Reston, Virginia 20190, U.S.A.
Tel +1 703 439 2120 • Fax +1 703 326 9881