



It is hereby stated that this report is the intellectual property of both the Undersecretary of Telecommunications and the Development Bank of Latin America (CAF), sharing among them all the corresponding rights for works of ingenuity, intellectual creations, research studies, industrial privileges and/or professional services, among others. Likewise, it is stated that both entities are holders of authorship copyright to this document.

Se deja constancia que el presente informe es de propiedad intelectual tanto de la Subsecretaría de Telecomunicaciones como el Banco de Desarrollo de América Latina (CAF), compartiendo entre ellas todos los derechos que correspondan por obras de ingenio, creaciones intelectuales, estudios de investigación, privilegios industriales y/o servicios profesionales, entre otros. Asimismo, se deja constancia que ambas entidades son titulares del derecho patrimonial de autor de este documento.

Estudio de Sinergias de Proyectos Digitales en Sudamérica

-

Informe Final: Redes Regionales Sudamericanas

Santiago, 24 de Junio de 2021
Equipo Universidad de Chile / Texus

Toda la información contenida en este documento íntegro, Texus Networks SpA la comparte con Subtel y la Universidad de Chile y sus unidades coligadas, con el objeto de servir de resumen de las actividades consultivas que Texus Networks SpA realizó para la destinataria en relación al Proyecto. Texus Networks SpA aclara que su uso, reproducción total o parcial, está prohibido sin el expreso consentimiento escrito de Texus Networks SpA, cosa que el destinatario acepta desde ya. Igualmente, acepta hacer una distribución limitada entre sus colaboradores que requieren conocer de este contenido, los cuales quedan sujetos a las mismas condiciones de uso de la Empresa. Todo esto, sin desmedro de los acuerdos de confidencialidad suscritos para los efectos específicos que se han acordado respecto del proyecto y la participación de Texus Networks SpA en este estudio.confidencialidad suscritos para los efectos específicos que se han acordado respecto del proyecto y la participación de Texus Networks SpA en este estudio.

Acrónimos y Definiciones	6
Introducción	8
Arquitectura General Ecosistema IP	10
Arquitectura de Operadores	10
Definiciones	11
Arquitectura General de ISP	14
Operadores Internacionales en LATAM	16
Operadores Regionales	18
Redes Universitarias	27
Arquitectura de IXP	29
Definiciones	29
Beneficios de un IXP	31
IXP en Sudamérica	32
IXP en Brasil	36
IXP en Chile	37
Global Internet Exchange GIX	39
OTT y CDN	¡Error! Marcador no definido.
Arquitectura de datacenters	¡Error! Marcador no definido.
Definición	55
Tipos de Data Center	55
Certificaciones	56
Criterios para la ubicación de Data Centers	57
Data Centers en Latinoamérica	59
DC en Brasil	61
DC en Chile	61
DC en Argentina	62
DC en Colombia	62
DC en Uruguay	62
Principales Colocation Data Center de la región	62
Principales Cloud Service Data Center de la región	63
Operadores de Redes de Transporte	65
Caracterización de Operadores Mayoristas de Transporte mediante Fibra Óptica	65
Principales Operadores de Transporte transfronterizo en la Región y su Caracterización	68
Situación de los Operadores de Transporte en Sudamérica	122
Cuadro General de Presencia de principales Operadores de Transporte por países	70
Oferta de Principales Servicios Mayoristas	70

Precios Referenciales de Servicios de Transporte en la Región	72
Descripción de la Topología de Redes sudamericanas	75
Red de interconexión submarina	75
Red submarina en cada país	77
Operadores regionales de transporte terrestre con infraestructura propia	79
América Móvil	80
InterNexa	80
Lumen	81
Silica Networks	81
Telxius	81
Ufinet	82
Operadores transporte terrestre con infraestructura en cada país	82
Análisis de las redes regionales y la relación con el cable Humboldt	85
Antecedentes del Cable Humboldt	85
Relación entre el Cable Humboldt	88
Contribución del cable Humboldt al tráfico regional: el cable como catalizador en el tráfico	90
Análisis del estado del arte de las redes regionales	92
Aspectos técnicos	92
Capacidad disponible en las redes actuales e infraestructura digital desplegada	92
Análisis de rutas preliminares de interconexión	92
Interconexión Valparaíso - Santiago	93
Santiago – Buenos Aires	94
Tramo 1 – Santiago (CHL) - Mendoza (ARG) (aproximadamente 360km)	94
Tramo 2 – Mendoza (ARG) - Villa Mercedes (ARG) (aproximadamente 350 km)	95
Tramo 3 (opción 1) – Villa Mercedes-Buenos Aires (aproximadamente 700 km)	95
Tramo 3 (opción 2) – Villa Mercedes-Buenos Aires (aproximadamente 1200 km)	95
Interconexión Buenos Aires – Asunción:	96
ARSAT	97
Telefónica Argentina	97
Silica Networks	97
Telecom Argentina	98
Interconexión Buenos Aires – Sao Paulo:	98
BR Fibra	99
Claro	99
Oi	99
Silica Networks	99
Telebrás / RNP	100

TIM	100
Telefónica (Vivo)	100
Vogel Telecomunicaciones	100
Interconexión Asunción – Sao Paulo:	100
Interconexión Sao Paulo – Rio de Janeiro	101
Rio de Janeiro - Fortaleza	103
Interconexión Santiago - La Paz:	104
En la zona norte de Chile	104
Desde Arica hacia la Frontera con Bolivia en la localidad de Visviri:	105
Desde La Paz hacia la Frontera con Chile en la localidad Boliviana de Charaña:	105
Interconexión Santiago – Lima:	105
Interconexión Lima – La Paz	105
Interconexión La Paz - Asunción	106
Aspectos comerciales	107
El precio de mercado en transporte terrestre local (Chile - Brasil - Argentina) es caro en comparación con otras redes internacionales.	107
Preferencia a las rutas a EEUU por sobre las regionales en el tráfico local	111
Consecuencia de los aspectos comerciales sobre el desarrollo de redes sudamericanas	112
Evidencia internacional: El caso Panamá como hub de interconexión para mejorar las redes de Centroamérica	113
Posibles escenarios	114
Regulación del mercado de telecomunicaciones para fortalecer las redes regionales	116
Recomendaciones de Políticas Públicas para el desarrollo de las Redes Sudamericanas	121
Puertos espejos: acercar Humboldt hacia los centros de intercambio de tráfico.	121
Incentivos regulatorios para fomentar la inversión digital	122
Fortalecer la creación de contenido local	123
Facilitar la interconexión entre países de la región	124
Conclusiones	125

1. Acrónimos y Definiciones

En este apartado se incorporan todas las siglas, acrónimos y definiciones, de acuerdo a los conceptos que se desarrollan en el presente Informe. Con ello se busca generar un mayor entendimiento de lo que se plantea.

1. *IXP (Internet exchange point)*: Lugar físico en donde dos o más redes pueden intercambiar tráfico de forma local. Usualmente este intercambio se hace sin que haya cobro monetario por ninguna de las dos o más partes involucradas.
2. *Peering*: Acción de intercambiar tráfico entre operadores de redes a través de un IXP.
3. *RIPE (Réseaux IP Européens)*: Registro Regional de Internet para Europa. Es una organización que supervisa y registra la asignación de recursos de números de internet (direcciones IP y números de sistemas autónomos), en este caso de Europa.
4. *LACNIC (Latin-American NIC)*: Registro Regional de Internet para Latinoamérica. Es una organización que supervisa y registra la asignación de recursos de números de internet (direcciones IP y números de sistemas autónomos), en este caso de Latinoamérica.
5. *DDoS (Distributed Denial of Service)*: Intento malicioso de interrumpir el tráfico normal de un servidor, servicio o red determinada, sobrecargando el objetivo o su infraestructura asociada con una avalancha de tráfico de Internet.
6. *PoP (Point of presence)*: es un punto físico en donde dos o más redes o dispositivos de comunicación se interconectan. Se refiere principalmente a puntos de acceso, ubicaciones o instalaciones que permite a otras redes conectarse a internet.
7. *AS/ASN (Autonomous System)*: es una colección de prefijos de direcciones IP, bajo el control de uno o más operadores, que representa un dominio u organización administrativa con una política de enrutamiento común en internet.
8. *NREN (National Research and Education Network)*: es un *internet service provider (ISP)* especializado dedicado a satisfacer las necesidades, en términos de conectividad, de comunidades de universidades y centros de investigación en un mismo país.
9. *FTTH (Fiber To The Home)*: en español, “fibra hasta la casa”, es la conexión desde el equipamiento de un operador hasta un hogar u empresa a través de fibra óptica.
10. *SUBTEL (Subsecretaría de Telecomunicaciones)*: es un organismo dependiente del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones. Su trabajo está orientado a coordinar, promover, fomentar y desarrollar las telecomunicaciones en Chile, transformando a este sector en motor para el desarrollo económico y social del país.
11. *OTT (Over-The-Top)*: se refiere a un conjunto de servicios (audio, vídeo y otros contenidos) que se distribuyen sobre una red IP.
12. *Datacenter (Centro de Datos)*: es un espacio en donde se concentra equipamiento y dispositivos computacionales capaces de almacenar y procesar información.
13. *Hub*: aunque existen muchas interpretaciones, en este documento *Hub* hace referencia a un punto geográfico con alta concentración de redes y tráfico.

14. *Ecosistema Digital*: ambiente o esfera que considera la infraestructura digital junto a sus operadores; los proveedores de contenido, y proveedores de servicios y productos digitales que forman parte clave en el desarrollo de internet y sus aplicaciones

2. Introducción

El presente informe se desarrolla bajo el contexto del Marco de Cooperación Técnica, acordado entre el Banco de Desarrollo de América Latina (CAF) y el Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones de Chile (MTT), representado por la Subsecretaría de Telecomunicaciones de Chile (Subtel). El estudio posee el objetivo de identificar las sinergias y posibles efectos del despliegue del cable de Humboldt, cable submarino de fibra óptica que conectará Sudamérica con Asia y Oceanía¹.

Este documento corresponde a la primera parte del Estudio de Sinergias de Proyectos Digitales en Sudamérica, el cual se centra en el diagnóstico y análisis de las redes regionales existentes en la región, levantando a los distintos actores, el estado actual de las redes, detallando las problemáticas y haciendo recomendaciones de políticas públicas al respecto.

En términos generales, el presente estudio se referirá como Redes Regionales que, en palabras sencillas, abarca las conexiones de fibra óptica al interior y entre los países de la región. Se considera toda la cadena de valor en las conexiones, es decir, desde los propietarios de los cables de fibra óptica, pasando por operadores mayoristas, transportistas, ISP, CDN e IXPs, realizando un levantamiento de la topología de red presente en Sudamérica.

Para el levantamiento de la información anterior, el estudio se centra en los países sudamericanos con un mayor despliegue de redes y, además, sobre los que se espera generar un mayor beneficio del cable Humboldt, dada la cercanía al puerto de conexión en Valparaíso, Chile. Estos países son **Chile, Brasil, Argentina, Bolivia, Paraguay, Perú y Ecuador**, los cuales en adelante e indistintamente serán denominados “países de la región” o “países en estudio”.

En primera instancia, se realiza un análisis de la arquitectura general de un Ecosistema IP, donde en detalle se caracteriza la arquitectura de los operadores, luego Internet Service Provider (ISP), continuando con IXP y CDN y finalmente la arquitectura de *datacenters* en la región.

En una segunda instancia, se caracterizan los principales operadores de Redes de Transporte en la región, la situación de estos en Sudamérica y se realiza un análisis de precios referenciales de transporte dentro de la región. Además, se presenta una descripción de la topología de Redes de interconexión submarina en conjunto con un levantamiento de información de cada país en estudio y los principales operadores con infraestructura propia.

Luego de lo anterior, se abordan las Redes Regionales y su relación con el cable de Humboldt, enfocado en la contribución de este último al tráfico regional, tomando un rol de catalizador en el tráfico regional. Sigue que, se aborda el estado del arte de las Redes Regionales, realizando un análisis

¹Para más detalles véase: <https://www.subtel.gob.cl/gobierno-de-chile-escoge-ruta-mediante-nueva-zelanda-y-hasta-australia-para-implementar-el-cable-transoceanico/>

desde el punto de vista técnico y desde el punto de vista comercial, donde destaca la comparación del precio en tráfico sudamericano, versus el tráfico de datos hacia Estados Unidos.

Por otra parte, se menciona el caso de estudio de experiencia internacional de Panamá, el cual ilustra los beneficios de generar una interconexión regional, con la finalidad de agrupar demandas de tráfico de datos; transformar a Panamá en un *hub* digital; generar beneficios a consumidores finales y reducción de costos de operación. Esto, con la finalidad de extrapolar el caso y entender beneficios potenciales sobre las redes regionales, devengados por la instalación del cable Humboldt.

Finalmente, se consideran los análisis realizados en todos los capítulos del estudio para proponer recomendaciones de políticas públicas, asociadas a los centros de intercambio de tráfico, incentivos regulatorios para fomentar la inversión digital, creación de contenido local y facilitar la interconexión entre países de la región.

3. Arquitectura General Ecosistema IP

3.1. Arquitectura de Operadores

En la normativa chilena, el decreto N° 368 de 2010, define los ISPs como concesionarias de servicio público de telecomunicaciones que prestan servicios a proveedores de acceso a Internet. Son operadores inmersos en el ecosistema de Internet a nivel internacional, nacional y local, encargados de transportar información a través de sus redes. La siguiente figura resume los actores principales de internet y sus relaciones:

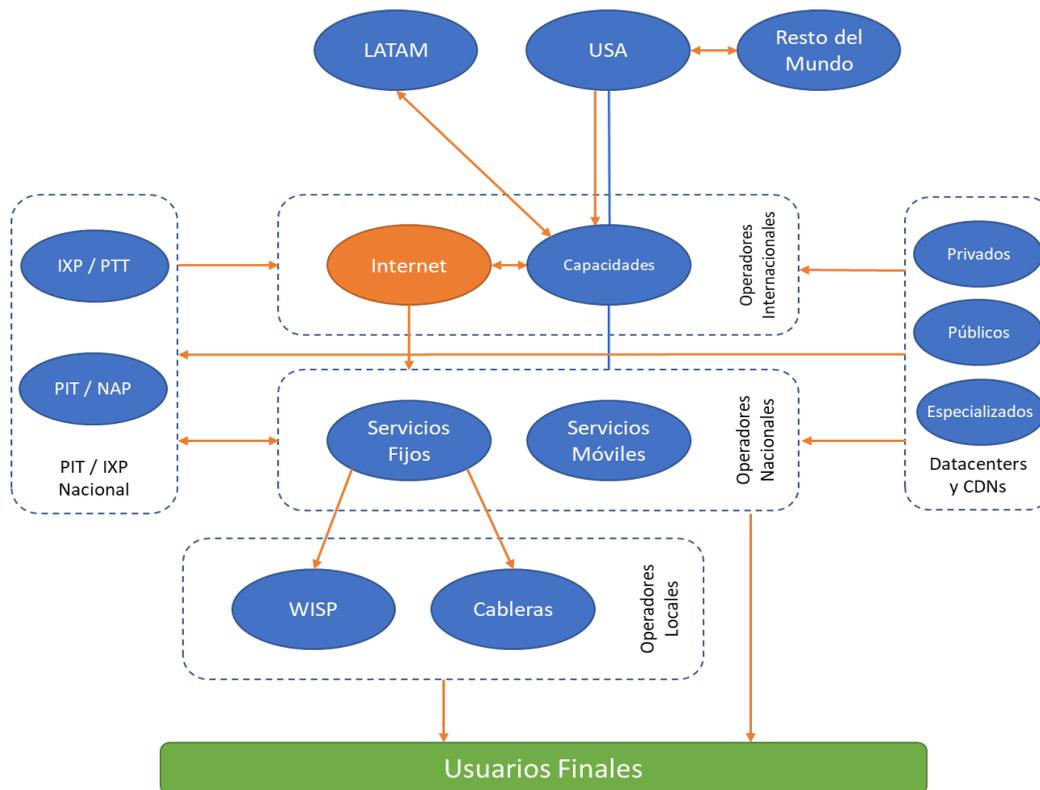


Figura 1: Principales actores de internet y sus relaciones

En la Figura 1 se pueden notar los siguientes actores: En la parte izquierda se encuentran los puntos de intercambio de tráfico (IXPs); en el recuadro de la derecha se encuentran los proveedores de contenido representados por CDNs y Datacenters; en los tres recuadros centrales se encuentran los operadores divididos en operadores locales, operadores nacionales y operadores internacionales. En la parte inferior se encuentran los usuarios finales, ya sean privados o empresas, que acceden a internet mediante diversas tecnologías de acceso (redes móviles o fijas), mientras que en la parte superior se encuentran los destinos alcanzados: el resto de LATAM, USA o bien el resto del mundo dependiendo de hacia dónde requiere viajar el tráfico consultado por los usuarios finales. El sentido

de las flechas refleja el flujo típico de los mayores volúmenes de tráfico IP, sin embargo, esto es referencial ya que se suelen encontrar flujos en direcciones distintas.

▪ **Definiciones**

Un operador de telecomunicaciones es cualquier empresa legalmente constituida que cuenta con las licencias, permisos y garantías exigidas por la ley que lo regula para ejercer actividades de telecomunicaciones con consumidores finales, personas físicas u otras personas jurídicas (administraciones, empresas, organismos, etc.), en los respectivos países donde ejercen dicha actividad.

Los Operadores de Telecomunicaciones pueden prestar diversos tipos de servicios, entre ellos: transporte de datos privados, arriendo de infraestructura (fibra óptica, torres, ductos, etc.), transporte de voz/telefonía, servicios de televisión, conectividad a internet u otros.

Para efectos de abordar la Arquitectura General del Ecosistema ISP, el foco del análisis se centrará en los Operadores que proveen conectividad de servicio de Internet, también denominados como ISP o Internet Service Providers.

Existen diversas formas de clasificar a los ISP, sin embargo, la tipificación comúnmente utilizada es “TIER”, la cual se relaciona directamente con la cobertura geográfica que abarca. El número de TIER que se le asigna a cada operador depende de la importancia en cobertura que presente en la red, comenzando con los operadores TIER 1 (aquellos de mayor cobertura) y descendiendo a medida que pierden relevancia en el ecosistema IP. Una tipificación alternativa clasifica a los ISP de acuerdo a la cantidad de redes IP que transporta. Independientemente de la clasificación, los operadores que ofrecen servicio de conectividad a otros ISP, típicamente se les denomina como Carriers, Mayoristas o *Wholesale*. A continuación, se detalla la clasificación considerando cada tipificación posible.

Tipificación por cobertura geográfica

En el contexto del Ecosistema IP se pueden distinguir 3 grandes grupos de redes de acuerdo al alcance en su cobertura, las redes TIER 1, TIER 2 y TIER 3. Desde el punto de vista IP, la cobertura de una red está determinada principalmente por la adyacencia de su “ASN” o Sistema Autónomo con otras redes. Dicho de otra manera, mientras más destinos son alcanzables en Internet con una red, mayor cobertura posee ésta y por lo tanto mayor relevancia tiene para la conectividad de Internet. La siguiente figura muestra la ubicación relativa de las distintas redes en el ecosistema IP:

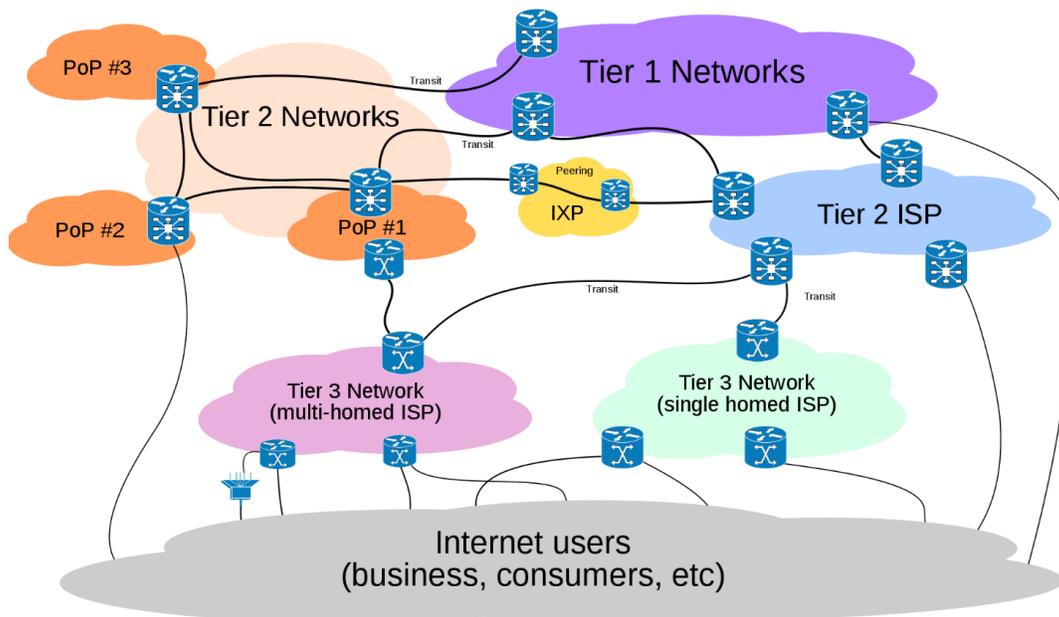


Figura 2: Ubicación de redes en internet

Redes TIER 1: son las redes de los grandes operadores globales (Global Carriers) que tienen tendidos de fibra óptica que abarcan al menos dos continentes. Desde una red TIER 1 se puede acceder a cualquier punto de Internet gracias a que es una condición necesaria para su clasificación que todos los operadores TIER 1 deben estar conectados entre sí. Se puede decir que las redes TIER 1 forman el actual “*Backbone*” o troncal de Internet. Algunos ejemplos de compañías que poseen redes TIER 1 son: AT&T (Estados Unidos), Orange (Francia), PCCW Global (Hong Kong), Tata Communications (India) y Verizon (Estados Unidos). Los operadores TIER 1 en general despliegan cables submarinos para interconectar continente, además de cables terrestres para cubrir el área intra-continental.

Redes TIER 2: son operadores de ámbito regional que no pueden alcanzar todos los puntos de Internet y por lo tanto necesitan conectarse a una red TIER 1. Su principal función es ofrecer servicios de conectividad a los operadores TIER 3. Algunos ejemplos de operadores TIER 2 en LATAM son: Columbus Networks, GlobeNet, Internexa, Ufinet, Silica Networks e IFX Corporation. Los operadores TIER 2 en general despliegan cables terrestres para lograr conectividad entre ciudades además de cables submarinos en caso de buscar cubrir grandes distancias.

Redes TIER 3: pertenecen a los operadores que dan servicio de conexión a Internet a los usuarios finales, tales como: residenciales, empresas, universidades, entidades gubernamentales, etc. A estos se les denomina típicamente como ISP (Internet Service Provider) o proveedores de acceso a Internet. Algunos ejemplos en Latinoamérica son: Telecom Argentina, Comteco, Nuevatel, Telefónica Celular de Bolivia, Telefónica Brasil, Claro Brasil, Telefónica Chile, Claro Chile, Entel Chile, Claro Colombia, EPM Telecomunicaciones, Tigo Colombia, CNT, Conecel, Otecel, Claro Perú, Media

Networks (Telefónica), Entel Perú, CO.PA.CO, Giganet, Tigo Paraguay, ANTEL, Movistar Uruguay, Telstar. En general las redes TIER 3 despliegan principalmente tendidos de fibra óptica o redes inalámbricas de larga distancia para lograr conectividad entre ciudades de un mismo país. Además, cuentan con redes de acceso orientadas tanto a cobertura masiva como a nichos específicos a través de tecnología satelital, FTTH, WiFi, Ethernet, 4G, 5G, entre otras, dependiendo del tipo de servicio que busque ofrecer.

Tipificación por cantidad de redes IP o ranking ASN

Como se explicó anteriormente, una forma alternativa de clasificar a las redes IP es a través de su ranking AS, el cual se obtiene utilizando algoritmos que analizan las tablas de ruteo de la red para establecer una jerarquía. En términos simples, mientras más redes IP son transportadas por el sistema autónomo de un operador, mayor será su ranking. Esto está explicado con detalle en el sitio ASRank², realizado por CAIDA³ (Center for Applied Internet Data Analysis). La siguiente tabla muestra el ranking publicado en ASRank.

AS Rank	Organización
1	Level 3 Parent, LLC
2	GTT Communications Inc.
3	Telia Company AB
4	Cogent Communications
5	NTT America, Inc.
6	Telecom Italia S.p.A.
7	Hurricane Electric LLC
8	TATA COMMUNICATIONS (AMERICA) INC

² ASRank: <https://asrank.caida.org/>

³ CAIDA – Center for Applied Internet Data Analysis <https://www.caida.org/home/>

9	Zayo Bandwidth
10	Level 3 Parent, LLC

Tabla 1: Ranking AS de operadores TIER 1 - 10 primeros

Las jerarquías presentadas sirven para dar un marco de entendimiento a la estructura que presenta la arquitectura de Internet, sin embargo, no hay un organismo que oficialmente certifique una red como TIER 1, TIER 2 o TIER 3, de hecho, en la práctica las interconexiones se dan de manera mixta, dependiendo principalmente de la disponibilidad de red en una área geográfica determinada, dados los traslapes que se producen desde el punto de vista de despliegue de redes, así como arriendos a terceros y acuerdos entre operadores en cada región, de esta forma un operador TIER 3 podría conectarse directamente a un operador TIER 1, por ejemplo, o bien 2 operadores TIER 2 podrían decidir interconectarse sin cargo alguno debido a que determinan que dicha interconexión es de beneficio mutuo. Del mismo modo, el método de ranking por AS (Sistema Autónomo), da cuenta del tamaño de las redes de los Operadores, sin embargo, no necesariamente de su cobertura. Por ejemplo, el caso de Algar Telecom de Brasil, que figura en el puesto 29 sobre sistemas autónomos internacionales como los de Comcast, Internexa, Verizon y China Telecom, debido a la gran dimensión de su operación en Brasil.

- **Arquitectura General de ISP**

A continuación, se detallarán los distintos componentes que constituyen el Internet, explicando el rol que cada uno juega en la red. El siguiente diagrama resume el sistema.

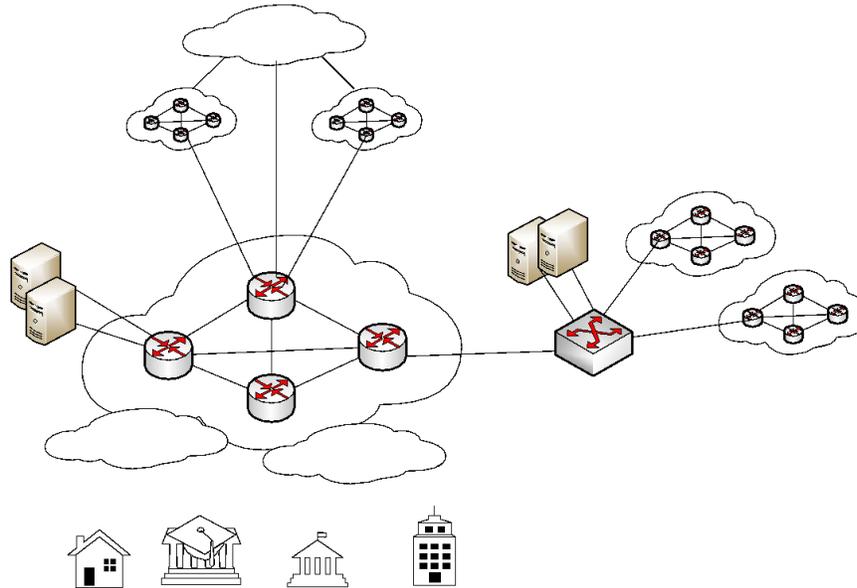


Figura 3: Arquitectura general de internet

En el diagrama anterior destacan:

Core Internet: Corresponde al núcleo de ruteo IP y puede enmarcarse dentro de un mismo AS, aunque en algunos casos es dividido en Core Nacional y Core Internacional mediante AS distintos. En el Core, cada ISP aplica políticas de enrutamiento para optimizar las latencias hacia los diversos destinos. El Core realiza un balance de tráfico entre sus enlaces para evitar saturaciones y además de utilizar rutinas de optimización de costos, entre otras.

CDN Privados: Corresponden a servidores que almacenan localmente los contenidos consumidos con mayor frecuencia de modo que ahorran tráfico IP sobre enlaces internacionales al evitar repetir consultas. Además, los CDN mejoran la experiencia de usuario al proveer menor latencia para los contenidos servidos. Lo anterior es especialmente relevante en aquellos ISP con mucho tráfico ya que adicionalmente se disminuyen los costos asociados a los enlaces de Tránsito IP. En el capítulo Arquitectura de OTT y CDN estos componentes son estudiados con mayor detalle.

Conexión a IXP: Los IXPs son puntos de intercambio de tráfico entre distintas redes, típicamente realizada nacionalmente. Además, los IXPs proveen conectividad con CDN públicos y otros operadores nacionales e internacionales, los cuales además de permitir conectividad de sus redes podrían proveer incluso Tránsito IP dependiendo de las políticas permitidas por el IXP y/o los acuerdos que se pacten en los peering bilaterales. En el capítulo Arquitectura de IXP estos componentes son estudiados con mayor detalle.

Proveedores de Tránsito IP: Corresponden a ISP orientados a proveer conectividad hacia Internet mediante la entrega del tráfico hacia el Backbone de Internet compuesto por las redes TIER 1. En algunos casos en que el ISP proveedor se encuentra distante, es necesario recurrir adicionalmente a otro Proveedor para que provea el transporte, ya sea, Capacidades o Fibra Oscura Nacional y/o Internacional. El tránsito IP es necesario para lograr la conectividad hacia todos los destinos de Internet, lo que el ISP no podría lograr con sus propias redes e interconexiones.

Redes de Acceso: Dependiendo de los tipos de servicios ofrecidos por el ISP, éste puede contar con una o más redes de acceso de diversas tecnologías que le permitan proveer Internet a los usuarios finales, o incluso a otros ISP. Algunos operadores mantienen diversos AS en sus redes de acceso de manera de diversificar el tráfico de sus servicios, o bien como consecuencia de la adquisición de distintas redes a través del tiempo

Cabe destacar que, dado que cada ISP establece sus propias políticas de enrutamiento de acuerdo a sus propias motivaciones, así como las posibilidades que les permiten sus proveedores, las latencias entre países se producen a entre los operadores, específicamente a nivel de segmentos IP. Esto significa que las latencias observadas no obedecen necesariamente a una condición generalizada de los países.

- **Operadores Internacionales en LATAM**

En los próximos capítulos se profundiza en cómo son transportados los prefijos originados en LATAM hacia las redes TIER 1, además de especificar los operadores que participan en el transporte de estos prefijos. La metodología consiste en determinar los bloques de IP y AS asignados por RIPE / LACNIC para los distintos países de la región y observar su propagación hacia las redes TIER 1 mediante el set de herramientas BGP de Hurricane Electric, el cual permite determinar los AS asignados a cada país en la sección World Report y permite realizar consultas para cada AS mostrando su propagación hacia AS vecinos y hasta proveedores TIER 1. El foco del análisis son Operadores Mayoristas Internacionales, Regionales y Nacionales, es decir, aquellos ISP que prestan servicios de tránsito IP a otros ISP.

Una primera vista general arroja que el 27% de las direcciones IP generadas en LATAM son enviadas directamente a Operadores Internacionales, principalmente en USA, mientras que un 61% de las direcciones IP son enviadas a operadores regionales en LATAM. Las restantes direcciones IP son enviadas directamente entre países vecinos.

	Total	AR	BO	BR	CL	CO	EC	PE	PY	UY	VE
ASN Asignados	10.109	957	41	8.227	284	197	137	70	79	19	98
IP Asignadas	140.399	17.069	1.095	84.426	8.697	15.341	2.204	3.189	1.175	2.436	4.767
% IP respecto de LATAM	100%	12,16%	0,78%	60,13%	6,19%	10,93%	1,57%	2,27%	0,84%	1,73%	3,40%
ASN Analizados	790	100	41	153	102	100	100	70	79	19	26
% IP Analizadas		92,08%	100%	81,69%	98,58%	99,82%	99,61%	100%	100%	100%	98,59%
% IP enviadas a ISP Internacional	27%	7%	6%	28%	15%	53%	32%	25%	1%	66%	10%
% IP enviadas a ISP Regional	61%	88%	85%	54%	83%	47%	64%	76%	54%	30%	89%
% IP enviada a otros países LATAM		0,24%	8%	0,04%	1%	0,08%	4%	1%	48%	8%	0,09%

Tabla 2: Distribución de direcciones IP en LATAM

La relevancia de esta información radica en cómo los diversos operadores de cada país privilegian mandar su tráfico IP a USA por sobre la conectividad directa en LATAM. Por ejemplo, para el caso de Colombia, que de manera agregada los operadores ahí presente, envían el 53% de sus direcciones IPv4 directamente a Estados Unidos en desmedro de favorecer una conectividad regional. Esto probablemente se debe a su ubicación geográfica, la cual hace que la latencia adicional introducida sea aceptable para la mayoría de las aplicaciones sobre Internet, aunque también podría atribuirse a la oferta de conectividad mediante fibra submarina existente en la zona.

Operadores Internacionales que transportan direcciones IP generadas en LATAM

Para realizar la caracterización de estos operadores se adopta como definición de “Operador Internacional” cualquier operador que esté presente en diversos países, y para estos efectos, que cuente con gran presencia en Sudamérica. La siguiente tabla resume la propagación de IP sobre operadores internacionales.

AS	País	ISP Internacional	web	Total	AR	BO	BR	CL	CO	EC	PE	PY	UY	VE	%
1299	SE	Telia	www.teliacarrier.com	7.717	298	-	4.313	79	2.292	310	107	-	123	195	5%
6453	US	TATA Communications	www.tatacommunications.com	6.422	-	-	5.082	395	852	-	93	-	-	-	5%
6939	US	Hurricane Electric	he.net	3.869	20	4	2.619	12	267	12	-	13	888	33	3%
3257	US	GTT	www.gtt.net	3.808	190	-	2.678	42	752	45	99	-	-	-	3%
174	US	Cogent	www.cogentco.com	3.624	288	-	2.454	436	12	114	-	-	178	142	3%
1239	US	Sprint	www.sprint.net	3.021	20	-	-	-	2.361	122	395	-	123	-	2%
3491	US	PCW Global (Beyond The Network America)	www.pcowglobal.com	2.319	2	-	1.512	-	805	-	-	-	-	-	2%
2914	US	NTT America	www.gin.ntt.net	2.257	215	51	1.433	357	-	-	80	-	123	-	2%
701	US	Verizon (MCI Communications)	www.verizon.com/business/solutions	1.921	106	-	1.063	-	752	-	-	-	-	-	1%
3320	DE	Deutsche Telekom	globalcarrier.telekom.com	1.245	-	-	1.245	-	-	-	-	-	-	-	1%
2828	US	Verizon (XO Communications)	www.verizon.com/business/solutions	533	-	-	533	-	0	-	-	-	-	-	0%
20080	US	AMPATH - Florida International University	ampath.net	331	-	-	284	-	-	-	-	-	47	-	0%
37468	AO	Angola Cables	www.angolacables.co.ao	205	-	-	205	-	-	-	-	-	-	-	0%
6461	US	Zayo Bandwidth	www.zayo.com	155	-	-	33	-	0	-	-	-	123	-	0%
3223	GB	Voxility	www.voxility.com	120	-	-	120	-	-	-	-	-	-	-	0%
60725	NL	D3B Networks (SES / Satelital)	www.ses.com	94	-	-	-	-	-	94	-	-	-	-	0%
7018	US	AT&T	www.business.att.com/industries/wh	91	31	-	47	-	12	-	-	-	-	-	0%
19905	US	Neustar	www.home.neustar	82	-	-	82	-	-	-	-	-	-	-	0%
19551	US	Imperva / Incapsula	www.imperva.com	72	-	-	72	-	-	-	-	-	-	-	0%
5511	FR	Orange (Opertransit)	internationalcarriers.orange.com	62	-	-	-	-	-	-	-	-	-	62	0%
20479	US	Choopa	www.choopa.com	30	-	-	26	1	0	1	1	-	-	-	0%
34665	RU	Petersburg Internet Network	www.pindc.ru	30	16	-	-	-	-	-	13	-	-	-	0%
8757	US	NFocus (DDoS)	nfocusglobal.com	29	-	-	29	-	-	-	-	-	-	-	0%
22850	US	PIT US (IXP)	www.pit-us.com	20	-	-	-	20	-	-	-	-	-	-	0%
10391	PA	InterRED Panamá (IXP)	interred.org.pa/interred	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20	0%
4809	CN	China Telecom	www.ctamericas.com	13	-	-	13	-	-	-	-	-	-	-	0%
55002	US	F5 Networks (DDoS / ex Defense.Net)	www.f5.com	12	-	-	12	-	-	-	-	-	-	-	0%
36236	US	NetActuate	netactuate.com	12	-	-	-	0	-	-	12	-	-	-	0%
32806	US	Global Eagle (Satelital ex MTN)	www.globaleagle.com	5	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0%
4637	HK	Telstra Global	www.telstra.com.au	4	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0%
3215	FR	Orange	internationalcarriers.orange.com	4	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0%
9009	GB	M247	m247.com	4	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	0%
53356	CA	Free Range Cloud	freerangecloud.com	4	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	0%
397086	US	LayerHost (DDoS)	www.layerhost.com	4	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	0%
22831	US	SCG - The Scientific Consulting Group	www.scgcorp.com	3	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	0%
43950	NL	NForce Internet Services	www.nforce.com	2	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	0%
29802	US	Hivelocity	www.hivelocity.net	2	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	0%
25795	US	ARP Networks	arpanetworks.com	1	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	0%
40676	US	Psych Networks	www.psych.net	1	-	-	0	1	-	-	-	-	-	-	0%
7819	US	Global IP Networks	gipnetworks.com	1	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	0%
55259	US	Transtelco (ex Neutrons)	www.transtelco.net	1	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	0%
42624	US	Simple Carrier	www.simplecarrier.net	1	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	0%
396356	US	Maxihost	www.maxihost.com	0	-	-	0	-	-	-	-	-	-	-	0%
398131	US	PowerHost USA (GIX IXMetro)	www.powerhost.com	0	-	-	-	0	-	-	-	-	-	-	0%
23148	US	Verizon (Managed Router Service)	www.verizon.com/business/solutions	0	-	-	-	-	0	-	-	-	-	-	0%
25091	CH	IP-Max	www.ip-max.net	0	-	-	-	0	-	-	-	-	-	-	0%
26105	PA	Cable Onda	www.cableonda.com	0	-	-	-	-	0	-	-	-	-	-	0%
3790	CR	Racsa - Radiografica Costarricense	www.racsa.go.cr	0	-	-	-	-	-	-	-	-	0	-	0%
54540	US	Hivelocity (ex Inero)	www.hivelocity.net	0	-	0	-	-	-	-	-	-	-	-	0%
30362	US	Hawaii Pacific Teleport (Satelital)	www.hawaiiteleport.com	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0%
39122	IE	Blacknight Solutions	www.blacknight.com	0	-	-	-	-	-	-	-	-	0	-	0%
59796	SK	StormWall (DDoS)	stormwall.network	0	-	-	-	0	-	-	-	-	-	-	0%
25192	CZ	CZ-nic	www.nic.cz	0	-	-	-	-	-	-	-	-	0	-	0%
22894	MX	NIC México	www.nicmexico.mx	0	-	-	-	-	-	-	-	-	0	-	0%
27929	GT	Red Avanzada Guatemalteca para la Investigaci	www.ixp.gt	0	-	-	-	-	-	-	-	-	0	-	0%

Tabla 3: Principales operadores en LATAM Fuente: Elaboración Propia⁴

A modo de ejemplo, la tabla 3 refleja que Telia transporta hacia el resto del mundo 298.000 direcciones IP originadas en Argentina y en total transporta 7.717.000 direcciones IP originadas en LATAM, representando un 5% del total de las direcciones IP de la región. Del mismo modo, se aprecian AS de compañías que prestan el servicio de mitigación de ataques DDoS, así como algunos IXPs que realizan *IP Transit*.

• Operadores Regionales

De la misma forma, se consideran “Operadores Regionales” aquellos operadores que estén presentes en distintos países de Sudamérica pero que no escapen del continente. En ese sentido, el siguiente

⁴ Elaborado en base a RIPE NCC (<https://www.ripe.net/>), LACNIC (<https://www.lacnic.net/>) y BGP Toolkit de Hurricane Electric (<https://bgp.he.net/>). Análisis realizado entre noviembre de 2020 y marzo de 2021.

recuadro resume las direcciones IPv4 originadas en LATAM y transportadas sobre las redes de Operadores Regionales.

AS	País	ISP Regional	Web	Total	AR	BO	BR	CL	CO	EC	PE	PY	UY	VE	%
12956	ES	Telxius	www.telxius.com	36.571	5.346	483	18.810	5.108	3.723	620	1.502	589	381	-	26%
3356	US	Lumen (ex CentruyLink)	www.lumen.com	21.793	3.840	259	15.559	1.115	355	57	115	20	336	137	16%
6762	IT	TI Sparkle	www.tisparkle.com	16.593	4.808	64	10.067	326	-	245	312	-	-	772	12%
23520	US	C&W Networks	www.cwc.com	2.784	-	-	-	-	1.753	267	42	-	-	722	2%
3549	US	Lumen (ex CentruyLink)	www.lumen.com	1.954	406	48	387	162	125	96	192	-	10	527	1%
52320	CO	GlobeNet	www.globenet.com	2.912	-	-	438	-	402	-	-	-	-	2.072	2%
28513	MX	Uninet América Móvil (Claro)	www.telmx.com	961	52	-	-	244	592	-	73	-	-	-	1%
262589	BR	Internexa	www.internexa.com	1.026	174	58	133	217	263	-	176	-	-	4	1%
7049	AR	Silica Networks	www.silicanetworks.com	303	291	-	-	12	-	-	-	-	-	-	0%
52468	PA	Ufifinet	www.ufifinet.com	208	41	-	9	4	12	130	0	13	-	-	0%
18747	US	IFX Corporation	www.ifxnetworks.com	53	29	-	-	18	6	-	-	-	-	-	0%
13786	US	Seaborn	www.seabornnetw	37	-	-	37	-	-	-	-	-	-	-	0%

			orks.com												
7195	CO	EdgeUno	www.edgeuno.com	26	-	-	12	12	-	-	2	-	-	-	0%
262206	GT	Tigo / Millicom	www.millicom.com	22	-	22	-	-	-	-	-	-	-	-	0%
23379	PR	Blackburn Networks	www.blackburn-pr.com	19	9	-	-	-	-	-	-	-	-	1	0%
10753	US	Lumen (ex CentruyLink)	www.lumen.com	9	-	-	7	0	2	-	0	-	-	-	0%
41095	GB	IPTP Networks (GIX JumboIX)	www.iptp.net	6	-	1	-	-	-	-	4	-	-	-	0%
6621	US	Hughes Networks Systems (Satelital)	www.hughes.com	3	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	0%
22351	US	Intelsat	www.intelsat.com	1	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	0%

Tabla 4: Resumen Direcciones IPv4 Transportados en LATAM sobre las Redes de Operadores Regionales

A modo de ejemplo, la tabla refleja que Telxius transporta hacia el resto del mundo 483.000 direcciones IP originadas en Bolivia, y en total transporta 36.571.000 direcciones IP originadas en LATAM, representando un 26% del total de las direcciones IP de la región.

A continuación, se listan los principales operadores de la región, estableciendo sus características principales.

Telxius

Telxius es el mayor operador en la región, transportando el 26% de las direcciones IP asignadas a Latinoamérica. Si bien la mayoría de estas direcciones IP provienen de las filiales Telefónica presentes en cada país, también se aprecian otros ISPs conectados a su red. Es un operador internacional que cumple con la definición de TIER 1, está presente en múltiples continentes y está interconectado con todos los otros operadores TIER 1. Su AS Rank CAIDA es 15.

La arquitectura de su red en LATAM rodea a todo el continente con rutas tanto terrestres como submarinas. Si bien la infraestructura desplegada a nivel de fibras ópticas y equipamientos de transporte le permite establecer rutas directas IP entre los países, incluso no adyacentes como Chile-Brasil y Perú-Brasil, se aprecia que la red en general, así como las rutas definidas, tienen como principal destino Miami desde cada uno de los países LATAM. A pesar de la existencia de cables Brasil – Europa, no se aprecia que sean utilizados por la arquitectura IP definida. Adicionalmente, pese a no estar presente en Paraguay y Uruguay, de todas formas, presta servicios a Operadores en estos países.

Por otra parte, para LATAM, Telxius está presente en el siguiente IXP:

Exchange	CC	City	AS12956
PTT São Paulo	BR	São Paulo	X

Tabla 5: Conexiones a IXP de Telxius

Lumen

Desde el punto de vista de cantidad de direcciones IP, Lumen se ubica en el segundo lugar en la región, transportando el 17% considerando sus tres AS, sin embargo, en cantidad de ISP transportados supera a Telxius. Es un Operador TIER 1 dado que cumple con estar presente en múltiples continentes e interconectado con todos los demás Operadores TIER 1. Su AS Rank CAIDA es 1.

Si bien no publica explícitamente su arquitectura IP, desde su topología se puede apreciar que forma un anillo que rodea el continente con punto de concentración en USA, principalmente en Miami, pero también con conexiones a la costa este y oeste de Estados Unidos. El anillo en LATAM conecta a los países con acceso a la costa, salvo Uruguay. Adicionalmente posee rutas terrestres directas Chile-Brasil, Chile-Argentina y Colombia-Ecuador. Pese a no estar presente en Bolivia, Paraguay y Uruguay, de igual modo presta servicios a Operadores en estos países.

Por otra parte, para LATAM, Lumen está presente (a través de dos de sus redes, AS3549 y AS3356) en los siguientes IXP:

Exchange	CC	City	AS3549	AS3356

CABASE-BUE	AR	Buenos Aires	X	X
PTT Belo Horizonte	BR	Belo Horizonte		X
PTT Brasilia	BR	Brasilia	X	
PTT Fortaleza	BR	Fortaleza	X	
PTT Londrina	BR	Londrina	X	
PTT Porto Alegre	BR	Porto Alegre	X	
PTT Rio de Janeiro	BR	Rio de Janeiro	X	
PTT São Paulo	BR	São Paulo	X	

Tabla 6: Conexiones IXP de Lumen

TI Sparkle

Telecom Italia Sparkle, se ubica en el tercer puesto en cuanto a propagación de direcciones IP en Lationamérica con un 12%. Es un Operador TIER 1, dado que cumple con estar presente en múltiples continentes e interconectado con todos los demás Operadores TIER 1. Su AS Rank CAIDA es 6.

Desde el punto de vista de arquitectura IP, no la muestra explícitamente, sin embargo, a nivel topológico, muestra un anillo en LATAM con concentración en Puerto Rico y rutas hacia Miami, Nueva York y San Diego, además de una ruta hacia Portugal. El anillo en LATAM une Brasil, Argentina, Chile, Perú, Colombia y Venezuela. Adicionalmente, al interior de Brasil muestra gran capilaridad mediante la red Backbone de TIM, la cual es presentada como parte de la red TI Sparkle.

Adicionalmente, pese a no estar presente en Bolivia y Ecuador, de igual modo presta servicios a Operadores en estos países. Por el contrario, pese a estar presente en Colombia, no se aprecian Operadores a los cuales se les preste el servicio.

Por otra parte, para LATAM, TI Sparkle está presente en los siguientes IXP:

Exchange	CC	City	AS6762
CABASE-BUE	AR	Buenos Aires	X
PTT Rio de Janeiro	BR	Rio de Janeiro	X
PTT São Paulo	BR	São Paulo	X

Tabla 7: Conexiones IXP de TI Sparkle

GlobeNet

GlobeNet opera principalmente en el Atlántico y su principal fuente de direcciones IP LATAM provienen de Venezuela. Cumple funciones de operador TIER 2 para los países que conecta. Su AS Rank CAIDA es 25.

Desde el punto de vista de arquitectura, conforma una troncal prácticamente lineal que parte en Argentina, pasa por Brasil, Venezuela y Colombia, para llegar a USA, donde está conectado a múltiples operadores TIER 1. Adicionalmente, GlobeNet posee anillamientos terrestres entre sus PoP en Brasil y en el tramo Colombia-Venezuela. A pesar de estar presente en Argentina, no se aprecian Operadores a los cuales se les preste el servicio.

Por otra parte, para LATAM se aprecia presencia en los siguientes IXP:

Exchange	CC	City	AS52320
Equinix Bogotá	CO	Bogotá	X
Equinix São Paulo	BR	São Paulo	X
NAP Colombia	CO	Bogotá	X
PTT Fortaleza	BR	Fortaleza	X

PTT Rio de Janeiro	BR	Rio de Janeiro	X
PTT São Paulo	BR	São Paulo	X

Tabla 8: Conexiones IXP de GlobeNet

C&W Networks

Cable & Wireless opera principalmente en Centroamérica, Caribe, México y la parte norte de LATAM. Cumple funciones de operador TIER 2 para los países que conecta. Su AS Rank CAIDA es 87.

De la topología de red, se refleja como destino de concentración Miami, pasando por la mayor parte de países en centro América y Caribe. Además, posee una ruta terrestre en Colombia con cruce hacia Ecuador. A pesar de tener un cable llegando a Brasil, no se informa como parte de su cobertura, ni se aprecian Operadores a los cuales se les preste el servicio.

Por otra parte, para LATAM C&W Networks está presente en los siguientes IXP:

Exchange	CC	City	AS23520
NAP Colombia	CO	Bogotá	X

Tabla 9: Conexiones IXP de C&W Networks

Internexa

Internexa opera principalmente en Latino América, con presencia en Centro América y USA. Cumple funciones de operador TIER 2 para los países que conecta. Su AS Rank CAIDA es 32.

De su topología de red, se refleja como punto de concentración Miami USA, y con conexiones hacia la costa Este y Centro América. Posee una red terrestre desde Colombia, pasando por Ecuador y llegando hasta Perú, desde donde alcanza Bolivia. Posee una red terrestre en Chile, y ruta directa Chile-Argentina, y Chile-Brasil. También presenta capilaridad al interior de Brasil. A pesar de no estar presente en Bolivia y Venezuela, de igual modo presta servicios a Operadores en estos países.

Por otra parte, para LATAM, Internexa está presente en los siguientes IXP:

Exchange	CC	City	AS262589
----------	----	------	----------

Equinix Bogotá	CO	Bogotá	X
Equinix São Paulo	BR	São Paulo	X

Tabla 10: Conexiones IXP de Internexa

United América Móvil

La red que une a las diversas filiales de Claro en LATAM, opera con el AS28513 de Uninet. Esta red cumple funciones de operador TIER 2 para las filiales Claro, en los países en que opera. Su AS Rank CAIDA es 812.

Esta red parece concebida para atender sólo a filiales Claro, dado que no publica mapas de red ni una oferta comercial asociada a IP Transit. No obstante, se aprecia que esta red no es la que utilizan las diversas filiales de Claro como ruta principal para acceder a proveedores TIER 1, por lo que se estima que esta red podría tener otros propósitos. Algunos de estos propósitos podrían ser: (1) proveer conectividad MPLS entre las filiales Claro para servicios empresariales privados internacionales, (2) realizar la distribución de contenido propietario tales como Claro Video y/o CDN privados, (3) proporcionar capacidades de transporte a filiales Claro, o (4) proporcionar conectividad para realizar roaming de servicios Móviles, entre otras.

No se observan interconexiones con IXP.

Silica Networks

Silica Networks opera principalmente en Argentina, Chile y cuenta con presencia en Brasil. Esta red cumple funciones de operador TIER 2 en los países en que opera. Su AS Rank CAIDA es 147.

Desde el punto de vista topológico, esta red presenta múltiples rutas terrestres Chile-Argentina, una ruta directa Chile-Brasil y otra proyectada que tiene capilaridad al interior de Argentina, llegando a la frontera de Paraguay en tres localidades. También presenta un anillo al interior de Brasil. Además, a nivel de Arquitectura IP, conforma una troncal lineal Chile-Argentina-Brasil-USA, donde entrega el tráfico IP a Operadores TIER 1. A pesar de estar presente en Brasil, no se aprecian Operadores a los cuales se les preste el servicio.

Por otra parte, para LATAM, Silica Networks está presente en los siguientes IXP:

Exchange	CC	City	AS7049
----------	----	------	--------

CABASE-BUE	AR	Buenos Aires	X
CABASE-ROS	AR	Rosario	X
Equinix São Paulo	BR	São Paulo	X
PIT Chile	CL	Santiago	X
PTT São Paulo	BR	São Paulo	X

Tabla 11: Conexiones IXP de Silica Networks

Ufinet

Ufinet opera en la mayoría de LATAM, México, USA, con una fuerte presencia en Centroamérica. Esta red cumple funciones de operador TIER 2 en los países en que opera. Su AS Rank CAIDA es 150.

Desde el punto de vista de arquitectura, el tráfico IP es entregado en USA, tanto en Miami como en Nueva York. Desde el punto de vista topológico, se aprecia la mayor parte de su red desplegada como capilaridad al interior de Colombia, Ecuador y Paraguay, así como alguna capilaridad menor en Brasil y Chile. Posee ruta directa Colombia-Ecuador, y una ruta proyectada Ecuador-Perú-Chile. La conectividad entre países es provista principalmente por capacidades internacionales. A pesar de estar presente en Brasil, Chile y Perú, presta servicios a pequeños Operadores, siendo las IP transportadas desde estos países marginal, respecto del total.

Por otra parte, para LATAM, Ufinet está presente en los siguientes IXP:

Exchange	CC	City	AS5246 8
PIT Chile	CL	Santiago	X
PIT Perú	PE	Lima	X
PTT Foz do Iguaçu	BR	Foz do Iguaçu	X

PTT São Paulo	BR	São Paulo	X
---------------	----	-----------	---

Tabla 12: Conexiones IXP de Ufinet

ANTEL

Antel presenta un caso atípico ya que parece estar en una fase incipiente de expansión de su cobertura internacional tras ser el ISP dominante en Uruguay, concentrando el transporte del 92% de las direcciones IP. Declara tener PoP en Argentina, Brasil, Chile, Uruguay y USA, utilizando los IXP a los cuales conecta en cada país.

La red está configurada como una red TIER 2 para otros operadores, y con un AS Rank CAIDA de 917. Además, solo se observa que presta servicios a un ISP menor en Chile, fuera de los que transporta en Uruguay.

Por otra parte, para LATAM Antel está presente en los siguientes IXP:

Exchange	CC	City	AS6057
CABASE-BUE	AR	Buenos Aires	X
Equinix São Paulo	BR	São Paulo	X
PIT Chile	CL	Santiago	X
PTT São Paulo	BR	São Paulo	X

Tabla 13: Conexiones IXP de Antel

- **Redes Académicas (NRENs)**

Son redes especializadas dedicadas a apoyar las necesidades de las comunidades de investigación y educación dentro de un país. Varios países alrededor del mundo poseen sus propias redes locales, que utilizan sus nombres específicos.

Desde el punto de vista de Arquitectura IP, las redes académicas no parecen estar preparadas para soportar el tráfico IP de Internet. Esto se debe a que su arquitectura, en términos generales, consiste

en que cada universidad posee un equipo de borde tipo *router* y se conecta a una NREN (National Research and Education Network). El siguiente diagrama ejemplifica el caso de Red CLARA y NRENs asociadas.

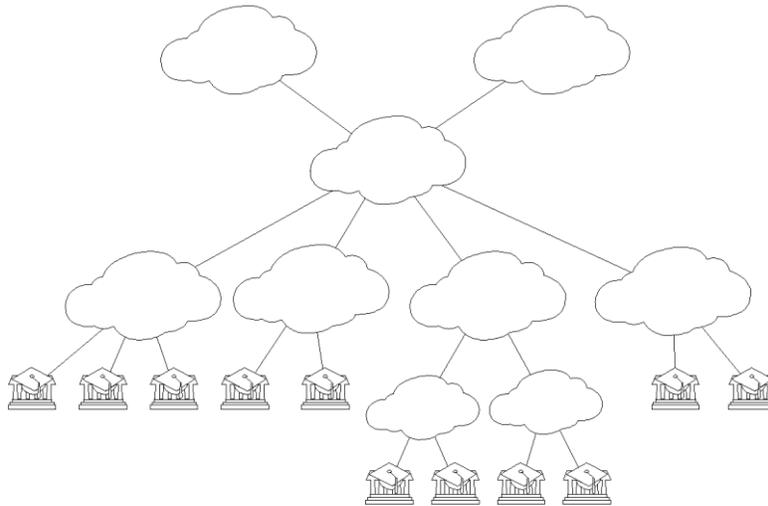


Figura 4: Estructura general de redes académicas

Si bien, no todas las NREN publican su arquitectura de red, en general se observa que estas redes están dimensionadas para conectar las universidades y centros de investigación presentes en cada país. La NREN está típicamente conformada por una red MPLS y/o una red Capa 2. Para que estas redes puedan soportar las tablas de enrutamiento IPv4 e IPv6 presentes en Internet, probablemente se deba cambiar sustancialmente la configuración e incluso los *routers* y *switches* que las componen.

A lo anterior, se suma el que los operadores de estas NREN deberían disponer de las plataformas técnicas y humanas las 24 horas, todos los días del año para solucionar eventuales contingencias, así como establecer relaciones de cliente / proveedor con otros ISP. Si bien algunas NREN ya poseen estas características, no es lo habitual.

Es de notar que por lo general, las instituciones académicas de la región acceden a Internet mediante ISP comerciales, mientras que utilizan las NREN para acceder a contenidos disponibles por otras universidades orientados principalmente al ámbito académico (bibliotecas digitales, proyectos de investigación, red de observatorios astronómicos, entre otras). También poseen CDN privados cuyos contenidos no necesariamente están disponibles en Internet.

La Red CLARA, por su parte, se conecta a comunidades y redes universitarias internacionales. Entre ellas se encuentran: Internet2 de USA, Géant en Europa, CNP de Brasil, REUNA de Chile, RENATA de Colombia y CEDIA de Ecuador.

Por otra parte, en la región existen otras NREN con diverso grado de madurez y consolidación en sus respectivos países, tales como:

- ARIU e InnovaRed en Argentina. No está claro cuál de estas entidades finalmente lidera la iniciativa en Argentina. InnovaRed presenta una red desde Buenos Aires hacia el interior llegando a Chile, mientras ARIU parece más bien contar con un nodo donde las Universidades deben llegar mediante ISP comerciales.
- ADSIB en Bolivia. Parece haber sido una iniciativa gubernamental, aparentemente sin actividad en la actualidad.
- RAAP en Perú. Parece haber sido la NREN en Perú, sin embargo, actualmente no se observa actividad.
- ARANDU en Paraguay. No se observa actividad actualmente.
- RAU en Uruguay. Si bien presenta sitio web, este parece estar abandonado desde 2002, parece contar con un nodo, donde las Universidades deben llegar mediante ISP comerciales.
- REACCIUN de Venezuela. Parece ser iniciativa gubernamental, su sitio web se muestra en mantención, sin mayor evidencia de actividad en la actualidad.

Desde el punto de vista topológico, es decir, capacidades de transporte y rutas de fibra óptica, el aporte al ecosistema IP podría ser más interesante dado que estas redes NREN presentan capilaridad al interior de los distintos países, grandes capacidades de transporte y rutas de fibra entre países y continentes.

3.1. Arquitectura de IXP

▪ Definiciones

Un IXP es una ubicación física donde las redes se interconectan e intercambian tráfico entre sí. Puede recibir otros nombres tales como PIT (Punto de Intercambio de Tráfico); PTT (Ponto de Troca de Tráfego, en portugués) y NAP (Network Access Point, en inglés). La práctica de intercambiar tráfico entre las redes conectadas a un IXP se denomina “*peering*”, el cual es un acuerdo entre dos o más redes, usualmente sin alguna transferencia monetaria de por medio. Los ISPs, y otros operadores de redes, pueden reconocer el valor de estar directa y localmente conectados, lo que reduce costos y latencias al poder acceder a rutas de tráfico más cortas sin la necesidad de pasar por redes fuera del país.

Generalmente se encuentran ubicados en un lugar neutral, tales como: Universidades, *Datacenters*, Organizaciones sin fines de lucro. Este punto es relevante, ya que se requiere de la confianza de sus miembros para que puedan realizar acuerdos de *peering* y si, por ejemplo, uno de sus miembros es quien hospeda el IXP, otros podrían pensar en que este se estaría beneficiando más.

Su organización y creación puede obedecer a: Empresas Privadas, Asociaciones sin fines de lucro, Acuerdo entre Operadores o Iniciativas Gubernamentales.

Las normas de funcionamiento pueden variar dependiendo del origen y alcance que se haya definido para cada IXP, así como el grado de madurez alcanzado por el desarrollo de internet en los diversos países. En líneas generales, se observan las siguientes variantes de reglas:

Tráfico	Sólo tráfico con origen y destino en un mismo país	Indistintamente cualquier tipo de tráfico: nacional o internacional
Miembros	<p>Cada IXP puede definir si acepta o no a los siguientes grupos de entidades del Ecosistema IP:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Conexiones con otros IXP - Conexiones con ISP nacionales - Conexiones con ISP internacionales - CDN - Clientes finales tales como Grandes Empresas, Universidades, instituciones Gubernamentales, etc. 	
Políticas de peering	<p>Multilateral:</p> <p>Cada miembro publica todas sus redes nacionales a los demás integrantes del IXP.</p> <p>Este tipo de política puede ser mandatoria en algunos IXP con foco en conectividad nacional.</p>	<p>Bilateral:</p> <p>Cada miembro establece acuerdos con otros miembros para el intercambio de tráfico, donde se puede acordar libremente intercambiar redes específicas o incluso todas las redes que cada uno tenga, así como si el tráfico será cursado libre de costo o con algún acuerdo comercial.</p>

Características Técnicas	<p>Los IXPs, pueden ofrecer a sus miembros diversas variantes tecnológicas tales como:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Puertos de conexión en 100M, 1G, 10G, 40G, 100G, o subconjunto de éstas. - Conectividad en Capa 2 y/o Capa 3 - Capa 3: Soporte de sólo IPv4 o adicionalmente IPv6 - Capa 3: RPKI (Validación de redes publicadas por los miembros) - CSIRTs: Coordinación de respuesta a incidentes de seguridad - MANRS - Mutually Agreed Norms for Routing Security
Prestaciones en línea	<p>Los IXP pueden o no implementar en su sitio web:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Estadísticas de Tráfico: públicas, solo para miembros, o no publicar nada. - Herramientas de troubleshooting tales como Looking Glass - Listado de Miembros - Declaración de Normativas y Requisitos

Tabla 14: Variantes en reglamentos y características de IXPs

Adicionalmente se aprecian variantes de arquitectura, dependiendo de la cobertura que abarquen los IXP:

4. **IXP Locales.** El IXP está ubicado en una única ciudad, y no cuenta con mayor conectividad fuera de ésta. Ejemplos: NAP Chile, PIT Bolivia, NAP Perú, PTT Sao Paulo, etc.
 5. **IXP Nacionales.** El IXP es un conglomerado de IXP y presenta conectividad entre diversas ciudades de un mismo País: Ejemplos: CABASE, PIT Chile, AEPROVI.
 6. **IXP Globales.** El IXP interconecta a diversos IXP en diversos países del mundo. También se les conoce como GIX Global Internet Exchange. Ejemplos: Equinix, NETIX, IXMetro, JumboIX
- Beneficios de un IXP

A continuación se detallan los beneficios que ofrece la presencia y buen funcionamiento de un IXP tanto para sus miembros, como los consumidores finales de internet (personas, empresas, instituciones)⁵.

Reducción de los costos operacionales de una red: Hacer uso de transacciones libres de pago por intercambio de tráfico entre redes en un IXP reduce el costo por bit entregado promedio, logrando que sea más barato para la red ser parte de internet y proveer servicio a sus clientes.

Conservación del tráfico local y reducción de latencia: Como el IXP facilita la directa interconexión de redes, permite que el tráfico sea distribuido de forma local y con la menor latencia posible.

Mejor control y más autonomía en los recursos propios de red: Las redes conectadas al IXP obtienen más autonomía al poder administrar el tráfico y ruteo sin la necesidad de depender de una red de tercero. Por ejemplo, si un ISP está solamente conectado a un proveedor de tránsito, éste depende totalmente del servicio de su proveedor, lo que deviene en una red menos resiliente y con menos opciones competitivas para servicios auxiliares y básicos.

Más estabilidad y robustez para el internet local: Aumentar el número de rutas entre redes aumenta la estabilidad y solidez de Internet en el caso de cortes de red, ataques de denegación de servicio (DoS) y otras circunstancias relacionadas.

Habilita la competencia al apoyar a nuevos entrantes en el mercado: Los IXP pueden alentar la competencia al facilitar la entrada de nuevos proveedores de servicios de manera rentable. Los nuevos participantes no tienen que construir sus redes para cada una de las demás redes con las que están intercambiando tráfico en un IXP. Además, un IXP generalmente proporciona un punto de intercambio de tráfico neutral, mientras que la interconexión bilateral con operadores establecidos y/o redes más grandes puede ser costosa e incluir otras barreras de entrada.

- IXP en Sudamérica

Los Puntos de Intercambio de Tráfico (IXP por sus siglas en inglés) son en la región, al igual que en todo el mundo, una pieza importante en la infraestructura de Internet. En América Latina y el Caribe hay 101 IXPs de los cuales el 60% se encuentran en Argentina y Brasil. Un total de 3.500

⁵ Internet Governance Forum. (2015, noviembre). Enabling Environments to Establish Successful IXPs. <https://www.intgovforum.org/cms/documents/best-practice-forums/creating-an-enabling-environment-for-the-development-of-local-content/582-igf-2015-bpf-ixps/file#:~:text=Enabling%20environments%20to%20establish%20successful%20IXPs%20means%20recognizing%20and%20acknowledging,each%20within%20their%20own%20scope.>

organizaciones y empresas participan de esos IXPs. En febrero del 2020, el tráfico agregado de todos los IXPs de la región era en promedio el equivalente a 9 Tbps.

Los IXPs siguen siendo muy relevantes, tanto por el porcentaje del tráfico nacional que pasa por ellos (cerca de 20% en algunos casos) como por el valor que les agregan a sus miembros. En algunos casos los participantes llegan a obtener desde el IXP hasta el 80% de los contenidos que necesitan, además de otros servicios de valor agregado como resiliencia, seguridad y cooperación técnica⁶.

El ecosistema IP es bastante dinámico, cambian los hábitos de consumo de los usuarios finales, debido a tendencias, o eventos puntuales, tales como: la transmisión de algún concierto vía *streaming*, el estreno de una nueva serie en alguna de las OTTs, transmisión de eventos deportivos, entre otros. Esto motiva a que permanentemente se ejecuten nuevas conexiones, desconexiones, aumentos de capacidad, así como ajustes a las políticas de enrutamiento para los distintos enlaces entre los miembros del ecosistema IP, donde cada operador busca optimizar sus costos de operación y calidad para el servicio Internet, aspectos que muchas veces se contraponen.

En la región de Sudamérica, el aumento del tráfico IP es una tendencia que va al alza, debido a la evolución tecnológica expresada en despliegues cada vez más masivos de FTTH, nuevos servicios OTT, aparición de TV de ultra alta definición en 4K, 8K y 3D, redes móviles de mayor capacidad como el 5G y 6G en roadmap e IoT, entre otras.

Adicionalmente durante el año 2020 y lo que va del 2021, producto de la pandemia COVID 19, la tendencia al alza del tráfico IP se ha visto acelerada por muchas razones, entre ellas las medidas de cuarentena que han incentivado el teletrabajo, la tele-educación, el consumo de entretenimiento en el hogar y las compras en línea, entre otras. Sin embargo, esta tendencia se ha volcado sobre los ISP que prestan servicios residenciales, en desmedro de aquellos que prestan servicios empresariales.

Algunas estimaciones de consumo de datos de la región indican que este se mantendrá alto incluso cuando la crisis del COVID 19 se haya superado.

⁶ Fuente: 2020 CEPAL Infraestructura Internet LATAM.pdf

Pronóstico de tráfico de datos en redes de telecomunicaciones en A. Latina. 2019-2024 (petabytes)



Gráfico 1: Pronóstico de tráfico de datos. Fuente: IDC

Según un estudio de IDC, el consumo de datos ha tenido un alza gracias a las medidas de distanciamiento social. Esto también se ha traducido en un cambio en el perfil de consumo de datos, que pasó de redes corporativas y móviles a redes domésticas, y a nivel geográfico, pasó del centro de las ciudades a la periferia. Aumentando el consumo del streaming, vídeo, plataformas de colaboración entre otras.

Dado este contexto, y con el objetivo de aproximarse a dimensionar la magnitud del tráfico y cantidad de conexiones que cada IXP mantiene en la región, se presentan las observaciones del comportamiento para el periodo de diciembre del 2020 a enero del 2021. En este sentido, se muestran la cantidad de miembros y tráfico peak diario de IXPs de la región.

Empresa	web	fundación	Cantidad de IXP	Miembros	CDN	Gbps	Conectividad																	
							AR	BO	BR	CL	CO	EC	PE	PY	UY	VE								
CABASE	www.cabase.org.ar	1998	30	620	20	2.510	513	-	11	1	2	-	-	-	1	-	26	10	-	2	-	-		
Total Argentina		1998	30	620	20	2.510	513	-	11	1	2	-	-	-	1	-	26	10	-	2	-	-		
PIT Bolivia	www.pit.bo	2013	1	11	-	9	-	11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Megalink	bp.Megalink.com	2013	1	15	1	0	-	12	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	
Total Bolivia		2013	2	26	1	9	-	23	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	
PIT Brasil	ix.br	2002	33	4751	102	14.618	2	-	4.251	3	6	-	-	11	2	-	37	24	9	2	5	-	-	
FURB DP	ix.furb.br	2018	1	13	-	1	-	-	13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ANSP	www.ansp.br	NA	1	53	1	-	-	-	51	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-
UEPG IX	ix.uepg.br	2019	1	12	-	0	-	-	11	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-
DCORAIMA	www.dcm.com.br	NA	1	3	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Microtel	www.microtel.net.br	NA	1	12	-	-	-	-	12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total Brasil		2002	39	4944	103	14.619	2	-	4.361	3	6	-	-	11	2	-	39	24	9	2	5	-	-	
PIT Chile	www.pit Chile.cl	2016	6	232	18	3.628	4	-	5.145	1	-	4	1	1	-	19	2	-	1	-	-	-	-	-
PIT Movistar	pit.188.cl	NA	1	67	3	215	2	-	2.57	-	-	-	-	-	-	2	1	-	-	-	-	-	-	-
PIT Entel	www.pitentel.cl	NA	1	29	-	146	2	-	3.19	-	-	-	-	-	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-
PIT CenturyLink	pit.centurylink.cl	NA	1	17	1	96	-	-	13	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-
PIT Claro	pit.telmaxchile.cl	NA	1	38	-	13	1	-	1.33	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-
SCL-IX	www.sclix.cl	2016	1	11	2	3	-	-	3	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-
PIT Orange	pit.orange-ftgroup.cl	NA	1	70	1	1	-	-	33.13	1	-	-	-	1	-	9	7	1	1	1	1	-	-	-
NAP Chile	pit.nap.cl	1997	1	21	-	1	-	-	1.13	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-
PIT Tecnoera	pit.tecnoera.net	NA	1	6	-	1	-	-	5	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-
PIT Intercity	pit.intercity.cl	NA	1	5	-	0	1	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total Chile		1997	15	496	25	4.103	10	-	45.302	2	-	4	1	2	-	45	10	1	2	1	1	-	-	-
NAP Colombia	nap.co	2000	1	24	1	80	-	-	2	-	19	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-
Total Colombia		2000	1	24	1	80	-	-	2	-	19	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-
AEPROVI	www.nap.ec	2003	2	33	4	102	-	-	1	-	1.23	-	-	-	-	2	-	-	2	-	-	-	-	-
DP Ecuador	www.dpx.ec	2017	1	14	-	1	-	-	-	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
APROVA	aprova.ec	2017	1	20	-	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total Ecuador		2003	4	67	4	103	-	-	1	-	1.28	-	-	-	-	2	-	-	2	-	-	-	-	-
DCpy	ix.py	2016	1	35	-	7	1	-	-	-	-	-	-	32	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-
DC-CDÉ	www.ix-cde.com.py	2018	1	28	3	45	-	-	-	-	-	-	-	23	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-
Total Paraguay		2016	2	63	3	52	1	-	-	-	-	-	-	55	-	2	-	-	1	-	-	-	-	-
PIT Peru	www.pitperu.net	2018	1	30	6	200	-	-	1	-	1	-	17	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-
NAP Perú / NAPerú	www.nap.pe	2001	1	17	-	260	-	-	-	-	1	-	15	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-
Total Perú		2001	2	47	6	460	-	-	1	-	2	-	32	-	-	1	-	-	1	-	-	-	-	-
Total Uruguay		NA	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total Venezuela		NA	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DMetro	www.powertelhost.cl	NA	1	12	-	-	-	-	2	1	-	-	-	-	-	4	4	1	-	-	-	-	-	-
JumboIX	www.jsto.net	NA	4	4	-	-	-	-	1	-	-	-	2	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-
NetIX	www.netix.net	NA	5	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Equinix	www.equinix.com	1998	3	162	23	140	1	-	113	1	5	1	-	1	1	-	9	1	4	-	1	-	-	-
Total IXP Globales		1998	13	178	23	140	1	1	115	2	5	1	2	1	1	-	13	6	5	-	1	-	-	-

Tabla 15: Resumen de IXP en LATAM, cantidad de miembros y tráfico peak diario.



Figura 5: IXP con mayor tráfico en LATAM

La figura anterior muestra en forma gráfica la ubicación de los IXP más relevantes para cada país y la región, así como el volumen peak de tráfico diario agregado que entregan a sus miembros.

A continuación, y a modo de figura, se incluyen un par de casos de IXPs en Brasil y Chile, para luego hablar de los IXP globales.

● IXPs en Brasil

El tráfico IP de Brasil con 14.7 Tbps de peak diario es aproximadamente el doble que la suma de todo el resto de los países LATAM.

Existen 2 iniciativas bien consolidadas en Brasil: IX.br y IXP Equinix, las cuales se detallan a continuación:

IX.br (antiguo PTT) es el nombre dado al proyecto del “Comite Gestor da Internet no Brasil” (CGI.br) y tiene presencia en 33 ciudades. Es el segundo conglomerado de IXPs más grande a nivel mundial en términos de tráfico y cantidad de miembros, superado sólo por Equinix.

PTT Sao Paulo, es el IXP más grande a nivel mundial, superando en tráfico y cantidad de miembros a los IXP de Amsterdam y Frankfurt, quienes a principios del 2020 eran considerados los IXP más grandes a nivel mundial. Por su parte PTT Río de Janeiro se encuentra en el octavo lugar.

PTT Brasil opera bajo la lógica de *peering* bilaterales entre los miembros, lo que estimula la interconexión de todo el Ecosistema IP (ISP Nacionales, Internacionales, IXPs, CDNs, etc), y su interconexión es limitada o nula entre sus puntos de presencia para evitar controversias con Operadores Nacionales de Servicios de Transporte.

IXP Equinix Brasil está presente en los datacenters de Equinix en la ciudad de São Paulo, en 4 datacenters, y recientemente en Río de Janeiro, en 2 datacenters. El tráfico agregado y el número de participantes es menor que el proyecto do IX.br (aproximadamente 150 participantes y 500Gbps de tráfico agregado en Brasil). Sin embargo, a nivel de conglomerado de IXP se ubica en el primer puesto a nivel mundial, tanto en cuanto a cantidad de miembros, como a tráfico servido, considerando los IXP que posee en Estados Unidos, Europa, y el resto del mundo.

● IXPs en Chile

Chile se alza como el segundo país de la región, con mayor volumen de tráfico IP con 4,3 Tbps de peak diario después de Brasil. Los 4,3 Tbps corresponden a la suma de los peak de todos los PIT presentes en Chile, sin embargo, el mayor aporte es realizado por PIT Santiago que alcanza por sí solo 3,6 Tbps de peak diario.

NAP Chile es el primer IXP creado en LATAM, con fecha 1997. En 1999 SUBTEL (Subsecretaría de Telecomunicaciones), emitió una regulación en la que obliga a los proveedores de Internet a interconectarse a NAP Chile. Esta medida es acatada, sin embargo, los principales operadores nacionales, adicionalmente crean sus propios PIT.

A excepción de PIT Chile, los múltiples IXP existentes siguen la lógica de aceptar sólo tráfico Nacional, lo que les resta visibilidad desde la región.

Si bien la mayoría de los IXP se encuentran interconectados, existen asimetrías en las interconexiones de los IXP, mientras algunos establecen relación de PIT-PIT para una misma conexión el otro extremo trata esta conexión como PIT-ISP, lo que trae implicancias a nivel comercial y eventualmente asimetrías de tráfico.

PIT Chile permite el establecimiento de *peering* tanto multilaterales como bilaterales a elección de cada miembro, no restringe la cantidad ni tipo de redes a interconectar, lo que incentiva conexiones de todo el Ecosistema IP (Operadores Nacionales, Internacionales, IXPs, CDNs, etc).

A continuación, se presentan los diagramas publicados por los IXP presentes en Chile, y que dan cuenta de su arquitectura, cobertura y miembros.

PIT Chile: presenta diagrama con la ubicación de los PIT existentes y proyectados en las diversas ciudades de Chile, así como un diagrama detallado para cada PIT operativo, los cuales son nombrados de acuerdo a la ciudad donde se ubican: PIT Santiago, PIT Curicó, PIT Concepción, etc. Los diversos PIT se encuentran interconectados por capacidades provistas por PIT Chile, con punto de concentración en Santiago, presionando a que los costos de interconexión en regiones sean mayores que en Santiago. La política de peering corresponde a “peering bilaterales”, y se permite cualquier tipo de tráfico nacional e internacional, por lo que se aprecian Operadores Nacionales e Internacionales, múltiples CDNs públicos, conexión con otros IXP y empresas, es decir, cualquier actor del ecosistema IP es permitido.



Figura 6: Diagrama PIT Chile

PIT Santiago es sin duda el mayor de los IXP existentes en Chile, en cuanto a tráfico alcanzando los 3,6 Tbps de peak diarios y también en cantidad de miembros. Está conformado por dos nodos

ubicados en los *datacenters* de Lumen en Huechuraba e IFX en Las Condes, los cuales se encuentran interconectados entre sí.

- **Global Internet Exchange GIX**

Existen empresas que ofrecen servicios de conexión a los más importantes IXPs internacionales y en los distintos continentes, tales como Equinix, Jumbo IX, NETIX, GlobeNet, Angola Cables e IXMetro PowerHost, entre otras. Operan en una modalidad intermedia entre IX y proveedor de tránsito internacional.

Equinix

Equinix es la empresa más consolidada en la categoría GIX, concentrando la mayor cantidad de tráfico como conglomerado de IXPs, incluso por sobre PTT Brasil. El despliegue de IXP se apalanca sobre una la infraestructura de *datacenters* globales que ha desplegado, siendo este su principal negocio.

Jumbo IX

Jumbo IX, es un operador global de origen inglés (UK), entre sus servicios destaca IXP internacional, en Sudamérica declara tener presencia en Bolivia y Brasil, sin embargo, donde se observa mayor presencia es en Perú, donde cuentan con *datacenter* propio y cinco nodos de presencia. Su red se extiende por todo el mundo, utilizando infraestructura propia, de Equinix u otros para desplegar sus PoP.

A pesar de su gran potencial de conectividad incluso global, se aprecia un bajo nivel de conectividad en general.

IXP Global: NETIX

NETIX⁷ es un operador global que entre sus servicios ofrece Global Internet Exchange (GIXs) a más de 150 PoPs, en 6 continentes, 35 países, 65 ciudades

En Sudamérica está presente en Brasil (Rio de Janeiro, São Paulo y Fortaleza), Argentina (Buenos Aires) y Perú (Lima).

IXMetro

IXMetro es una iniciativa que viene desde la mirada de *Datacenters*. Pareciera estar en una etapa incipiente dado que no aparece registrado en bases de datos internacionales, sin embargo, en su

⁷ Véase <https://www.netix.net/peering-services/netix-global-internet-exchange-gix>

página se autodenominan IXP, y la conectividad que se aprecia da cuenta de ello, interconectando múltiples IXP en Brasil, Chile, Europa y Estados Unidos.

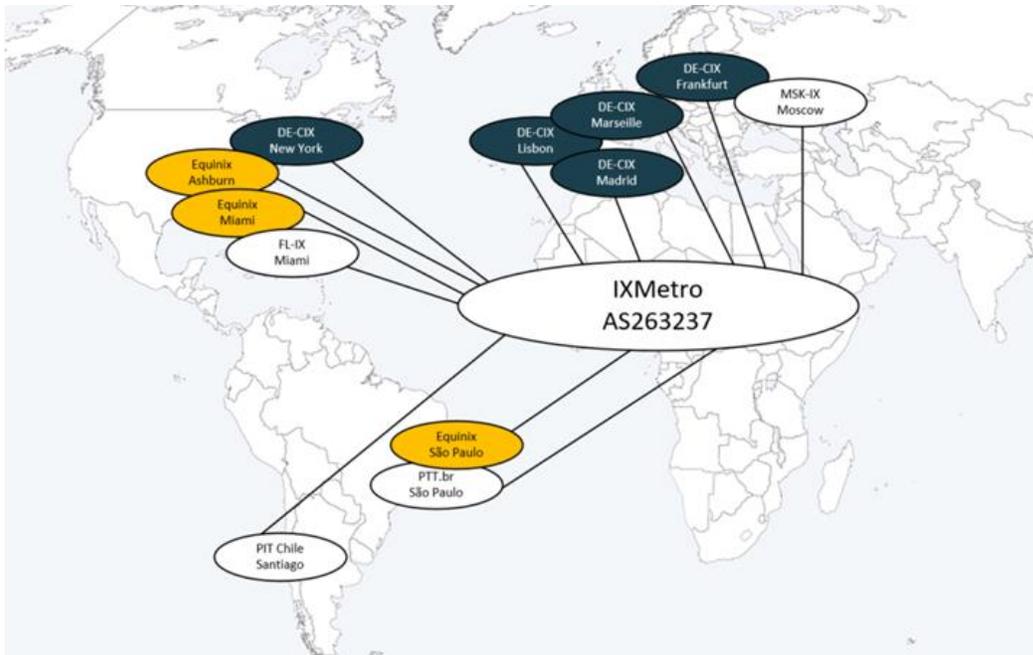


Figura 7: Puntos de Presencia IXMetro

3.2. OTT y CDN

En torno a la arquitectura y desarrollos de los OTTs y CDNs en la región, es importante primero comenzar revisando algunas definiciones, para luego analizar la presencia de estos en la región.

1. Over The Top (OTT)

OTT es la sigla de “Over The Top” y consiste en la transmisión de contenidos a través de internet sin el uso de redes intermediarias o de operadores tradicionales en el control del contenido. Comprende una serie de servicios de telecomunicaciones. Los servicios de libre transmisión o servicios OTT han permitido que, solo con acceso a internet y un dispositivo compatible, los usuarios puedan acceder a distintos medios audiovisuales, de comunicaciones y otros servicios.

A pesar de que la sigla OTT normalmente sea relacionada con la transmisión de videos en línea, estos servicios abarcan varios tipos de contenidos, entre ellos:

- Envío de mensajes
- Streaming de música
- Transmisión de televisión y radio
- Llamadas de audio y video

- Almacenamiento en la nube
- Juegos en línea

Los servicios OTT permiten que las comunicaciones de audio y video ya no dependen de exigencias de los operadores y de usuarios pasivos, facilitando la producción y distribución de contenido. Las plataformas OTT también están presente en el ámbito corporativo, donde muchas empresas han creado servicios para comunicación interna y externa.

Entre estos servicios, la transmisión de video es el más relevante para la operación de las redes ya que exige mayor infraestructura de ancho de banda y espacio de almacenamiento. La explosión de videos OTT no habría sido posible sin la ayuda de la tecnología streaming que ha permitido ver videos sin la necesidad de realizar una descarga y gestión individual de archivos.

El consumo de contenido de audio y video ha aumentado significativamente en los últimos años, una de las formas de ver este aumento es medir la cantidad de usuarios suscritos al servicio, por ejemplo, el gráfico siguiente muestra la evolución interanual reportada por Netflix en millones de suscriptores, en el que se aprecia un aumento de un 46% en dos años.

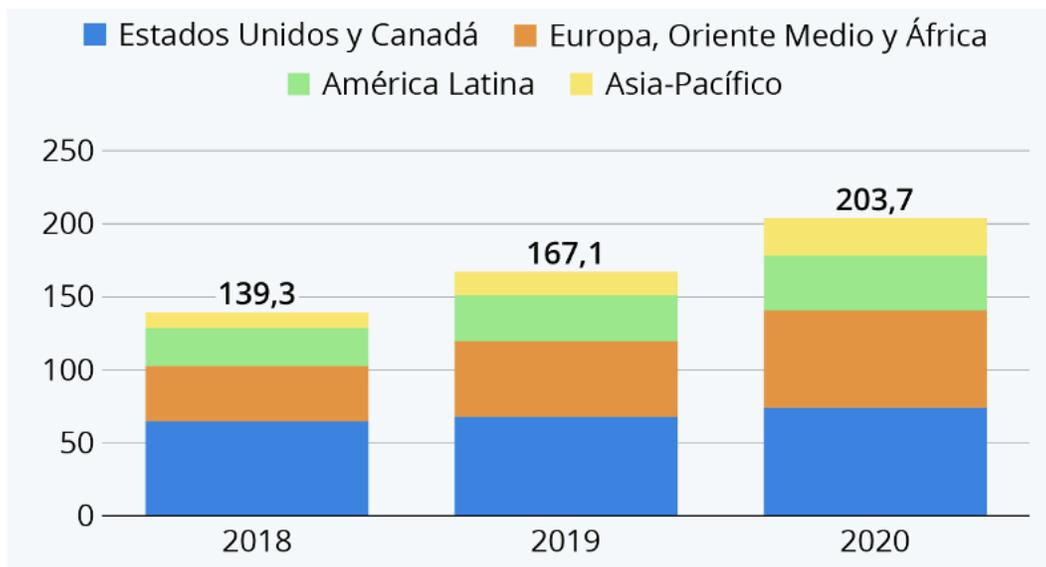


Gráfico 2: Millones de usuarios reportados por Netflix, por año y región⁸.

Esta transformación ha tenido gran impacto en las emisoras de TV y productores tradicionales de contenido, los que han tenido que adaptarse, creando sus propias plataformas OTT que distribuyen su contenido.

⁸ Artículo Crecimiento de usuarios Netflix: <https://es.statista.com/grafico/23981/numero-de-suscriptores-de-netflix-por-region/>

Otro punto a destacar son las transmisiones de video en vivo de conciertos musicales y eventos deportivos. Estos se están masificando cada vez más, sobre todo durante el contexto de pandemia.

Una plataforma técnica para brindar servicios de video OTT está compuesta de un grupo de componentes o subsistemas que realizan una determinada funcionalidad, entre los componentes básicos se encuentran: Sistemas de recepción y adaptación de contenidos, networking de la plataforma OTT, sistema de gestión del contenido, sistema de gestión de la plataforma OTT y las redes de distribución de contenido (CDN).

Típicamente se distinguen 3 modelos de monetización para los servicios OTT:

- SVOD – Suscription Video on Demand
- TVOD – Transactional Video on Demand
- AVOD – Advertaising Video on Demand

2. Content Delivery Network (CDN)

CDN es la sigla de Content Delivery Network, son redes geográficamente distribuidas de servidores, los que se encargan del almacenamiento y distribución de contenidos, permitiendo mejorar la calidad de experiencia del usuario final. La CDN funciona bajo el principio de acercar el contenido lo más cerca posible del suscriptor, de esta manera se mejora la experiencia del usuario, a la vez que se optimiza el uso de la red del operador.

El contenido puede ser cualquier tipo de información que se desee compartir sobre Internet, desde simples páginas web, hasta las plataformas OTT. Adicionalmente las CDN, dependiendo del nicho de especialización, pueden disponer de diversas herramientas para la optimización de sus servicios, tales como:

- Video streaming con calidad adaptativa, acorde al ancho de banda disponible en la conexión del usuario final.
- Transcodificación de streaming para compatibilidad con múltiples dispositivos.
- Balanceo de Carga entre servidores para absorber aumentos de tráfico repentinos.
- Sistemas de protección WAF y DDoS, para protección de la información y las redes.
- Integración con nubes privadas, para entornos empresariales.
- Sistemas de reporte y gestión de contenidos

Los servidores que componen las redes de CDN nacen de los servidores caché. El nacimiento de las redes de CDN se sustenta en empresas pioneras como AKAMAI, que se dan cuenta que muchas de las páginas web consultadas por los usuarios de un mismo operador se repetían, y de esta forma decidieron desarrollar un servidor que almacena una copia local de esta misma página, de modo de no ir a buscarla cada vez sobre enlaces internacionales. Con el tiempo, esta tecnología ha evolucionado y se ha especializado. Luego, no sólo las páginas web son almacenadas localmente, sino

también parte del streaming o el contenido audio visual. La siguiente fase consistió en comenzar a desarrollar una red de servidores, donde los contenidos se van distribuyendo de acuerdo al consumo de los usuarios finales.

Estas redes evolucionaron aún más, creando jerarquías de servidores, donde se distinguen servidores origen y servidores de borde (o edge). Los servidores de origen contienen toda la información fuente, mientras que los servidores de borde sólo almacenan la información más requerida en la zona que sirve:



Figura 8: Arquitectura General de CDNs

Relación entre OTTs y CDNs

Existen diversas modalidades de coexistencia entre OTTs y CDNs, por ejemplo:

- Hay OTT que se encuentran alojadas simplemente en un servidor, principalmente orientadas a un área geográfica limitada, por lo que no requieren utilizar CDN. Por ejemplo, cadenas de TV nacionales como VTR Play en Chile o Gamers Club en Brasil.
- Empresas de CDN que prestan servicios a múltiples plataformas OTT. Tales como Akamai, Mediastream, Cloudflare, etc.
- Empresas OTT que utilizan múltiples plataformas CDN para distribuir sus contenidos. Tales como Paramount+, HBO Go, etc.
- Empresas OTT que utilizan sólo una red CDN, tales como Apple TV+, DirectTV GO, Dropbox.
- Empresas OTT que han desarrollado sus propias CDN, tales como Google, Facebook y Microsoft Azure y que incluso han ido más allá, construyendo sus propios datacenter e infraestructura de red.

- Operadores ISP que han desarrollado sus propios CDN, apalancados en su infraestructura de red, tales como Lumen, Verizon EdgeCast, ChinaCache, Tata Communications CDN, entre otros.

A modo de ejemplo se listan algunas OTT populares y los CDN que⁹ utilizan en la actualidad:

OTT	Web	CDN
Netflix	www.netflix.com	Netflix
Amazon Prime Video	www.primevideo.com	AWS CloudFront / Fastly
HBO Go	www.hbogola.com	Cloudflare / Akamai
Disney Plus	www.disneyplus.com	Amazon CloudFront / Akamai
Spotify	www.spotify.com	Fastly / Google
DirecTV Go	www.directvgo.com	Amazon CloudFront
Claro Video	www.clarovideo.com	Akamai, Google
Apple TV+	tv.apple.com	Akamai
Rakuten TV	rakuten.tv	Amazon CloudFront
Hulu	www.hulu.com	Fastly / Akamai
beIN Connect	connect.beinsports.com	Amazon CloudFront
YouTube	www.youtube.com	Google

⁹ CDN Finder Tool de CDNPlanet: <https://www.cdnplanet.com/tools/cdnfinder/>

Fanatiz	www.fanatiz.com	Amazon CloudFront
VTR Play	www.vtrplay.cl	Propio
Cablevisión Flow	cablevisionflow.com.ar	Propio
TCC Vivo	www.tccvivo.com.uy	Propio / Google
RTVCPlay	www.rtvcpay.co	Amazon CloudFront / Google / Akamai
VIX TV	www.vix.com	Cloudflare / Stackpath / Google / Fastly
Deezer	www.deezer.com	Akamai / Verizon/EdgeCast
Apple Music	music.apple.com	Akamai
Google Play Music	App Móvil	Google
Tidal	tidal.com	Amazon CloudFront
Skype	www.skype.com	Akamai / Azure Front Door
Viber	www.viber.com	Akamai / Cloudflare / Google
Google Hangouts	hangouts.google.com	Google
Snapchat	www.snapchat.com	Google
Telegram	web.telegram.org	Propio
WhatsApp	web.whatsapp.com	Facebook

Google	drive.google.com	Google
Dropbox	www.dropbox.com	Cloudflare
Amazon AWS	aws.amazon.com	Amazon CloudFront
OneDrive	onedrive.live.com	Azure Front Door
Box	www.box.com	Cloudflare / Akamai / Fastly
Pókemon GO	pokemongolive.com	Google
Call of Duty	www.callofduty.com	Akamai
Mario Kart Tour	mariokarttour.com	Akamai / Facebook / Fastly
Supercell	supercell.com	Amazon CloudFront / Google
7+	7plus.com.au	AWS CloudFront / Akamai
King Digital Entertainment	www.king.com	Amazon CloudFront / Akamai
PBS	www.pbs.org	Amazon CloudFront / Google / Akamai
Peacock Premium	www.peacocktv.com	Akamai
Movistar Play	www.movistarplay.cl	Propio
Tigo Play	www.tigoplay.cr	Cloudflare / Google / Highwinds/Stackpath
Paramount+	www.paramountplus.com	Google / Cloudflare / Fastly

Europa+	www.europamas.com	Propio, Google
UOL Play	play.uol.com.br	Cloudflare / Amazon CloudFront
Roku	www.roku.com	Amazon CloudFront
Cinépolis KLIC	www.cinopolisklic.cl	Amazon CloudFront, Google, Highwinds/Stackpath, Akamai
PlutoTV	pluto.tv	Amazon CloudFront / Google / Cloudflare / Fastly
Cine.ar Play	play.cine.ar	Propio
Facebook	www.facebook.com	Facebook
Tik Tok	www.tiktok.com	Akamai
Roblox	www.roblox.com	Cachefly / Google / Cloudflare
Minecraft	www.minecraft.net	Akamai / Azure CDN (Microsoft) / Verizon/EdgeCast
Cisco CWS	scansafe.com	Propio
Cisco Umbrella (OpenDNS)	www.opendns.com	Amazon CloudFront / Akamai / Cloudflare
Automattic	automattic.com	Automattic
Riot Games	www.riotgames.com	Akamai / Amazon CloudFront / Google / Fastly
Twitter	twitter.com	Verizon / EdgeCast / Propio

Linkedin	www.linkedin.com	Azure CDN (Microsoft)
----------	--	-----------------------

Tabla 16: OTTs y los CDNs que utilizan

Las OTTs y CDNs son un ecosistema dinámico, donde si bien existen actores bien consolidados, como el caso de Netflix o YouTube, hay cientos de otros actores con distintos grados de consolidación, incluso aplicaciones gratuitas que permiten crear OTT y CDN a cualquier persona o empresa, por lo que permanentemente se encuentran nuevos actores.

Los contenidos más requeridos varían por diversos motivos, como tendencias de consumo local o factores ambientales, según rango etario, entre otros. Por ejemplo:

- La transmisión de algún evento online puntual, tal como concierto o partido de fútbol. A modo de ejemplo, para la Copa América de Brasil en 2019 se observó un fuerte aumento del tráfico proveniente desde dicho país.
- La creación de la OTT Disney+ a fines del 2019, junto con el retiro de gran cantidad de los títulos antes disponibles en Netflix, agrupando a sus empresas Walt Disney, Pixar, LucasFilm, National Geographic, Marvel, entre otras, y adicionalmente el lanzamiento de series con gran recepción del público como “The Mandalorian”, convirtiéndolo prácticamente de manera instantánea en un actor relevante.
- Aplicaciones que han marcado tendencia en grupos específicos, tales como Tik Tok, Pinterest e Instagram.
- Producto de la pandemia y las medidas de cuarentenas adoptadas en los diversos países se han requerido también utilizar diversos sistemas de video conferencia online, como Zoom, Microsoft Teams, Google Meet, Cisco Webex, entre otras, principalmente para continuar con actividades laborales, educativas y recreativas.
- Nuevas relaciones entre productores de contenidos, OTTs y CDNs. Por ejemplo, antes de la consolidación del CDN Facebook, este almacenaba y distribuía muchos de sus contenidos más demandantes, tales como fotos y videos en el CDN Akamai, siendo esto imperceptible para el usuario final.
- La aparición de nuevos artefactos conectados a internet, tales como:
 - SmartTV que ya traen aplicaciones listas para conectarse directamente a los contenidos, con una calidad igual o mejor que las redes tradicionales de TV.
 - Dispositivos móviles por su parte, cada vez con mayores capacidades de procesamiento y conectividad debido a la constante evolución de las redes inalámbricas 3G/4G/5G.
 - Robot de cocinas como Thermomix, permiten directamente compartir, descargar y cocinar recetas desde Internet.

Existe una lista extensa de OTT y CDN, con diversos enfoques y nichos, sin embargo, en la actualidad los que mayor impacto tienen en Internet, son aquellos que transmiten video, por la cantidad de

ancho de banda que requiere este contenido. No obstante, a futuro se podrían observar la aparición de nuevas tecnologías o tendencias que generen un alto impacto en Internet. Algunas de las tecnologías más prometedoras tienen que ver con la masificación del Internet de las Cosas, la domótica, las aplicaciones que utilicen inteligencia artificial, la realidad aumentada y la realidad virtual. Para estos nuevos casos de uso, está cobrando mayor relevancia la latencia como características que hace posible muchas de estas aplicaciones, esto es un elemento relevante en torno a la distribución y ubicación geográfica de los CDNs.

Tipos de CDN

En general, existen cuatro tipos de CDN¹⁰: los públicos, los cuales a su vez se dividen en enter-deep y superPOP, los privados e híbridos

CDN Públicos

Las CDN Públicas, corresponden a CDN desplegados en sitios con gran conectividad hacia ISPs que atienden a usuarios finales, como por ejemplo IXP neutrales, con la finalidad de mejorar la experiencia del usuario para los contenidos servidos. Este tráfico se entrega típicamente sin costo adicional para los ISP, y dependiendo de la estrategia de despliegue del CDN se pueden dividir en dos subgrupos: CDN de arquitectura Enter-Deep y de arquitectura SuperPOP.

Arquitectura Enter-Deep

La arquitectura Enter-Deep se basa en distribuir los servidores cachés lo más cerca posible de los usuarios, normalmente son desplegados en la mayor cantidad de IXP existentes. Esta estrategia proporciona mejor experiencia de uso para los clientes, ya que las latencias (tiempo de ida y vuelta desde el usuario hasta el contenido) son muy bajas. Cuando un usuario carga un video, este es provisto desde el caché y al mismo tiempo otras búsquedas son ejecutadas a través de la red del CDN o directamente a los PoP (Points of Presence —Puntos de presencia).

Esta arquitectura también proporciona buena resiliencia contra fallas o ataques de DDoS. En caso de falla en uno de los cachés, el sistema se adaptará para seguir buscando el contenido en el PoP más próximo. Una desventaja es la necesidad de instalar un gran número de servidores cachés que puede implicar costos significativos y una gran complejidad en la administración y configuración del sistema.

Arquitectura Super-POP

¹⁰ Artículo de Eyevin Technology “OTT Content Delivery – CDN Alternatives”: <https://medium.com/@eyevinntechnology/ott-content-delivery-cdn-alternatives-cafe75dab71d#:~:text=Enter%2DDeep%20Architecture%20CDN,%2Dtrip%2Dtime%20to%20clients.>

Otra estrategia es ubicar pocos POP en ubicaciones estratégicas. Estos POP presentan un alto desempeño y están conectados con enlaces de alta velocidad a múltiples ISP a través de los IXP. Con pocos POP a mantener, la configuración y mantenimiento es más efectiva, la desventaja es que si el POP falla, el tráfico es redirigido a otro POP más lejano, generando potencialmente mayor latencia.

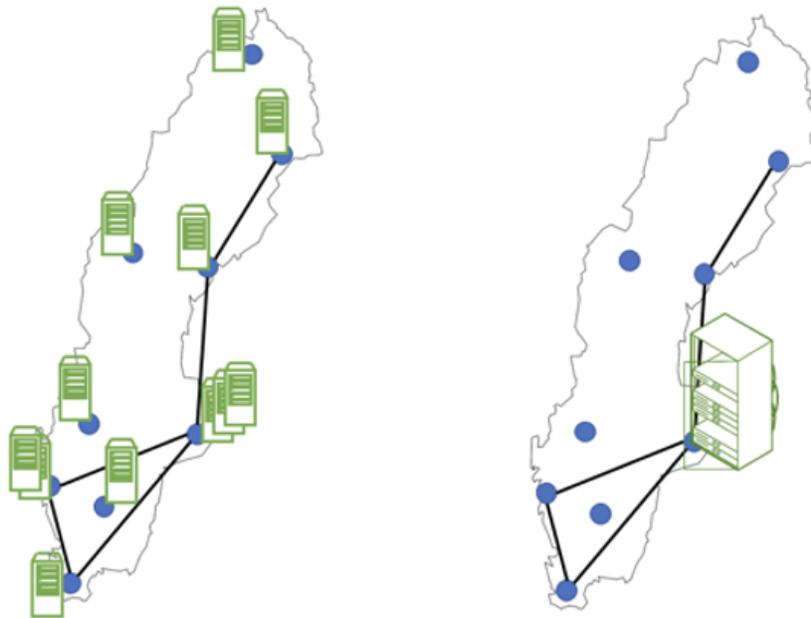


Figura 9: Arquitectura CDN's Públicos: Enter-Deep y Super-POP

CDN Privados

Estos CDN son construidos exclusivamente para el uso de propietarios de redes como operadores o ISP, y sirven exclusivamente a sus propios usuarios. Esto permite al ISP, tener acceso total a las estadísticas de uso, configurar tecnologías específicas acorde a su red y no corre riesgo de congestiones repentinas producto de incidentes ajenos a su red.

Si bien este tipo de despliegues requiere típicamente inversiones iniciales altas, los ahorros generados en el largo plazo disminuyen los costos operativos.

CDN Híbridos

Este tipo de despliegue, es simplemente una combinación entre CDN's públicos y CDN's privados, lo que permite una combinación entre control, costos y desempeño.

CDNs en LATAM

Si bien es conocido que los grandes operadores cuentan con CDN privados, esta información no es pública, por lo que no es posible saber con exactitud cuáles CDN se encuentran desplegados y las capacidades que poseen, sin embargo, para los CDN públicos, esta información es publicada por los propios CDN y en bases de datos públicas.

Los principales CDN del mundo están presentes en la región. La siguiente tabla lista los CDN con más capacidad instalada¹¹ a nivel global, y su presencia en LATAM.

Nombre	CDNs Públicos (Gbps instalados)						América			Europa	África	Asia	Oceanía	Total
	AR	BR	CL	CO	EC	PE	Sur	Centro	Norte					
Facebook, Instagram, WhatsApp	80	6.800	210	20	-	40	7.150	20	3.210	12.350	1.090	2.480	340	26.640
Akamai	-	2.210	200	-	-	-	2.410	51	2.811	10.020	540	6.090	960	22.882
Amazon CloudFront	200	700	200	-	-	-	1.100	-	5.910	6.140	520	5.900	1.050	20.620
Google Cloud	60	2.410	60	-	-	-	2.530	-	4.790	7.750	570	3.660	240	19.540
Microsoft Azure	40	560	40	-	-	-	640	-	4.380	8.660	500	3.230	1.500	18.910
Netflix	-	4.040	200	-	-	-	4.240	-	3.480	4.870	600	3.350	440	16.980
Cloudflare	120	600	200	-	10	-	930	30	2.710	4.660	150	2.610	220	11.310
Fastly	-	360	200	20	-	-	580	-	3.270	3.620	220	2.090	520	10.300
StackPath / Highwinds (new)	-	410	200	10	-	100	720	-	3.450	4.340	-	1.030	300	9.840
Verizon Media (Edgecast)	-	900	-	20	-	-	920	-	2.970	2.210	110	2.090	310	8.610

¹¹ Fuente PeeringDB: <https://www.peeringdb.com/>

G-Core Labs	-	800	-	-	-	-	800	-	800	4.980	30	1.320	30	7.960
Limelight Global	-	-	-	-	-	-	-	-	2.310	3.710	220	991	-	7.231
OVHcloud	-	-	-	-	-	-	-	-	1.600	4.660	-	170	30	6.460
Yahoo / Oath / Verizon Media	-	120	-	-	-	-	120	-	2.960	1.720	20	850	-	5.670
Valve Corp.	-	200	40	-	-	10	250	-	800	2.970	40	840	30	4.930
i3D Interactive 3D Ubisoft	-	210	20	-	-	-	230	-	1.180	1.801	21	820	51	4.103
Blizzard Entertainment	-	-	-	-	-	-	-	-	1.370	1.900	-	280	300	3.850
Huawei Cloud	-	220	200	-	-	-	420	-	-	450	40	2.340	-	3.250
Twitter	-	40	-	-	-	-	40	-	1.340	650	-	1.031	60	3.121
IBM Cloud (Softlayer)	-	80	-	-	-	-	80	-	710	590	-	530	110	2.020
WebEx Communications	-	-	-	-	-	-	-	-	820	800	-	300	60	1.980
Zenlayer	-	200	-	-	-	-	200	-	200	565	11	960	-	1.936
Globo.com	-	1.580	-	-	-	-	1.580	-	10	-	-	-	-	1.590
CDN77	-	100	-	-	-	-	100	-	-	900	-	520	10	1.530
Alibaba Cloud	-	-	-	-	-	-	-	-	20	370	20	1.010	40	1.460
Riot Games	20	210	20	-	-	10	260	-	251	590	-	170	40	1.311
CacheFly	-	80	-	-	-	-	80	10	690	250	10	130	20	1.190
Subspace	-	-	-	-	-	-	-	-	130	741	-	270	-	1.141
LeaseWeb Network	-	-	-	-	-	-	-	-	120	970	-	55	10	1.155

Quantil Networks (Wangsu)	-	20	-	-	-	-	20	-	140	223	30	570	20	1.003
Yandex	-	-	-	-	-	-	-	-	-	883	-	10	-	893
Automattic (WordPress)	-	20	-	-	-	-	20	-	390	330	10	90	50	890
BBC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	680	-	-	-	680
Dailymotion	-	-	-	-	-	-	-	-	90	430	-	140	-	660
Imperva Incapsula /	-	10	-	-	-	-	10	-	160	261	20	143	61	655
Netskope	10	10	10	10	-	-	40	-	200	130	20	150	50	590
CDNvideo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	460	-	10	-	470
Choopa	-	-	-	-	-	-	-	-	90	263	-	50	20	423
Garena	-	60	-	-	-	-	60	-	-	-	-	360	-	420
Salesforce.com	-	-	-	-	-	-	-	-	202	130	-	60	20	412
Cisco Umbrella	-	20	-	-	-	-	20	-	130	120	10	31	30	341
MediaNova	-	-	-	-	-	-	-	-	-	140	-	201	-	341
Azion	-	320	-	-	-	-	320	-	-	-	-	-	-	320
Oracle Cloud Infrastructure	-	100	-	-	-	-	100	-	-	210	-	-	-	310
BelugaCDN (NuCDN)	-	-	-	-	-	-	-	-	111	130	-	-	-	241
CDNetworks	1	10	-	-	-	-	11	-	30	63	1	100	-	205
iboss,inc	1	20	-	20	-	-	41	-	110	-	-	-	-	151

Tabla 17: Principales CDNs Públicos y capacidades instaladas por región

De la tabla se puede apreciar la gran importancia relativa que tiene Brasil en la región, concentrándose en ciudades como San Pablo, Río de Janeiro y Fortaleza. En la revisión de los CDN públicos de la región, Brasil concentra 13 veces más capacidad instalada que Chile y 44 veces más que Argentina. El resto de los países de la región tiene una baja o muy baja capacidad instalada en Gbps para CDN.

El siguiente mapa muestra la concentración de contenidos en Brasil (San Pablo, Rio de Janeiro y Fortaleza), Argentina (Buenos Aires), Chile (Santiago), Perú (Lima) y Bogotá (Colombia).



Figura 10: Puntos de mayor concentración de CDN en LATAM

3.3. Arquitectura de *Datacenters*

A nivel de *datacenters*, de manera similar que con los OTT y CDNs, es importante establecer ciertas definiciones para seguir con el análisis regional específico de estos.

- Definición

Se denomina Centro de Datos (CD) o *datacenter* (en inglés) a las instalaciones que proporcionan espacio, energía y refrigeración para servidores e infraestructura de red. Centralizan las operaciones o el equipo de TI de una empresa, además de almacenar, compartir y administrar datos.

- Tipos de *Datacenters*

La clasificación puede ser realizada utilizando diferentes criterios, por ejemplo tamaño, finalidad, tecnologías, tipos de servicios, infraestructura disponible e incluso su eficiencia energética. A continuación, se detallan las principales calificaciones, siendo estas no excluyentes entre sí, es decir, según el criterio, un *datacenter* puede caber en más de una clasificación.

Enterprise *Datacenter*: Espacios utilizados para atender las necesidades específicas de una determinada empresa y que pueden ser grandes corporaciones como bancos, operadoras de Telecom, universidades, gobiernos o pequeñas y medianas empresas.

Colocation *Datacenter*: Son proyectados para atender demandas de varias empresas. Pueden abrigar de centenas a millares de clientes en un único espacio, los cuales generalmente no poseen interés o capital suficiente para poseer instalaciones propias, por lo que arriendan espacios especializados.

Hyperscale *Datacenter*: Son destinados a proyectos de alta complejidad, como por ejemplo brindar servicios de Cloud y Big Data, los cuales exigen gran cantidad de procesamiento que implican en un gran número de servidores y suministro de energía adecuado. Por lo general, tienen un mínimo de 5.000 servidores vinculados con una red de alta velocidad y densidad de fibras ópticas y además, suelen atender necesidades de una única empresa (*Enterprise Datacenter*), por ejemplo Microsoft Azure, Google, servicios Amazon AWS y Apple.

Green *Datacenter*: Corresponde a instalaciones cuyo consumo energético es bajo en comparación al resto de los *datacenters*. Suelen poseer certificaciones de aquello y surgen frente al creciente aumento de consumo de energía y agua que, además de aumentar los costos operativos resultan en una seria amenaza para el medio ambiente. Hoy los *Datacenter* representan cerca del 1% del consumo energético total mundial¹².

De acuerdo con un estudio del Uptime Institute el consumo de energía en un *Datacenter* representa el 44% del gasto total de la operación y la refrigeración consume cerca del 40% del total de energía.

¹² Reportaje DCD: Tendencias 2021 - <https://www.datacenterdynamics.com/es/features/reportaje-tendencias-2021/>

La Unión Europea ya anunció su intención de convertir la industria de *Datacenters* en carbono neutral hacia el 2030.

Edge Datacenter: Podría traducirse como centros de datos “en el borde” o al lado del usuario. Corresponden a instalaciones más pequeñas, que se ubican cerca de los usuarios finales, con el objetivo de reducir latencias y proporcionar un mejor servicio. Esto, debido a las altas exigencias que requieren nuevas tecnologías como Internet de las cosas (IoT), Inteligencia Artificial (AI) o bien servicios de streaming en video.

A modo de ejemplo, ODATA planea construir cinco centros de datos modulares con alrededor de 40 MW de capacidad de potencia. Varios países de América Latina están siendo testigos del desarrollo de centros de datos modulares, donde nuevas tecnologías exigen infraestructura próxima a los usuarios finales y son un gran incentivo para el uso de este tipo de solución.

▪ Certificaciones

Existen institutos internacionales que definen niveles de calidad y confiabilidad de los Centros mediante criterios rígidos y estandarizados. Los más conocidos son The Uptime Institute (UI) y The Telecommunications Industry Association ANSI/TIA-942.

Uptime Institute fue el primero en definir los Tier¹³ I a IV (en números romanos). Dicha certificación es un estándar que permite clasificar la fiabilidad y disponibilidad de un *Datacenter*. Esta certificación tiene sus inicios en la década de 1960. Mientras que ANSI/TIA-942 utiliza un “Rating” en escala de 1 a 4, de manera similar a UI.

Adicionalmente existen certificaciones que otorgan entes internacionales de calidad y gestión sólo a aquellos centros de datos que cumplan a cabalidad con la excelencia operativa de cada certificación, luego de rigurosas pruebas y visitas técnicas para comprobar su cumplimiento e idoneidad del personal a cargo del *Datacenter*.

Certificación UI TIER

TIER I: Es el nivel de certificación más básico y es la puerta de entrada a este estándar con un 99.671% de disponibilidad. Posee componentes que no son redundantes y posee una única vía de distribución de energía que tampoco es redundante.

¹³ El TIER es un valor de medida, cuyo nivel hace alusión a qué tanta disponibilidad y tolerancia a fallos tiene una estructura de centro de datos. En esto se tiene en cuenta que sea capaz de soportar desastres naturales y que cuente con alimentación energética y de datos redundante. También que haya sido construido en un edificio estilo búnker, protegido por cámaras, sistemas de acceso de alta seguridad, además de que posea las principales certificaciones de calidad de servicio, seguridad lógica, manejo de información crítica, entre otros. Véase <https://es.uptimeinstitute.com/tier-certification/tier-certification-list>

TIER II: La fiabilidad y disponibilidad aumenta a un 99.741% por lo que se cuenta con la presencia de componentes redundantes. Por ejemplo, servidores conectados a un Sistema de Alimentación Ininterrumpida o Uninterruptible Power Supply (También conocida como UPS). Al igual que la norma TIER I, hay una probabilidad de que la infraestructura sea paralizada por eventos que son planeados y no planeados.

TIER III: Destinado a organismos que necesitan una alta disponibilidad de sus servicios con un 99.982%, es decir, el Centro de Datos puede estar fuera de línea por 96 minutos al año. Al igual que la norma anterior, la TIER III cuenta con componentes que son redundantes.

TIER IV: Es el último nivel de certificación TIER. Posee una confiabilidad máxima y disponibilidad de un 99.995%, lo que se traduce en sólo 48 minutos permitidos para estar fuera de línea en un año. De forma resumida se puede decir que la certificación TIER IV es tolerante a fallas, ya que posee componentes que son redundantes al igual que su predecesor, incorpora múltiples vías de distribución de energía que son activas y redundantes.

Otras certificaciones relevantes

Norma ICREA-Std-131-2017: Certificación emitida por la Asociación Internacional de Expertos en Salas de Cómputo, es la más importante sobre diseño, administración y operación de alta calidad de un centro de datos. Cuenta con varios niveles siendo HSHA-WCQA NIVEL 5 (High Security High Available World Class Quality Assurance) una de las más relevantes en disponibilidad (99.999%).

ISAE 3402 SOC2: La Norma Internacional sobre Contratos de Aseguramiento, garantiza la idoneidad del *Datacenter* para gestionar operaciones financieras bajo un estándar internacional de reporte y administración asegurada. Esta norma garantiza a empresas de servicios financieros, outsourcing, etc., que el *Datacenter* cuenta con un alto nivel de calidad en aseguramiento, transmisión, seguridad física y lógica de la información, así como sistemas de continuidad de negocio y respaldo, para prestar un servicio con calidad de operativa.

CEEDA: Certificación de Eficiencia Energética, que demuestra una gestión amigable de los recursos medioambientales, ahorros de energía y otros elementos.

- **Criterios para la ubicación de *Datacenters***

A continuación, se presenta una lista de puntos relevantes para elegir lugares de construcción de *Datacenter*. Dicha lista ha sido elaborada según las evidencias recabadas por este estudio en entrevistas a operadores de telecomunicaciones, empresas de contenido, CDNs, IXP, entre otros. Además, se complementa con el análisis de la Industria Digital Inteligente que se ha hecho en el marco

de este mismo estudio. Estos criterios abarcan principalmente las características de mayor importancia para la región.

Punto	Observaciones	Importancia
Disponibilidad de área para construcción	Datacenters requieren de gran cantidad de metros cuadrados para realizar sus instalaciones, es decir, se requiere de espacio físico. En Sao Paulo, algunos DC están ubicados en ciudades menores y cercanas, donde los precios son más accesibles, tales como Cotia, Barueri, Vinhedo, etc.	ALTA
Riesgos ambientales	Evitar locales con riesgo de terremotos, volcanes, etc.	MODERADA
Condiciones climáticas favorables	Locales con climas más templados o fríos favorecen la eficiencia energética.	MODERADA
Impuestos e incentivos gubernamentales	Países, estados o zonas francas con incentivos fiscales. En Bogotá y Colombia existe Zona Franca. En Brasil, ciudades próximas a Sao Paulo ofrecen incentivos mediante impuestos menores, tales como Cotia o Barueri.	MODERADA
Disponibilidad de energía	Atender grandes demandas de energía y flexibilidad de expansión. Los principales DC de la región están localizados próximos a grandes centros urbanos, donde existe disponibilidad de energía eléctrica (Sao Paulo, Bogotá, Santiago, etc.).	ALTA
Confiabilidad de la energía	Evitar regiones con infraestructura que pueda causar fallas graves en el suministro de energía.	MEDIA

	La proximidad a los grandes centros urbanos garantiza el contar con un confiable suministro de energía, tales como: San Pablo, Rio de Janeiro, Santiago, Buenos Aires, Bogotá, etc.	
Disponibilidad de fuentes de energía renovable	Un factor importante para los Green Datacenter o para los objetivos de reducir la huella de carbono.	MEDIA
Costos de energía	Es uno de los rubros que más impactan los costos de operación.	MEDIA
Disponibilidad de mano de obra especializada	El capital humano no representa gran porcentaje de los costos e incluso este se puede traer de otros lugares.	BAJA
Disponibilidad de Carriers	Aseguran la prestación de servicio con facilidad de interconexión y acceso a los clientes finales.	ALTA
Latencia	Valores de latencia bajo para el mayor número de clientes de interés.	MEDIA

Tabla 18: Aspectos considerados para el despliegue de un Datacenter

▪ *Datacenters* en Latinoamérica

Las instalaciones de infraestructura en la nube están en auge en Latinoamérica. En un informe reciente, GlobalData predice que el mercado latinoamericano de servicios de computación en la nube se expandirá a una tasa compuesta anual del 22,4% de 2019 a 2023, impulsado principalmente por la creciente demanda de soluciones de nube híbrida bajo el modelo de infraestructura como servicio (IaaS).

Los países que han atraído más inversiones son Brasil y Chile. Brasil posee aproximadamente el 50% de los principales proyectos de la región, siendo Sao Paulo el centro más importante. A continuación, se presenta una tabla con los DC instalados en la región, destacando las principales ciudades.

TOTAL	107	9	33	8	2	22	7	13	1	12
--------------	------------	---	-----------	---	---	-----------	---	-----------	---	----

Datacenter	TOT	BAS	SPO	RJO	FZA	SGO	LIM	BOG	QUI	OTROS
EQUINIX	7	0	4	2	0	0	0	1	0	0
ASCENTY	19	0	14	2	1	2	0	0	0	0
NABIAX	7	2	2	0	0	1	1	0	0	1
LUMEN	11	1	1	1	0	1	1	2	0	4
TIVIT	8	1	3	1	0	2	1	0	0	0
EdgeUno	11	2	1	1	1	1	1	2	1	1
ENTEL	5	0	0	0	0	3	0	0	0	2
IFX Network	8	1	0	0	0	1	1	4	0	1
GTD	8	0	0	0	0	6	1	1	0	0
OTROS	23	2	8	1	0	5	1	3	0	3

Tabla 19: Principales Collocation / Cloud Datacenter de la región

De acuerdo con el informe de ARIZTON sobre las previsiones para el mercado de Datacenters en Latinoamérica para el período 2020 – 2025, las inversiones en infraestructura de *colocation Datacenter* y los servicios relacionados a éste continuarán en aumento, destacando a Brasil como el principal actor. En la siguiente tabla se presentan las proyecciones de inversión:

Región	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
BRASIL	\$ 0,59	\$ 0,64	\$ 0,65	\$ 0,67	\$ 0,69	\$ 0,73	\$ 0,75
Otro en LA	\$ 0,24	\$ 0,26	0,32	\$ 0,35	\$ 0,36	\$ 0,39	\$ 0,42

Tabla 20: Inversiones previstas para expansión o instalación de nuevos Colocation Datacenters en Billones de dólares¹⁴

La siguiente tabla muestra el resumen de la inversión realizada al 2019 y proyectada a 2025, agrupada según la certificación TIER (detalladas en el subcapítulo **Certificaciones**) del *datacenter*.

TIER INVESTMENT LATAM 2019	2019	2025
I&II	\$39,5	\$17
III	\$946	\$1.346,5
IV	\$39,5	\$201,6

Tabla 21: Inversiones en 2019 y estimadas en 2025, con certificaciones Tier en millones de dólares

- **DC en Brasil**

Brasil es el mercado más importante de la región, concentrando los principales proyectos en San Pablo, Río de Janeiro y Fortaleza. Esta última, ha presentado un gran aumento en servicios de internet y asociados, debido a ser un puerto de anclaje de cables submarinos de fibra óptica.

Con respecto a infraestructura, las operadoras principales cuentan con instalaciones propias, como es el caso de Oi, Telefónica/Vivo, Claro/Embratel, Lumen, Algar, TIM, entre otras, mientras que existen otros participantes en el mercado, dedicados casi con exclusividad a ofrecer servicios de centros de datos, integrando el componente de telecomunicaciones y ofreciendo soluciones integrales. Este grupo lo conforman empresas como Equinix, Tivit, Ascenty y OData entre otros. Por último, se encuentran las empresas de servicio de Cloud con sus propias infraestructuras como IBM, Oracle, Microsoft, Google, AMAZON AWS, etc.

- **DC en Chile**

Chile se ha transformado en el segundo hub Sudamericano después de Brasil. Ejemplo de aquello es Google, con el único centro de datos del hemisferio sur, ubicado en Quilicura (Santiago), así como el interés de otras empresas tecnológicas de invertir en Chile, como Amazon (AWS), Huawei y Alibaba.

¹⁴ Fuente Arizton: Americas Datacenter Colocation Market – 2020/2025 Arizton.pdf

En agosto de 2019, se presentó el nuevo centro de datos de Huawei, donde se trabaja la primera nube pública de Huawei en Latinoamérica, la cual ofrecerá una amplia gama de soluciones de almacenamiento informático, de redes, base de datos y big data basado en Inteligencia Artificial.

Las principales compañías de telecomunicaciones como Entel, Movistar, Claro y GTD, poseen *datacenters* propios para sus operaciones o bien para entregar servicios a terceros. A su vez, las operadoras con participación en el mercado de *datacenters* son Entel, CenturyLink, Claro, GTD, IFX y Telefónica.

▪ DC en Argentina

Argentina funciona como un país clave para la conexión entre el Atlántico (Brasil) y el Pacífico (Chile) y tiene varios cables submarinos conectando Buenos Aires con Sao Paulo, principal centro digital de América del Sur y uno de los más importantes a nivel mundial.

Los principales Datacenters están ubicados en la región de Buenos Aires destacando las instalaciones de EdgeConneX, EdgeUno, Pacheco EZE1 y Lumen donde se hospedan las principales CDNs.

▪ DC en Colombia

Colombia también tiene una posición estratégica en el norte del continente, con llegadas de cables submarinos para el Pacífico y el Atlántico.

La nueva Ley de Modernización del sector TIC, busca incentivar la inversión privada, generar certeza jurídica y facilitar el despliegue de infraestructura de última milla. Además, ese país cuenta con un régimen de zonas francas muy desarrolladas.

▪ DC en Uruguay

El principal *datacenter* de Uruguay es propiedad de ANTEL, ubicado en Montevideo. La construcción conjunta entre ANTEL y Google del cable submarino TANNAT, el cual conecta Montevideo, Buenos Aires y Sao Paulo, en conjunto con un clima de negocios favorable a las inversiones extranjeras, un régimen de importación especial, incentivos tributarios y un sistema legal estable, Uruguay está siendo identificado como una buena opción para instalar nuevos *datacenters* para atender la región. Es por ello que Google anunció su intención de construir su segundo Datacenter en Latinoamérica en la ciudad de Canelones, complementando así sus instalaciones en Chile.

▪ Principales Colocation Datacenter de la región

El mercado de Datacenters en América Latina cuenta con la presencia de proveedores de infraestructura global y local. Específicamente, cuatro de los principales operadores de Colocation

Datacenter de interconexión mundiales están presentes en América del Sur, estos son Equinix, Digital Reality, CyrusOne y Lumen. Dichas empresas, según el informe anual de International Data Corporation (IDC¹⁵) en el “Ranking mundial de Colocation Datacenter” ocupan los puestos 1°, 2°, 7° y 14° respectivamente.

Por otro lado, existen también casos de empresas de Datacenter locales que han ampliado su área de prestación de servicios en en varios países de la región, como son Ascenty, TIVIT, ODATA, entre otras.

A continuación, se presenta un listado de las empresas que poseen instalaciones de *Colocation datacenter* en la región, estas empresas son:

Equinix	Sonda
Digital Reality	Entel
CyrusOne - Odata	IFX Network
Lumen Telecom	TIGO / Millicom
Ascenty	GTD Datacenters
Asterio / Nabiax	Ipxon
EdgeUno	Scala
EdgeConnex	Tivit
SYT Datacenter	

▪ Principales Cloud Service Datacenter de la región

Según lo analizado en el informe “Industria Digital Inteligente (IDI)”, en los últimos años han ingresado empresas al mercado Sudamericano, capaces de proveer servicios de nube (Cloud) o similares. Dado el crecimiento en la demanda y las exigencias de usuarios, cada vez se hace necesario brindar servicios de mejores calidades, bajas latencias y de mejores respuestas a los usuarios. Es por ello que principales empresas de nivel mundial han instalado *datacenter* en la región, dedicados a estos servicios. Algunas de estas empresas son:

Amazon Web Services (AWS)	Microsoft
Oracle	Huawei Cloud
IBM	Alibaba

¹⁵ IDC - International Data Corporation: www.idc.com

Es importante destacar que, tal y como se señala en el informe IDI, se proyecta el arribo de nuevos proveedores al mercado, lo que se debería traducir en nuevas instalaciones de *datacenters* dedicados a servicios Cloud, como por ejemplo Baidu, Yunio, YunPan 360, entre otros.

4. Operadores de Redes de Transporte

A nivel de operadores de redes de transportes, se definirán los conceptos más importantes utilizados en la caracterización de los principales operadores de redes de transporte de la región, analizando a los operadores mayoristas y minoristas de transporte de datos mediante fibra óptica.

En este capítulo se presenta un modelo que intenta dar cuenta de las características de cada tipo de Operador del ecosistema general de transporte en la región de Sudamérica, que se despliegan y tienen puntos de presencia en cada uno de los países de Latinoamérica,, así como de las interconexiones que se dan típicamente entre los distintos actores de este ecosistema para finalmente analizar los precios de transporte de datos en el mercado mayorista.

4.1. Caracterización de Operadores Mayoristas de Transporte mediante Fibra Óptica

Se puede considerar la siguiente caracterización de operadores mayoristas de transporte mediante fibra óptica. Para el análisis, serán desarrolladas algunas definiciones y elementos para detallar la realidad regional.

Ámbito Geográfico	Tipo de Despliegue	Propiedad de la Infraestructura de Red	Neutralidad de Oferta
Fibra Óptica de alcance Nacional (Backbone Nacional)	Terrestre	Infraestructura de Red Propia	Oferta Neutra
Fibra óptica Transfronteriza (Backbone Regional)	Submarino	Infraestructura de Red Parcial (propia o arrendada)	Integración Vertical
		Sin Infraestructura de Red	

Tabla 22: Caracterización de Operadores Mayoristas de Transporte por Fibra Óptica

Ámbito Geográfico

En el ámbito geográfico, se pueden identificar dos grandes categorías según si corresponde a un alcance nacional o uno que abarque a más de un país.

Fibra Óptica de alcance Nacional (Backbone Nacional)

Es una colección de enlaces de alta capacidad y nodos que conectan redes regionales y locales en todo el país. Estos enlaces funcionan para agregar y enrutar el tráfico desde y hacia otros países. Dados los niveles de volumen y la competencia adecuados, puede haber más de una red troncal que se extiende a grandes y pequeñas ciudades. En estos casos, los volúmenes de tráfico son suficientemente altos para justificar y extender inversiones en *Backbone* y competir. Los operadores con redes de acceso, generalmente, tendrán su propia red central o troncal. En países menos desarrollados, es común encontrar solo una fibra óptica de alcance nacional, a menudo con un alcance limitado. Así como invertir en redes de acceso genera requisitos adicionales de capacidad de la red troncal por mayor carga, las instalaciones troncales pueden promover el despliegue de redes de acceso.

La formulación de políticas de los países en desarrollo ha facilitado la construcción de redes troncales nacionales para aliviar el acceso a los proveedores de la red del costo adicional asociado con la vinculación de diversas redes locales. Este es el caso en Chile de las iniciativas FOA, FON y FOT que la Subsecretaría de Telecomunicaciones, ha desarrollado desde la Gerencia del Fondo de Desarrollo de las Telecomunicaciones, "FDT". En este modelo, el costo adicional puede tomar la forma de: a) subsidiar a un operador sus instalaciones troncales existentes para reducir el precio al consumidor final; o b) construyendo instalaciones propias, o subsidiándolas a un tercero, para transportar lo que puede ser una pequeña parte del total tráfico troncal nacional¹⁶.

La naturaleza del objetivo de los operadores que ofrecen servicios a clientes finales (corporaciones, empresas y/o hogares y personas) hace que estos *Backbones* nacionales muchas veces se encuentran subutilizados dada la manera en que son planificados, construidos y configurados en capacidades. En consecuencia, luego de cubrir las necesidades de transporte que le imponen sus clientes, y en un contexto de existencia de otros operadores, ofrecen y arriendan sus capacidades o fibras ópticas disponibles no comprometidas, a otros operadores. En este caso, considerando que el operador dueño de la red troncal es también un operador que presta servicios a clientes finales, hablamos de un caso de **Integración Vertical**.

Fibra óptica Transfronteriza

Si bien los proyectos submarinos están destinados a resolver problemas de costos transfronterizos de larga distancia a través de una implementación más barata, los proyectos transfronterizos terrestres tienden a seguir un camino conceptual diferente. Estos proyectos a menudo aparecen como una serie de esfuerzos de interconexión bilateral. En particular, las iniciativas se han basado en: a) el crecimiento orgánico de un pequeño o mediano operador de transporte que se extiende; b)

¹⁶ World Bank. 2019. "Information and Communications for Development 2018: Data-Driven Development." Overview booklet. Information and Communications for Development. World Bank, Washington, DC.

la interconexión de varias redes en varios países; o c) el producto de grandes proyectos de fondos de desarrollo con alcance regional.

Para efectos del presente análisis, se considerará como Fibra Óptica Transfronteriza, solo los casos de redes terrestres y por lo tanto no los casos de redes submarinas (a pesar de su mención en el Capítulo B “Describir topología de redes”), y asumiendo la siguiente definición: **“La infraestructura transfronteriza se puede definir como la conectividad establecida entre las redes nacionales de dos o más países”**¹⁷.

Propiedad de la Infraestructura de Red

Según la caracterización observada entre los principales operadores de transporte terrestre en la región, se observa la necesidad de identificarlos según la propiedad de la infraestructura de red óptica que emplean. Al respecto los casos identificados son:

- a) Operadores con Infraestructura de Red Propia, que son aquellos que han desarrollado una red transfronteriza vía crecimiento de un *Backbone* nacional, o bien como parte de una búsqueda de independencia de redes de terceros que han interconectado sus filiales, o bien, como parte de su definición de negocio base que es la de proveer medios de transporte regional vía crecimiento de infraestructura;
- b) Operadores con Infraestructura de Red Parcial (propia o arrendada), que son aquellos que proveen servicios con presencia regional completa o parcial, empleando secciones nacionales o regionales de redes ópticas propias o bien rentadas a terceros; y
- c) Operadores sin Infraestructura de Red, que correspondería a aquellos casos donde la operación se basa en entregar Puntos de Presencia específicos para hacer intercambios de tráfico desde la región (en un país específico, típicamente Brasil en el caso de Sudamérica), hacia IXP en América y Europa vía cables submarinos.

Neutralidad de Oferta

Se espera que un operador de transporte provea una oferta independiente de los negocios que su grupo empresarial desarrolle. Sin embargo, existen otros proveedores mayoristas que en su definición de negocio se declaran “neutrales”, es decir, garantizan que su oferta no obedece a intereses de otras unidades de negocios de su grupo las que son, en general, unidades que se enfocan en clientes finales empresariales e inclusive, residenciales y personales. En este sentido, la oferta mayorista neutra es aquella orientada exclusivamente a otros operadores, ISPs, CDNs u OTTs.

¹⁷ World Bank. 2019. “Information and Communications for Development 2018: Data-Driven Development.” Overview booklet. Information and Communications for Development. World Bank, Washington, DC.

4.2. Principales Operadores de Transporte transfronterizo en la Región y su Caracterización

A continuación, se presentan los principales Operadores de Transporte identificados y caracterizados, que posean presencia regional y con red propia (Anexo A):

Tipo de Operador	Operador de Transporte	Ámbito Geográfico	Tipo de Despliegue	Propiedad de la Infraestructura de Red	Neutralidad de Oferta
Principales Operadores de transporte terrestre con infraestructura propia	América Móvil	Regional y nacional	Terrestre (con participación en Submarino)	Propia. Mixta en secciones locales	Integrado verticalmente
	InterNexa	Regional y nacional	Terrestre	Mixta. Secciones propias, otras compartidas y otras arrendadas	Neutra. Con incursiones en empresas
	CenturyLink / Lumen	Regional y nacional	Terrestre	Propia. Mixta en secciones locales	Neutra parcialmente. Tiene oferta a industrias y mayorista
	Silica Networks	Regional y nacional	Terrestre. Secciones locales submarinas	Mixta. Secciones propias, otras compartidas y otras arrendadas	Neutra. Con incursiones en empresas
	Telxius	Regional y nacional	Terrestre. Cables submarinos por Pacífico y Atlántico	Propia. Mixta en pocas secciones locales (Bolivia, Uruguay)	Neutra. "Integrado" verticalmente con Grupo Movistar
	UFINET	Regional y metropolitana	Terrestre	Mixta	Neutra pura

Tabla 23: Principales Operadores de Transporte transfronterizo en Sudamérica

Para seleccionar los operadores mencionados se han utilizado una serie de criterios listados a continuación: (1) Poseer presencia regional, con infraestructura propia o de terceros, (2) alto tráfico de Internet en la región, medido a través el número direcciones IPV4 que publican en USA¹⁸.

Se debe notar que los operadores locales son, los que en general proveen transporte dentro de los países a los Operadores de Transporte Regional, quienes forman parte del mismo grupo empresarial, o bien, proveen el acceso de última milla necesario para interconectar las capacidades a los *datacenters* o IXP locales.

4.3. Situación de los Operadores de Transporte en Sudamérica

Los operadores de Internet que proveen transporte de IP en la región, pueden ser medidos según la cantidad de direcciones IP transportadas. Bajo esta metodología es factible establecer un peso relativo de los operadores en la región, el cual se presenta en la siguiente tabla y que analiza aproximadamente 129 millones de direcciones IP, correspondientes a un 88% de un total de 140 millones. Se muestra que el 61% de las direcciones IP analizadas son propagadas por operadores de la región y, solo un 27% por operadores internacionales, principalmente en USA.

	Total	AR	BO	BR	CL	CO	EC	PE	PY	UY	VE
ASN Asignados	10.109	957	41	8.227	284	197	137	70	79	19	98
IP V4 Asignadas (miles)	140.399	17.069	1.095	84.426	8.697	15.341	2.204	3.189	1.175	2.436	4.767
% IP V4 respecto de LATAM	100%	12,16%	0,78%	60,13%	6,19%	10,93%	1,57%	2,27%	0,84%	1,73%	3,40%
ASN Analizados (ISP mayores)	790	100	41	153	102	100	100	70	79	19	26
% IP V4 Analizadas	88%	92,08%	100%	81,69%	98,58%	99,82%	99,61%	100%	100%	100%	98,59%
% IP V4 enviadas a ISP Internacional	27%	7%	6%	28%	15%	53%	32%	25%	1%	66%	10%
% IP V4 enviadas a ISP Regional	61%	88%	85%	54%	83%	47%	64%	76%	54%	30%	89%

Tabla 24: Cantidad de ASN y Direcciones IPv4 en LATAM

Con respecto a Operadores o ISP internacionales,¹⁹ Telia, TATA communications y Hurricane Electric son las 3 principales compañías, que poseen un peso relativo a nivel LATAM de 5,5%, 4,6% y 2,2% respectivamente, en relación a la cantidad de direcciones IPv4 que propagan.

Finalmente, con respecto a Operadores o ISP regionales,²⁰ el 61% de las direcciones IPv4 son propagadas por los 3 principales operadores regionales, Telxius, Lumen y Sparkle.

¹⁸ ver documento "Caracterización de la Arquitectura de Red e Identificación OTTs, DataCenters y CDNs"

¹⁹ Operador o ISP Internacional, se entiende como aquellos que están presentes en diversos países del mundo, incluido LATAM.

²⁰ Operador o ISP regional, son aquellos que se encuentran presentes en LATAM.

4.4. Cuadro General de Presencia de principales Operadores de Transporte por países

La presencia de los distintos operadores regionales de transporte obedece a sus estrategias particulares de desarrollo en la región. El siguiente cuadro muestra la presencia de los operadores con infraestructura propia por cada país de la región.

		Presencia en Países del Estudio									
Tipo de Operador	Operador de Transporte	CL	PY	B O	A R	B R	PE	EC	U R	C O	
Operadores de transporte terrestre con infraestructura propia	América Móvil	X			X	X	X	X		X	
	InterNexa	X			X	X	X	X		X	
	CenturyLink / Lumen	X			X	X	X	X		X	
	Silica Networks	X	X		X	X					
	Telxius	X		X	X	X	X	X	X	X	
	UFINET	X	X		X	X	X	X		X	

Tabla 25: Presencia de principales Operadores con infraestructura propia de Transporte según país

4.5. Oferta de Principales Servicios Mayoristas

Se entiende por servicios mayoristas de telecomunicaciones, a los servicios prestados por operadores especializados en atender a otros operadores más pequeños en múltiples modalidades, destacando capacidades e infraestructuras. Con ello, los operadores menores -clientes en este caso- los emplean en estructurar y operar sus propios servicios, revenderlos a otros operadores aún más pequeños o bien, a clientes finales masivos o empresas. A continuación, se detalla en qué consisten:

Servicios de Capacidad y Conectividad

Ofrecen a los operadores clientes e ISPs un gran ancho de banda sobre la red de transporte perteneciente al Operador mayorista (catalogado de transporte en este caso). Con ello, los

operadores clientes son capaces de brindar servicios de capacidad y conectividad de red troncal y red de acceso, backhaul y local loop, además de enlaces nacionales e internacionales.

Dentro de los servicios sobre fibra óptica brindados se proveen habitualmente:

- Servicios Ethernet
- Servicios del tipo PHD/SDH/SONET (nx 64Kbps, E1/T1, E3/DS3, STM-1, STM-4, STM-16, STM-64).
- Wavelengths o lambdas de distintas capacidades (2.5 Gbps, 10 Gbps, 40 Gbps, 100 Gbps y 400 Gbps).
- Servicios de Espectro Óptico, el cual básicamente consiste en arrendar tramos del espectro óptico posible de utilizar, según la calidad de la fibra óptica y características de los equipos de comunicaciones.
- Servicios MPLS/IP VPN (1 Mbps a 10 Gbps), el cual ofrece al operador cliente conectividad distribuida entre todos o parte de los distintos POPs del operador mayorista

El tipo de acuerdo de arriendo de servicios de capacidad y conectividad puede ser de corto (3 años), mediano (3 a 7 años) e incluso largo plazo (7 años o más). Los contratos de largo plazo se les denomina como Indefeasible Rights of Use (IRUs), el cual consta de uno (o unos pocos) pagos por el total del derecho de uso a largo plazo, más un pago recurrente, que suele ser mensual, por el mantenimiento y operación proporcional de las fibras del cable respectivo.

Servicios de Fibras Oscuras

Es un servicio de infraestructura que muchas veces incluye alojamiento en los POP el cual consiste en alquilar uno o más hilos, ya sea para solicitudes de locales dentro de ciudades, entre ciudades de un país, o bien de larga distancia (entre países). Una alternativa es la contratación de rutas de respaldo, en la medida que el operador mayorista lo provea. Con respecto al tipo de arriendo, al igual que los de capacidad y conectividad, pueden ser de corto (3 años), mediano (3 a 7 años) o largo plazo (7 años o más).

Por otro lado, una práctica entre operadores de mediano a mayor tamaño, es la venta de parte de sus fibras ópticas a otro operador, de manera de reducir los costos de inversión de la red troncal y generar rápidamente ingresos, con el objetivo de amortizar las inversiones del cable troncal.

Servicios de Internet

Es un servicio que brinda acceso a los clientes operadores mediante la red e infraestructura del operador mayorista proveedor, es decir, a través del acceso y conexión con los cables submarinos y puntos neutros de intercambio de tráfico de Internet con los cuales el proveedor mayorista tenga acuerdos y/o presencia. Típicas conexiones de internet son con Estados Unidos en el NAP de las

Américas en Miami, con One Wilshire de CoreSite en Los Ángeles y en NYC1-60 Hudson de Nueva York, además de conexiones a puntos de intercambio de tráfico de Europa y Asia.

Un beneficio adicional de los operadores mayoristas en Latinoamérica es que posean conexiones con los principales ISPs internacionales de categoría Tier 1, así como ISP locales en distintas ciudades y nodos de intercambio de tráfico en Brasil, Argentina y Colombia, además de los PIT locales del país.

Hay operadores que ofrecen calidades diferenciadas como, por ejemplo, el tipo Premium (totalmente garantizados), o Best Effort. Este servicio generalmente es entregado en puertos de interfaz Ethernet de 100Mbps, o bien, de 1, 10 y 100 Gbps.

4.6. Precios Referenciales de Servicios de Transporte en la Región

A continuación, se presenta una tabla de precios de referencia para servicios de transporte de alta capacidad, considerando distintas modalidades de arriendo sobre la base de contratación de 10 Gbps, abarcando servicios de transporte entre Santiago y otras ciudades de distintos países de la región. Adicionalmente, se incluye el precio referencial de IP Transit desde diferentes puntos de interconexión en la región hacia USA, utilizando también una base de contratación de 10 Gbps²¹. Para facilitar el análisis, los precios son representados en un formato de USD\$ por 1 Mbps.

	Santiago - Miami	B. Aires - Miami	Rio - Miami	Lima - Miami	La Paz - Miami
	USD\$ / Mbps-Mes				
10 Gbps	0,88	1,08	0,36	1,50	2,50

Santiago - B. Aires	Santiago - S. Paulo	Santiago - Lima	B. Aires - S. Paulo
USD\$ / Mbps-Mes	USD\$ / Mbps-Mes	USD\$ / Mbps-Mes	USD\$ / Mbps-Mes

²¹ Fuente: Estudios de mercado chileno y encuestas a operadores regionales realizadas por Texus Networks

10 Gbps	0,93	1,00	1,50	0,85
----------------	------	------	------	------

	Valpo - Santiago	S. Paulo - Rio	S. Paulo - Fortaleza	Rio - Fortaleza
	USD\$ / Mbps-Mes (*)	USD\$ / Mbps-Mes	USD\$ / Mbps-Mes	USD\$ / Mbps-Mes
10 Gbps	0,45	0,14	0,20	0,18

(*) Base de 100Gbps

Tabla 26: Precios de Referencia de Transporte de Capacidad, Fibra Oscura e Ip Transit en Brasil, Argentina, Chile, Perú y Bolivia

Como punto de comparación, a continuación se muestran precios de transporte según capacidad de una red Sudamericana correspondiente a investigación y desarrollo, ejemplo que da cuenta del alcance de los costos obtenibles a nivel regional.²²

	Red Brasil - Chile - Ecuador - Colombia
	MM USD\$ (TOTAL VP de Serv con O&M)
6 canales ópticos (*)	14,20
100Gbps (1 canal óptico)	2,4
USD\$ / Mbps - Mes	0,08

²² Fuente: Entrevista a directivos de RedClara

(*) 1 canal óptico activado. Resto Capex de RedClara

Tabla 27: Precios de Transporte Red Brasil-Chile-Ecuador-Colombia

5. Descripción de la Topología de Redes sudamericanas

Luego de analizar a los operadores, su despliegue y sus principales problemas, se analiza la topología de redes sudamericanas. El diseño de la red de interconexión Sudamericana se constituye de la interconexión submarina y de las redes de transporte terrestre de los operadores regionales.

5.1. Red de interconexión submarina

En este análisis solo se han considerado los proyectos actuales ya construidos. Existen otros proyectos que todavía no han sido confirmados (por ejemplo, como es el cable que Huawei planea construir entre Chile y China). Estos proyectos futuros que aún no han sido confirmados o que están en fase de estudio, se han dejado fuera del análisis.

Actualmente, existen cerca de 68 cables submarinos identificados que conectan zonas de América Latina entre ellas o con otras regiones y existen aproximadamente 157 *landing stations* o puntos de amarre. Los países de fuera de la región conectados directamente con América Latina a través de cables son: Angola, Cabo Verde, Camerún, España, Estados Unidos, Portugal, Senegal y Sudáfrica. Un tercio de los cables (22) llegan al menos a un punto del territorio continental de Estados Unidos, siendo este el país de fuera de la región mejor conectado con América Latina y Caribe.

En total, estos 68 cables suman 284.152 km²³ de fibra óptica tendida y su capacidad total agregada puede estimarse (no hay datos disponibles de la capacidad de algunos cables) en el equivalente a alrededor de 2 Pbps (Petabits por segundo). El cable más largo es el South America-1 (SAM-1), propiedad de la empresa Telxius (una empresa del grupo Telefónica) y conecta puntos de 9 países: Valparaíso y Arica en Chile, Barranquilla en Colombia, Boca Ratón en Estados Unidos, Fortaleza, Salvador, Río de Janeiro y Santos en Brasil, Las Toninas en Argentina, Lurín y Máncora en Perú, Puerto Barrios y Puerto San José en Guatemala, Punta Cana en República Dominicana y Punta Carnero en Ecuador. En total, el cable tiene una extensión de 23.649 km.

Al igual de lo que sucede con otros componentes de la infraestructura de Internet en la región, la cantidad de cables submarinos ha crecido considerablemente en los últimos años. A fines del año 1999 se podían constatar 13 sistemas de cable que conectaban algún punto de América Latina y Caribe. A inicios del año 2009 estos eran 31 y a finales del 2019 ya llegaban a 59, con 9 más que comenzarán sus operaciones entre este año y el próximo.

²³ Véase https://conferenciaelac.cepal.org/7/sites/elac2020-2/files/s2000651_es.pdf

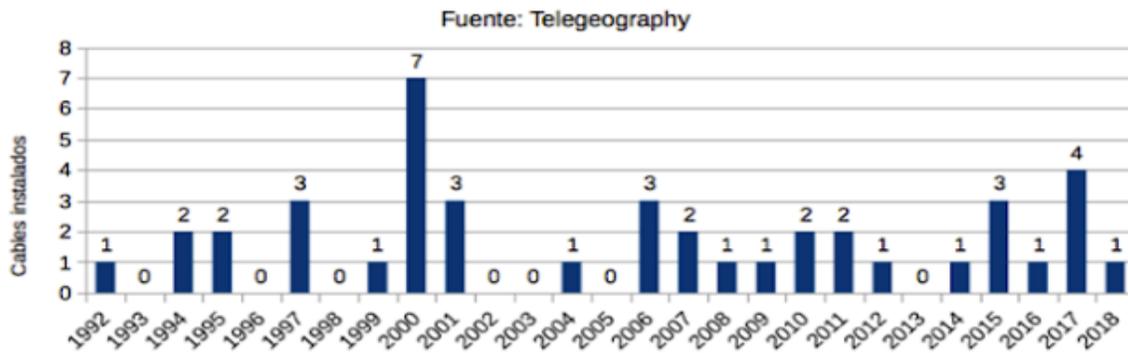


Gráfico 3: Cables submarinos en Latinoamérica

Por otro lado, 26 de los 68 cables identificados, son proyectos de los últimos 5 años y 23 cables submarinos en la región tienen 15 años o más de los cuales 18 de ellos tienen 20 o más años. La mayoría de estos cables tienen aún un rol muy importante en las comunicaciones de América Latina y Caribe. Los cables submarinos son construidos con una expectativa de vida útil de 25 años desde el punto de vista físico. Existen estrategias en la industria para extender la vida útil de estos cables cuando no muestran degradaciones importantes, pero la vida útil física no es el único desafío.

Las nuevas demandas de tráfico y el acercamiento de muchos cables al final de su vida útil configuran lo que Alan Mauldin, de Telegeography, ha llamado "The Next Mass Extinction: Aging 31 Submarine Cables", concepto presentado en la conferencia "Submarine Networks World 2018", quien dice que requerirán grandes inversiones y solo el tiempo indicará si esas inversiones están siendo planificadas al ritmo necesario. Lo anterior se debe a que, entre otras cosas, los cables submarinos utilizan repetidores para amplificar las señales ópticas en intervalos que varían desde los 60 Kms a los 350 Kms, dependiendo de la calidad del cable y la tecnología de transmisión utilizada. Estos repetidores influyen en la cantidad de información que el cable es capaz de cursar, ya que, dependiendo de su tecnología, podrían soportar velocidades de 2,5G, 10G, 100G o 400G por cada canal óptico o espectro. Del mismo modo, la cantidad de canales soportados sobre un único filamento ha ido incrementándose con el avance de los sistemas de transporte, llegando al día de hoy a densidades de 130 canales por cada par de fibras.

En un comienzo, el despliegue de cables de fibra óptica submarina fue llevado a cabo por operadoras de telecomunicaciones privadas y estatales. Desde hace ya algunos años, se han sumado nuevos actores tales como las redes de provisión y distribución de contenidos y empresas de desarrollo de tecnología. Es así que vemos que la empresa Google forma parte de 4 emprendimientos de cables submarinos en estos últimos años: (Monet, Junior, Tannat y Curie) y Facebook es parte de 1 emprendimiento (Malbec). Para estas compañías proveedoras de grandes volúmenes de contenido, los cables submarinos constituyen un componente fundamental para la prestación de sus servicios. En sus inicios esto no era así ya que los volúmenes de tráfico no lo justificaban y, por ende, contrataban servicios de transporte a las grandes operadoras. El cable Curie será de gran importancia

para Google ya que conecta Los Ángeles en Estados Unidos con Valparaíso en Chile (con una ramificación en Balboa, Panamá), accediendo directamente a la localidad de Quilicura, cerca de Santiago de Chile, donde se encuentra ubicado su centro de datos.

Otros aspectos interesantes que se pueden observar en los emprendimientos de cables submarinos de los últimos años son:

- Existe una mejora de la conectividad de América del Sur con cables que conectan puntos en la mayor parte de los países de esta subregión.
- La mitad de los proyectos posteriores a 2015 (exactamente 12 de 24) incluyen al menos una landing station en Brasil.
- Se incrementa la cantidad de países y regiones fuera de América Latina con las que estos cables conectan a la región (Cabo Verde, Mauritania, Portugal, Angola, Camerún y Sudáfrica).
- El Cable Tannat, propiedad de Google en sociedad con la empresa ANTEL de Uruguay, conecta Santos en Brasil con Montevideo en Uruguay, ciudad donde se prevé que podría ubicarse un nuevo centro de datos de Google.
- El cable ELLALink, el cual entrará en operaciones este año, conectará Brasil, Guyana, Mauritania, Cabo Verde y Portugal).
- El South Atlantic Cable System (SACS), que está activo desde 2018, conecta Brasil con Angola.
- El South Atlantic Inter Link (SAIL), activo desde 2018, conecta Brasil y Camerún. (7) El cable SABR, que entrará en operaciones en 2021, conectará Brasil y Sudáfrica. (8) El South Africa Express (SAEx-1), que estará disponible en 2021, conectará también a Brasil con Sudáfrica.

▪ Red submarina en cada país

A continuación, se listan los cables submarinos existentes en cada país de la región. La figura posterior muestra, a grandes rasgos, la ubicación espacial de dichos cables²⁴.

País	Cables Submarinos
Argentina	<ul style="list-style-type: none"> - Atlantis-2 - Bicentenario - Malbec - South America-1 (SAm-1) - South American Crossing (SAC) - Tannat - Unisur
Bolivia	<ul style="list-style-type: none"> - Fibra Óptica al Pacífico
Brasil	<ul style="list-style-type: none"> - Americas-II - Atlantis-2 - EllaLink

²⁴ Para visualizar la ubicación de los cables con más detalle, se recomienda acceder el mapa interactivo de la siguiente página web: <https://www.submarinecablemap.com/>

	<ul style="list-style-type: none"> - Monet - South American Crossing (SAC) - South Atlantic Cable System (SACS) - South Atlantic Inter Link (SAIL) - America Movil Submarine Cable System-1 (AMX-1) - BRUSA - Brazilian Festoon - GlobeNet - Junior - South America-1 (SAm-1) - South American Crossing (SAC)EllaLink - Malbec - Seabras-1
Chile	<ul style="list-style-type: none"> - Curie - Prat - South America-1 (SAm-1) - South American Crossing (SAC) - Aurora - Mistral
Colombia	<ul style="list-style-type: none"> - ARCOS - AURORA Cable System - America Movil Submarine Cable System-1 (AMX-1) - Colombia-Florida Subsea Fiber (CFX-1) - Colombian Festoon - GlobeNet - Maya-1 - Pacific Caribbean Cable System (PCCS) - San Andres Isla Tolu Submarine Cable (SAIT) - Pan American (PAN-AM) - South America-1 (SAm-1)
Ecuador	<ul style="list-style-type: none"> - AURORA Cable System - Pacific Caribbean Cable System (PCCS) - Pan American (PAN-AM) - South America-1 (SAm-1)
Perú	<ul style="list-style-type: none"> - Pacific Cable - Pan American (PAN-AM) - South America-1 (SAm-1) - South American Crossing (SAC) - Fibra Óptica al Pacífico
Uruguay	<ul style="list-style-type: none"> - Bicentenario - Tannat - Unisur

Tabla 28: Cables submarinos por país de LATAM

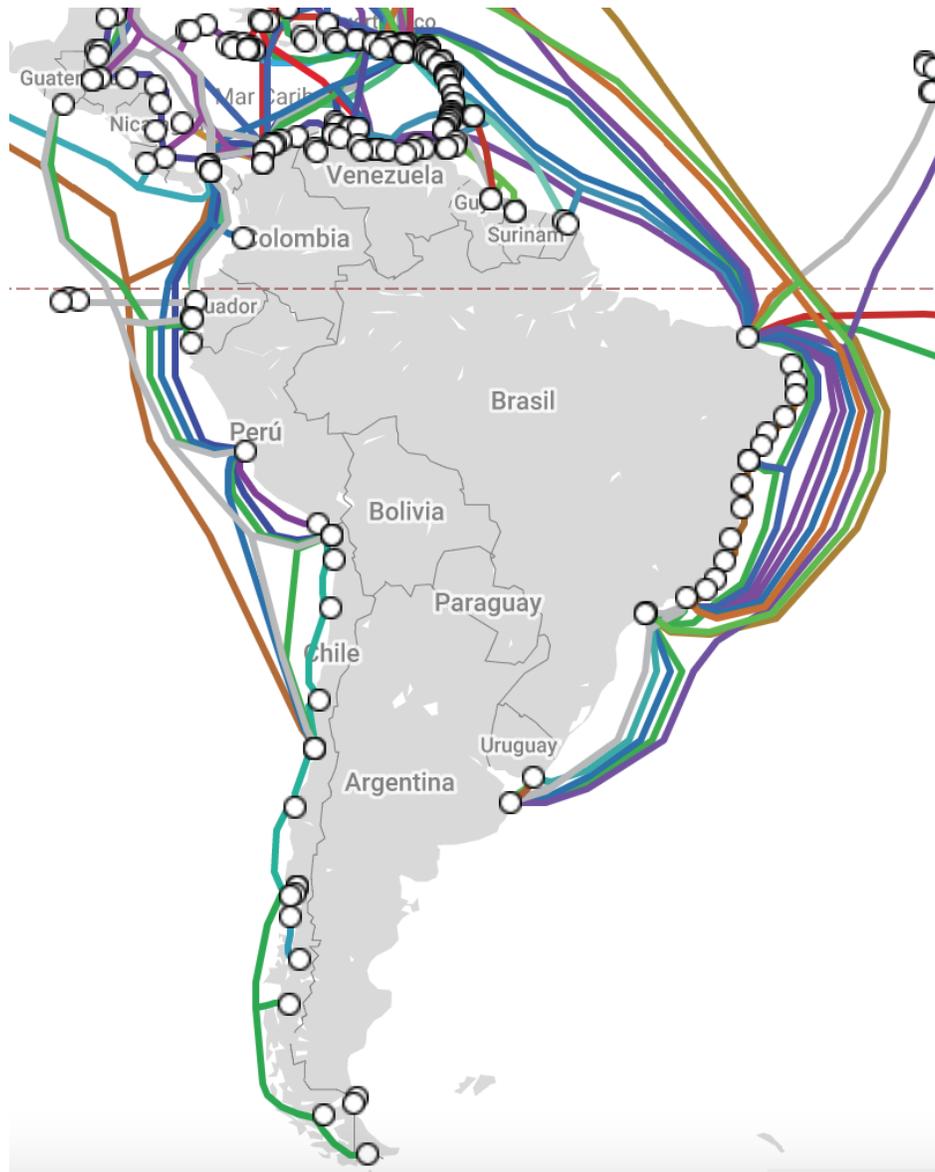


Figura 11: Ubicación espacial de los cables submarinos en Sudamérica

5.2. Operadores regionales de transporte terrestre con infraestructura propia

Para efectos de analizar el estado de la infraestructura de redes de telecomunicaciones que interconecta los diferentes países de la región, se presenta información con respecto a cada uno de los operadores dueños de infraestructura. Dicha información busca establecer los lugares donde posee presencia el operador, lugares de ubicación de sus centros de operaciones (Network Operations Center NOC en inglés), puntos de presencia (PoP en inglés), estado de la red, entre otros.

▪ **América Móvil**

Presencia	Argentina, Brasil, Ecuador, Chile, Colombia y Perú
NOCs	Colombia, Brasil y Perú
POPs	<p>Brasil: Sao Paulo y Rio de Janeiro</p> <p>Chile: Santiago y Valparaíso</p> <p>Colombia: Bogotá, Medellín, Cali, Bucaramanga, Cartagena, Barranquilla, Santa Marta, Riohacha, Montería, Popayán, Neiva, Ibagué, Villavicencio, Armenia, Pereira, Manizales, Cúcuta, Valledupar, Sincelejo y Tolú</p> <p>Perú: Lima, Talara, Chiclayo, Tarapoto, Huanaco, Ica, Ayacucho, Cuzco, Socabaya, Desaguadero y Puno</p>

Tabla 29: Infraestructura América Móvil

América Móvil no utiliza su red Sudamericana para prestar servicios a otros operadores, motivo por el cual no existe un diagrama público de la misma. Sin embargo, se cree a juicio del consultor, que está conformada principalmente mediante la unión de tramos de las redes nacionales en los países en que tiene presencia y complementada con rutas submarinas, donde utiliza cables de su propiedad.

▪ **InterNexa**

Presencia	Argentina, Brasil, Ecuador, Chile, Colombia, Perú
NOCs	Medellín (principal), Río de Janeiro (secundario), Lima (secundario)
POPs	<p>Argentina: Buenos Aires, Mendoza, San Luis, Villa Mercedes, Córdoba, Río Primero, Arroyito, Rafaela, Santo Tomé, Federal Chajarí y Paso de los Libres.</p> <p>Brasil: Sao Paulo y Rio de Janeiro.</p> <p>Chile: Santiago</p> <p>Colombia: Bogotá, Medellín, Cali. Bucaramanga, Cartagena, Barranquilla, Santa Marta, Riohacha, Montería, Popayán, Neiva, Ibagué, Villavicencio, Armenia, Pereira, Manizales, Cúcuta, Valledupar, Sincelejo y Tolú</p> <p>Perú: Lima, Talara, Chiclayo, Tarapoto, Huanaco, Ica, Ayacucho, Cuzco, Socabaya, Desaguadero y Puno</p>

Tabla 30: Infraestructura InterNexa

▪ **Lumen**

Presencia	Argentina, Brasil, Ecuador, Chile, Colombia y Perú
NOCs	Brasil – Sao Paulo, Colombia – Bogotá y Otros descentralizados en cada país.
POPs	<p>Colombia: Bogotá, Medellín, Cali, Bucaramanga, Cartagena, Barranquilla, Santa Marta, Neiva, Ibagué, Villavicencio, Pereira, Cúcuta, Valledupar y Sincelejo</p> <p>Ecuador: Quito, Guayaquil, Cuenca y Loja</p> <p>Perú: Lima, Piura, Chiclayo, Trujillo, Chimbote, Lurín, Ica y Arequipa</p>

Tabla 31: Infraestructura Lumen

▪ **Silica Networks**

Presencia	Argentina, Brasil, Chile y Paraguay.
NOCs	Buenos Aires (principal) y Osorno
POPs	<p>Argentina: Buenos Aires, Bahía Blanca, Las Toninas, Rosario, San Luis, Córdoba, Mendoza, Neuquén y Bariloche</p> <p>Brasil: Sao Paulo y Rio de Janeiro</p> <p>Chile: Santiago y Osorno</p>

Tabla 32: Infraestructura Silica Networks

▪ **Telxius**

Presencia	Argentina, Bolivia, Brasil, Ecuador, Chile, Colombia, Perú y Uruguay
NOCs	Bogotá, Lima y Buenos Aires

POPs	<p>Colombia: Bogotá, Barranquilla y Cartagena</p> <p>Ecuador: Manta y Salinas</p> <p>Perú: Lima y Lurín</p> <p>Bolivia: La Paz</p> <p>Brasil: Sao Paulo, Rio de Janeiro, Salvador, Fortaleza y Santos</p> <p>Chile: Arica, Valparaíso y Santiago</p> <p>Argentina: Buenos Aires, Mendoza y Las Toninas</p> <p>Uruguay: Maldonado</p>
-------------	--

Tabla 33: Infraestructura Telxius

▪ **Ufinet**

Presencia	Argentina, Brasil, Ecuador, Chile, Colombia y Perú
NOCs	Guatemala y Colombia
POPs	<p>Colombia: Bogotá, Medellín, Cali, Bucaramanga, Cartagena, Barranquilla, Santa Marta, Neiva, Ibagué, Villavicencio, Pereira, Cúcuta, Valledupar y Sincelejo</p> <p>Ecuador: Quito, Guayaquil, Santo Domingo. Portoviejo. Cuenca y Loja</p> <p>Perú: Lima</p> <p>Chile: Santiago</p> <p>Argentina: Buenos Aires</p>

Tabla 34: Infraestructura Ufinet

La infraestructura transfronteriza de Ufinet se encuentra principalmente entre Colombia y Ecuador, unidos con Centroamérica. Por otro lado en Sudamérica, si bien presenta capilaridad al interior de diversos países, la interconexión entre ellos es realizada mediante capacidades contratadas a terceros.

5.3. Operadores transporte terrestre con infraestructura en cada país

De manera similar a lo anterior, la siguiente tabla resume los operadores de transporte terrestre con infraestructura en la región son:

Operador	Países con presencia
Internexa	Argentina, Brasil, Chile, Colombia y Perú
Lumen	Colombia y Ecuador
Silica Networks	Argentina, Brasil y Chile
ARSAT ²⁵	Argentina
Copaco	Paraguay
Embratel-Brasil Telecom-Telefónica-Eletoronet	Brasil
Telebras	Brasil
Petrobras ²⁶	Brasil

Tabla 35: Presencia de Operadores con Redes Terrestres en cada País

Es relevante destacar el caso de Petrobras, empresa dedicada al petróleo y combustibles. Dicha empresa posee una red de conexiones de fibra óptica, las cuales están directamente instaladas en sus gasoductos y oleoductos. Las redes de fibra óptica fueron planificadas e implementadas aprovechando las obras de construcción y excavación necesarias para el transporte de combustible, por lo que requirieron de muy poca inversión extra y se considera un eficiente mecanismo de construcción de redes de conexión. La siguiente figura muestra las redes de Petrobras.

²⁵ Actualmente la red de fibra óptica, conocida como Refefo, se extiende por 34.500km, de los cuales 31.150km están activos, según los últimos datos proporcionados por Arsat y la agencia pública de innovación Invap. Refefo se financia con recursos del fondo fiduciario de servicio universal, con el aporte de un 1% de la facturación de las empresas de telecomunicaciones. La recaudación está a cargo del regulador Enacom

²⁶ Petrobras tiene una red de cables desplegados directamente en sus gasoductos y oleoductos.



Figura 12: Red de Cables directamente enterrados en gasoductos y oleoductos de Petrobras

6. Análisis de las redes regionales y la relación con el cable Humboldt

La caracterización detallada de las redes regionales presentada anteriormente tuvo por objetivo sentar las bases que permitan establecer las sinergias que el despliegue del cable Humboldt puede tener sobre ellas, en este Capítulo se discutirán los principales hallazgos a nivel de diagnósticos y problemáticas actuales de las redes regionales y las consecuencias que el cable Humboldt podría tener en ellas. A continuación, se describirán los principales elementos del cable de Humboldt, para luego analizar la relación con las redes regionales y las problemáticas y oportunidades identificadas.

6.1. Antecedentes del Cable Humboldt

El cable Humboldt es un proyecto inicialmente promovido por la Subsecretaría de Telecomunicaciones que, a través del financiamiento de CAF, desarrolló un estudio de factibilidad que demostró ser un proyecto viable desde la perspectiva económica, legal, técnica y financiera.

El sistema considera la ruta Chile – Nueva Zelanda – Australia, a través de una troncal entre Sídney y Valparaíso que actuarán como *hubs* para concentrar el tráfico en sus respectivas regiones. Por una parte, Sídney es un *hub* emergente de Asia Pacífico con múltiples conexiones directas a Asia a través de cables submarinos existentes y en construcción. Por su parte, Valparaíso es el principal puerto de amarre de Chile con conexiones a 10 países de la región.

Recientemente, Valparaíso ha sido seleccionado como punto de amarre por cables submarinos operados por Google, Telxius y América Móvil para interconectar diversos puntos de la región. Por ello, el desafío regional de Humboldt es ser capaz de concentrar en Valparaíso todo el tráfico regional con destino a Asia Pacífico.



Figura 13: Versión simplificada del despliegue del Cable submarino Humboldt (Chile-Nueva Zelanda-Australia) Fuente: Estudio de factibilidad

Las principales especificaciones del sistema evaluado en el estudio de factibilidad son las siguientes:

Cable submarino Humboldt	
Longitud	14.810 kms.
Pares de fibra óptica	8
Capacidad	144 Tbps

Tabla 36: Características técnicas de Humboldt. Fuente: Estudio de factibilidad

El estudio de factibilidad desarrolló un análisis de demanda con el propósito de evaluar el potencial de tráfico entre ambos continentes. En ese sentido, proyectó que la demanda aumentará a una tasa de crecimiento anual del 29% para el período comprendido entre 2022 y 2042 y se espera que Humboldt capture, en promedio, el 18% del tráfico cursado entre ambos continentes.

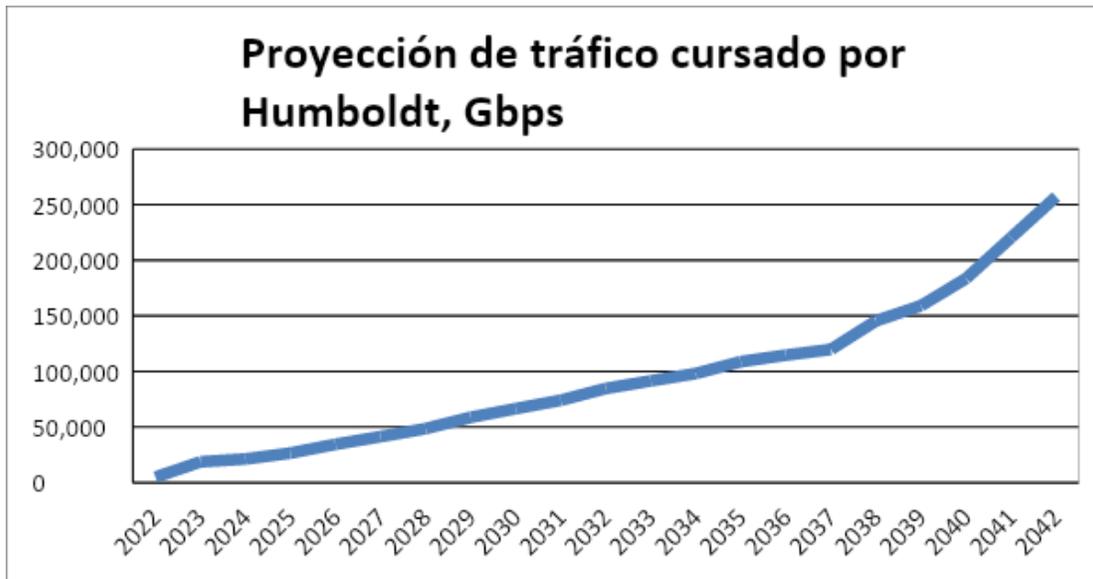


Gráfico 4: Proyección de tráfico a través del cable Humboldt. Fuente: Estudio de factibilidad

Considerando que el tráfico cursado comprende contribuciones de los países de ambas regiones, el estudio identifica a los países que más contribuyen con tráfico, destacando a China y Hong-Kong por el lado asiático y a Chile, Argentina y Brasil en Sudamérica como se ve en los siguientes gráficos:

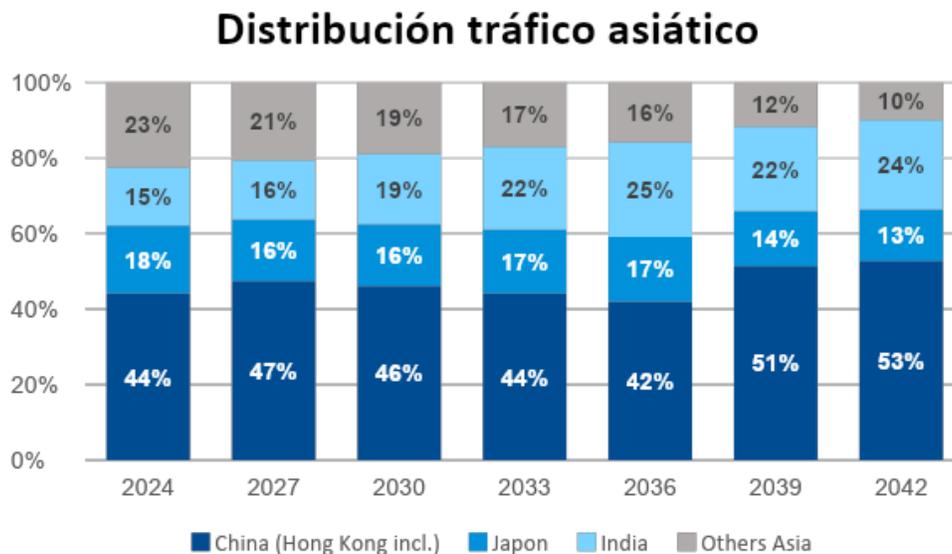


Gráfico 5: Proyección del tráfico asiático a través del cable Humboldt. Fuente: Estudio de factibilidad

Distribución tráfico sudamericano

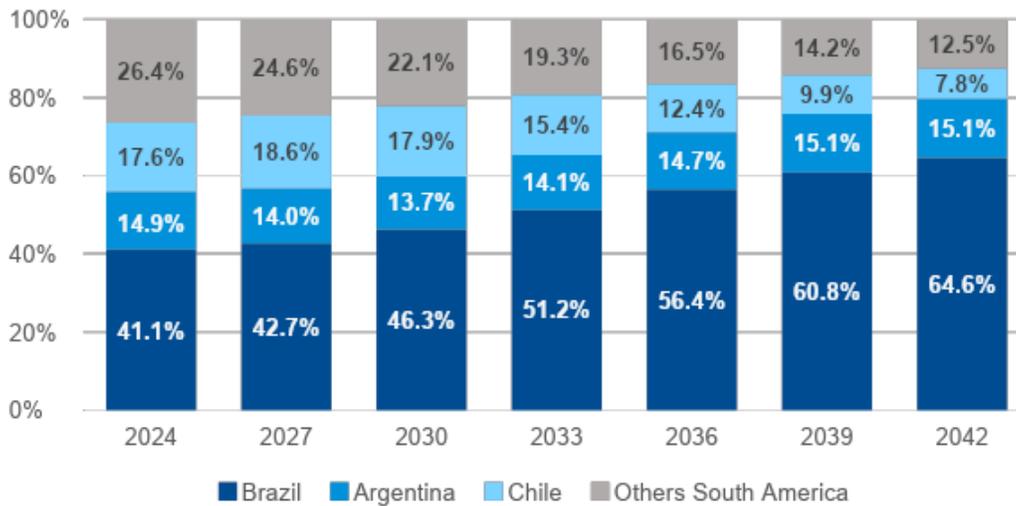


Gráfico 6: Proyección del tráfico Sudamericano a través del cable Humboldt. Fuente: Estudio de factibilidad

El cable submarino Humboldt es concebido como un proyecto regional que abre las puertas a distintos actores de la región a participar en él. En ese contexto, los operadores regionales, así como operadores estatales de los países sudamericanos, tienen la oportunidad de cursar tráfico a través de sus redes para interconectarse a nivel regional enviar y recibir tráfico a Asia a través de Humboldt. Así, redes regionales robustas, flexibles y de fácil acceso permitirán a la región comunicarse con eficiencia con Asia Pacífico. A la fecha, diversos operadores de la región han mostrado interés en el proyecto lo que confirma la oportunidad de una nueva ruta para Sudamérica y la necesidad de facilidades de interconexión en la región.

6.2. Relación entre el Cable Humboldt y las redes regionales

Analizar el estado actual de las redes regionales es muy necesario para reconocer cómo hacer un uso eficiente de las ventajas que el cable Humboldt proveerá a la región, en particular en materia de conexión directa con Oceanía y Asia, la posibilidad de crecimiento de la oferta de CDNs y OTT, el nuevo contenido disponible, la integración de procesos productivos, entre otros.

En este ámbito, la extensión de puertos de servicios del Cable Humboldt desde Valparaíso hacia las principales ciudades donde se produce el intercambio de tráfico en la región, posee claras ventajas para la captura de tráficos desde sus puntos de intercambio, especialmente desde Santiago, Brasil, Argentina y Perú, tanto si se emplean redes de transporte de privados, gubernamentales o mixtas.

Los retos principales son reducir el costo del transporte desde Valparaíso a cada una de las ciudades relevantes ya mencionadas; y lograr las ventajas para que esos países y sus gobiernos puedan verse

beneficiados con el desarrollo digital que significa acceder directamente a centros de intercambio de tráfico en Oceanía y en Asia, sin pasar por las redes de USA y Europa.

Realizar este acercamiento de los puertos del Cable Humboldt hacia las ciudades de interés mediante los acuerdos con redes gubernamentales, tiene fortalezas, ofrece oportunidades, tiene debilidades y amenazas que se intentan resumir en la tabla siguiente, sin pretender ser exhaustivos.

Fortalezas	Debilidades
<ul style="list-style-type: none"> Esperable drástico menor precio por espectro óptico regional que el de redes regionales privadas Se asegura que los tráficos hacia-desde Asia y Oceanía, que las redes gubernamentales manejan hoy y a futuro, sean capturados por C. Humboldt Redes gubernamentales cuentan con la atención de sus gobiernos dado su rol social de atender sectores pobremente conectados. Mas aún hoy en el escenario pandémico Los países involucrados tienen la oportunidad de resolver algunas deficiencias de distribución de capacidad en sectores mal atendidos 	<ul style="list-style-type: none"> Los países involucrados podrían desear resolver algunas deficiencias de distribución de capacidad en sectores mal atendidos. Esto puede alterar un modelo óptimo de la red y ralentizar los acuerdos comerciales y técnicos Igualmente la potencial diversidad de tecnologías de transmisión y modelos de operación, obliga a realizar acuerdos multilaterales en la definición extremo a extremo. Eventualmente a unificar con sus respectivos costos Chile no posee una red de transporte gubernamental. Su aporte en este sentido pasa por revisar y acordar modelos de uso de FON y/o privados. Con privados los costos de conectividad hacia Perú, Ecuador y Colombia pueden ser relevantes
Oportunidades	Amenazas
<ul style="list-style-type: none"> Existe interés manifiesto por AR y BR para formar parte del proyecto bajo algún modelo de acuerdo, con sus redes gubernamentales que buscan conectarse al Pacífico y Asia. Brasil, Argentina y Chile son actualmente el +95% del tráfico de internet de la región Se espera que otros países se sumen luego de consolidar modelos de acuerdo con Argentina y Brasil. Perú por ejemplo, dada la reformulación de administración de RedDorsal el 2021 se encuentra en óptima situación para ser abordado Ofrecer a Bolivia participar de un corredor digital al Pacífico y hacia Asia y Oceanía, es podría ser una valiosa oportunidad de aumentar la integración y buenas RREE Emplear redes gubernamentales de otros países para extender alcance de Cable Humboldt, da pie al desarrollo de una red terrestre sudamericana de participación gubernamental. Es una idea no nueva, pero factible desde la perspectiva que se integra desde un proyecto público-privado No depender exclusivamente de USA para alcanzar Internet 	<ul style="list-style-type: none"> PE y su RedDorsal podrían no llegar a formar parte de un acuerdo, complicando y encareciendo el alcance de la red hacia EC y CO, al requerir medios privados Si bien Ecuador y Colombia están conectados, sus redes nacionales podrían requerir redundancias costosas desde redes privadas submarinas, de no existir proyectos terrestres que suplan dicha necesidad. Al menos en el corto plazo La situación pandémica, puede ralentizar las conversaciones con los países y la concreción acuerdos

Tabla 37: Análisis FODA de Desarrollo de Red vía Acuerdos con Gobiernos

Uno de los principales hallazgos de la revisión de las redes locales de Argentina, Brasil, Bolivia, Chile, Colombia, Ecuador, Paraguay, Perú y Uruguay, en conjunto con los operadores regionales, es que **existe una capacidad suficiente a nivel de infraestructura de redes locales** (privadas y gubernamentales) **y regionales** (privadas), tanto terrestres como submarinas, para establecer enlaces directos entre Valparaíso y cada ciudad relevante de la región, logrando una conexión física al punto de llegada del cable de Humboldt.

Por otra parte, las capacidades de estas redes de transporte están dimensionadas a los requerimientos que el tráfico y los acuerdos comerciales le exigen a la fecha. Y se ha evidenciado que estas tienen capacidad técnica suficiente para crecer acorde a los requisitos de tráfico y nuevos acuerdos comerciales que aparezcan una vez se construya el cable de Humboldt.

Esto implica que **no sería necesario asumir nuevas iniciativas de desarrollo de infraestructura exclusiva, para darle conectividad al cable Humboldt con los principales centros urbanos de la región.** En cualquier caso, esto no se contradice con el fomento de las iniciativas en curso de

interconexión con países vecinos o con el impulso a las políticas de interconexión entre las redes regionales.

Un análisis más detallado de estos ámbitos, considerando las rutas de tráfico de la región, se realiza en el título Análisis del estado del arte de las redes regionales.

6.3. Contribución del cable Humboldt al tráfico regional: el cable como catalizador en el tráfico

La construcción de un cable submarino se justifica en la medida que exista tráfico suficiente entre sus extremos. Por una parte, el tráfico agregado de Sudamérica tiene el potencial para evaluar positivamente la construcción del cable submarino. Por otra, para cualquier país Sudamericano sería la primera ruta a directa a Asia Pacífico, lo que transforma a Humboldt en la alternativa más atractiva para enviar y recibir tráfico de Asia Pacífico mejorando la calidad del servicio actual, con una menor latencia, diversificando destinos, aumentando capacidad y aumentando resiliencia.

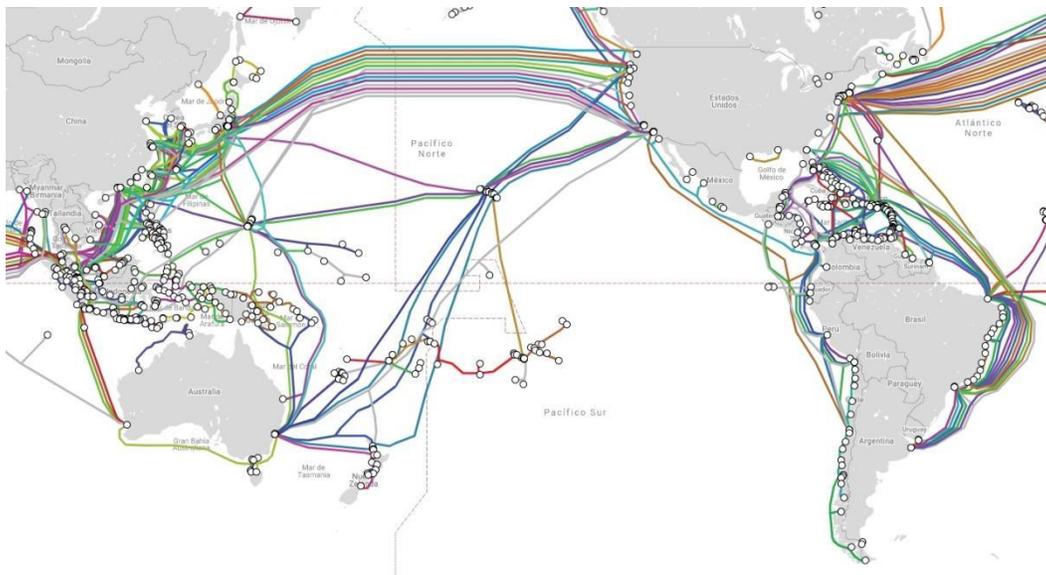


Figura 14: Conectividad América Asia a través de cables submarinos. Fuente: Telegeography

En ese sentido, Brasil es un destino clave que, por su extensión, instalación de *datacenters* y *CDN's*; y su gran población, representa una proporción importante del tráfico Sudamericano. De igual manera, Brasil actúa como *hub* de Sudamérica por el Atlántico con cables submarinos directos hacia Europa y África. Por ello, establecer un canal de comunicación con Brasil permite alcanzar otras regiones, atributo valorado en redes de telecomunicaciones para concentrar y distribuir tráfico hacia/desde dichas regiones optimizando el transporte.

En general, **la integración regional aparece como factor clave para el éxito del proyecto**. La integración se materializaría de dos formas: concentrando el tráfico regional y estableciendo corredores desde/hacia los principales focos de demanda en Sudamérica directamente con Chile, con especial énfasis en Brasil y sus múltiples centros de demanda.

Lo anterior exige un análisis profundo de las redes regionales desde la perspectiva de infraestructura, rutas de interconexión, precios y operadores para aplicar en Humboldt un caso de estudio de las consecuencias que el escenario regional conlleva para un nuevo sistema.

7. Análisis del estado del arte de las redes regionales

En este capítulo se analizan en detalle los aspectos técnicos y comerciales de las redes regionales. Desde el punto de vista técnico se revisa la capacidad disponible de las redes y la infraestructura digital desplegada, proponiendo mecanismos que permiten fortalecer las redes regionales. En lo comercial se analizan los principales problemas asociados a precios y preferencias de rutas, junto con propuestas para resolver este punto.

7.1. Aspectos técnicos

- **Capacidad disponible en las redes actuales e infraestructura digital desplegada**

Para analizar la capacidad de las redes de infraestructura digital, se analizaron dos condiciones centrales. En primer lugar, el estado de despliegue de redes terrestres para conectar Valparaíso (indicado previamente como el punto de amarre del cable Humboldt) con centros de intercambio de tráfico importantes en la región. En segundo lugar, la existencia de capacidad en las redes terrestres para movilizar los datos actuales dentro de la región, en vista del inminente aumento de demanda de tráfico de datos que producirá el cable Humboldt.

En base a los hallazgos presentados previamente en la sección de arquitectura, operadores y topología; se estima que no existe un déficit en la cantidad de redes, es más, hay infraestructura de redes locales (privadas y gubernamentales) y regionales (privadas) suficientes para satisfacer el potencial tráfico del cable transoceánico. En ese sentido, se dispone de redes tanto terrestres como submarinas para establecer enlaces “directos” entre Valparaíso y cada ciudad sudamericana analizada.

Asimismo, estas redes ofrecen una capacidad de transporte y están dimensionadas a los requerimientos que el tráfico y los acuerdos comerciales le exigen a la fecha. Además, las capacidades de transporte, entendiéndose como la capacidad técnica entregada por equipamientos especializados, pueden crecer acorde a los requisitos de tráfico y acuerdos comerciales. Esto se debe a que la capacidad de los enlaces de fibra óptica depende de la electrónica instalada en los extremos, las cuales pueden ser modificadas sin necesidad de incurrir en altos costos o desplegar fibra adicional.

Dado lo anterior, no se ve necesario implementar nuevas iniciativas de desarrollos importantes en infraestructura exclusiva para la conectividad regional con el cable Humboldt hacia la región. Lo anterior, no contradice las iniciativas en curso de interconexión con países vecinos.

- **Análisis de rutas preliminares de interconexión**

Con el fin de transportar el tráfico entre los distintos países de la región y facilitar el uso del cable Humboldt, se presenta un análisis de las rutas existentes en Sudamérica. Las siguientes rutas se levantaron en función del diagnóstico de redes y van de la mano con las recomendaciones que se indican más adelante sobre cómo acercar el cable a los centros urbanos más importantes de la región.

- Interconexión Valparaíso - Santiago

Entre Santiago y Valparaíso, hay múltiples rutas de fibra óptica de largo entre 150 kms a 200 kms, las cuales son principalmente tendido aéreo sobre la postación de distribución eléctrica y bordeando las principales autopistas entre ambas ciudades, esto es, la central Ruta 68, la Ruta 78 por el sur y por el norte utilizando la F-10-G, pasando por Limache.

En CHL Valparaíso a Santiago
GTD
Internexa
Claro
Entel
Telefónica
Lumen

Tabla 38: Operadores entre Santiago y Valparaíso

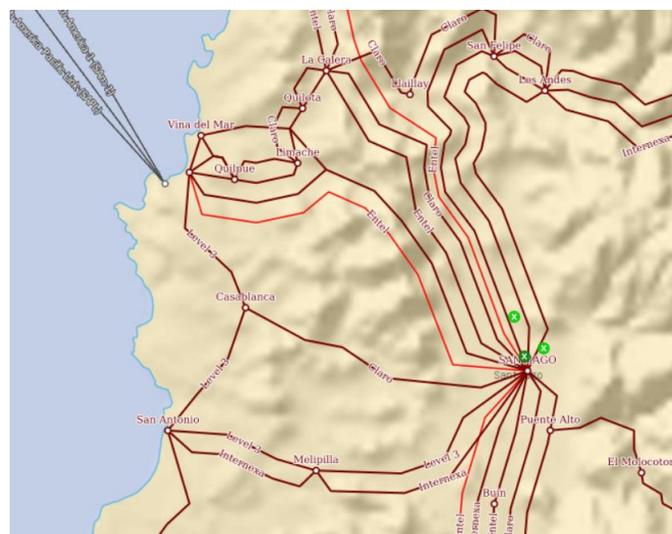


Figura 15: Rutas entre Santiago y Valparaíso

- Santiago – Buenos Aires

En CHL Santiago a frontera	En frontera CHL-ARG	En ARG frontera a Bs.As.
GTD	CenturyLink / Lumen*	ARSAT (REFEFO)
Internexa	ARSAT (REFEFO)	Silica Networks
Claro	Silica Networks	Telefónica
Entel	Internexa	Internexa
Telefónica	Claro	CenturyLink
	Entel	
	Telefónica	

Tabla 39: Infraestructura terrestre relevante entre Santiago y Buenos Aires

En gran parte de este trayecto, la fibra recorre la carretera nacional 7 de Argentina. Esta ruta es la principal conexión bioceánica Atlántico-Pacífico, tiene una extensión de 1224 Km. entre el Túnel Cristo Redentor y Buenos Aires con alto tránsito de camiones y automóviles. Además, es utilizada para transportar carga con origen o destino Brasil, Paraguay, Uruguay y Chile.

Para detallar los diferentes aspectos o consideraciones del camino que recorre la fibra, dividiremos esta sección en tramos:

- **Tramo 1 – Santiago (CHL) - Mendoza (ARG) (aproximadamente 360km)**

Los sitios para destacar en este tramo son la localidad de Los Andes (CHL), Las Cuevas (ARG) y la localidad de Uspallata (ARG).

En este tramo de la fibra se encuentra el punto neurálgico, de todo el recorrido de fibra Santiago-Buenos Aires, debido a que la ruta terrestre transita no sólo el paso fronterizo entre dos países (el Paso Internacional los Libertadores por el túnel Cristo Redentor) sino, una frontera natural, la Cordillera de Los Andes en su punto más alto.

Es frecuente que debido a las condiciones climáticas extremas en invierno, entre Los Andes (CHL) y Uspallata (ARG), la ruta se cierre al tránsito por varios días, imposibilitando el acceso vehicular en caso de corte de fibra.

En verano se produce la mayor ocurrencia de daños en la fibra en este tramo, debido a desprendimientos de nieve (alud). El tiempo transcurrido hasta la reparación es elevado, llegando a

demorar hasta 72 horas, ya que se requiere de maquinarias viales para el despeje de la ruta, y luego acceder al sitio del corte de fibra para su reparación.

Los operadores disponibles en este tramo, de extremo a extremo, son Arsat, CenturyLink / Lumen e Internexa.

- **Tramo 2 – Mendoza (ARG) - Villa Mercedes (ARG) (aproximadamente 350 km)**

Los sitios/localidades a destacar son San Luis y Villa Mercedes. En este tramo de ruta se observa un gran tránsito vehicular, y los principales cortes de fibra ocurren por trabajo con tractores (trabajo agrícola) o por trabajos viales (ensanchamiento o reparación de ruta). Si bien los cortes de fibra suelen ser frecuentes, los tiempos de reparación se estiman en promedio en 4 horas.

Desde Mendoza a Villa Mercedes existe una única ruta (Ruta Nacional 7), con presencia de 5 operadores que poseen cable de fibra (Arsat, Lumen, Telecom Argentina, Silica Networks, Internexa).

En Villa Mercedes se abren 3 opciones de rutas vehiculares por donde se encuentra el recorrido de fibra con destino final Buenos Aires, una ruta hacia el sur (por ruta nacional 148), otra hacia el oriente (continuando por ruta nacional 7) y por último una ruta hacia el nor-oriente (por ruta nacional 8).

- **Tramo 3 (opción 1) – Villa Mercedes-Buenos Aires (aproximadamente 700 km)**

Esta opción es la más directa y de menor recorrido de fibra óptica para llegar a Buenos Aires. Existe un único operador: Arsat. El tramo continúa completamente por la ruta nacional 7 en todo su trayecto. Los sitios/localidades destacadas son: Rufino, Junín y Luján.

En este tramo de ruta se observa un gran tránsito vehicular, los principales cortes de fibra ocurren por trabajo con tractores o por trabajos viales. Los tiempos de reparación se estiman en promedio en 4 horas.

- **Tramo 3 (opción 2) – Villa Mercedes-Buenos Aires (aproximadamente 1200 km)**

Si bien esta opción es más extensa en cuanto a recorrido de fibra, tiene principal importancia por:

- Transitar por las 3 ciudades más importantes de Argentina (Buenos Aires, Córdoba, Rosario). En su conjunto representa más del 45% de la población Argentina.

- Ruta principal desde Santiago (CHL) hacia el Mercosur (Paraguay, Brasil, Argentina, Bolivia) sin pasar por Buenos Aires.
- En todo el tramo existen 5 operadores: Lumen, Telecom Argentina, Silica Networks, Internexa, Arsat.

Los sitios a destacar en este recorrido son: Sampacho, Rio Cuarto, Rio Tercero, Córdoba, Santa Fé/Santo Tomé, Rosario, Campana.

Existe un camino alternativo de fibra óptica en el subtramo Córdoba-Rosario, por autopista nacional 9, donde se destacan dos sitios/localidades: Villa María y Cañada de Gómez, con presencia de 3 operadores (Arsat, Telecom Argentina, Silica Networks).

Entre las ciudades de Córdoba, Rosario y Buenos Aires, los principales cortes de fibra ocurren por trabajo con tractores, por trabajos viales y se suman cortes por quema de pastizales. Si bien los cortes de fibra suelen ser frecuentes, los tiempos de reparación se estiman en promedio en 3 horas. Si a estos 3 tramos para unir Santiago-Buenos Aires, sumamos los tramos Buenos Aires – Las Toninas (350Km) y Santiago-Valparaíso (150Km), logramos unir los diferentes cables de fibra biocénicos (Atlántico-Pacífico), en sus puntos de amarre Valparaíso (Pacífico) y Las Toninas (Atlántico).

Existe una alternativa de cruce de fibra entre Chile y Argentina, por el paso cajón del Maipo. Es un camino construido para el gasoducto de la empresa GasAndes y solo se utiliza para el mantenimiento del mismo.

- Interconexión Buenos Aires – Asunción:

En ARG Bs.As. a frontera	En frontera ARG-PRY	En PRY frontera a Asunción
ARSAT (REFEFO)	ARSAT (REFEFO)	Ufinet
Silica Networks	Copaco	Tigo
Telecom Argentina	Silica Networks	Copaco
Telefónica	Telecom Argentina	
	Telefónica	

Tabla 40: Infraestructura terrestre relevante entre Buenos Aires y Asunción

Se muestra un análisis de los operadores con sus rutas involucradas a nivel país (Argentina - Paraguay)

Operador en ruta	Ruta de salida oceánica actual	Ruta de cruce analizada	Posible operador de frontera en PRY
ARSAT (REFEFO)	Buenos Aires – Las Toninas – Cables Intl.	Clorinda (ARG) – Asunción (PRY)	Ufinet Tigo Copaco
Silica Networks	Buenos Aires – Las Toninas – Cables Intl.	Clorinda (ARG) – Asunción (PRY) / Ciudad del Este (PRY)	
Telecom Argentina	Buenos Aires – Las Toninas – Cables Intl.	Puerto Iguazú (ARG) – Posadas (ARG)	
Telefónica	Buenos Aires – Las Toninas – Cables Intl.	Posadas (ARG) - Clorinda (ARG)	

Tabla 41: Análisis de Interconexión Argentina - Paraguay

○ **ARSAT**

ARSAT dispone de red desde la frontera de Asunción a Buenos Aires. El operador aún no puede proveer redundancia y acude a acuerdos con Ufinet para la provisión de servicios desde Asunción.

○ **Telefónica Argentina**

La red de Telefónica, proporciona capacidad desde Las Toninas hacia las fronteras con Encarnación y Asunción, y se interconecta con Copaco y Tigo en Paraguay. La red está desplegada considerando principalmente ductos (canalizado), aunque dispone de despliegue aéreo (ADSS) sobre áreas de acceso con mayor dificultad.

○ **Silica Networks**

Red independiente de fibra óptica que pretende desplegar conexiones end-to-end por Sudamérica. Silica Networks tiene presencia tanto en Brasil como en Argentina, e interconecta Las Toninas con Posadas (Encarnación) y Ciudad del Este. Sílica es capaz de conseguir una mayor independencia y una ampliación del mercado mayorista orientado a la red de Paraguay por tratarse de un operador sin operación en el mercado minorista.



Figura 16: Redes en Argentina

○ **Telecom Argentina**

La red de Telecom Argentina dispone de red con redundancia entre Buenos Aires y fronteras con Paraguay, así como conectividad hasta las Toninas. Ya es uno de los principales proveedores de conectividad internacional en la actualidad.

- Interconexión Buenos Aires – Sao Paulo:



ARSAT (REFEFO)	ARSAT (REFEFO)	Telebras
Silica Networks	Telebras	Ufinet
Telefónica	Silica Networks	Tigo
	Telefónica	

Tabla 42: Infraestructura terrestre relevante entre Buenos Aires y Sao Paulo

Entre Sao Paulo y las fronteras con Argentina y Uruguay, Brasil cuenta con múltiples Operadores con infraestructura propia. A continuación se describen los principales.

- **BR Fibra**

El operador ya dispone de conectividad propia entre Ciudad del Este y Sao Paulo. BR Fibra planea continuar su despliegue por territorio Paraguayo evitando acuerdos comerciales con terceros Pese a tratarse de un operador relativamente nuevo en el mercado brasileño de fibra óptica, sigue una política ambiciosa y evitando a terceros en sus planes de expansión

- **Claro**

Claro dispone de conectividad entre la frontera y Sao Paulo con redundancia. La subsidiaria de Claro en Paraguay dispone, a su vez, de conectividad entre Ciudad del Este y Asunción.

La red de interconexión de Claro, ofrece dos opciones de interconexión entre Sao Paulo y Ciudad del Este, pasando por Curitiba o Maringá Se asume la conectividad en la frontera entre las subsidiarias Brasileña y paraguaya de Claro Se trata de un operador con experiencia en el mercado brasileño y abarcando más de 4.000 municipios.

- **Oi**

Oi dispone de una red entre Ciudad del Este y Sao Paulo con disponibilidad de algunos tramos redundantes.

La red de interconexión de Oi Network ofrece una interconexión con Ciudad del Este a Sao Paulo y Río de Janeiro.

- **Silica Networks**

Red de fibra óptica redundante hasta Sao Paulo. Red independiente de fibra óptica que pretende desplegar conexiones end-to-end por Sudamérica. Con presencia en Brasil y en Argentina, esta red interconecta la ECS de RJ con Sao Paulo y Noz de Iguazú Silica está en proceso de expansión de la red, a través de acuerdos con terceros, hasta Asunción.

- **Telebrás / RNP**

Red de fibra óptica desplegada sobre infraestructura eléctrica. La red de interconexión de Telebrás permite una conexión con la frontera de Paraguay a través de tres redes. La propuesta de Furnas en colaboración con la red de Telebrás no abarca una solución end-to-end. Existen diversas opciones de redundancia en el tramo Sao Paulo – Foz de Iguazú.

- **TIM**

La operadora ofrece conectividad entre la frontera y Sao Paulo, con redundancia en el último tramo. La red de interconexión de TIM (subsidiaria de Telecom Italia Mobile) permite una conexión con la frontera de Paraguay a través de tres redes: Ruta desde Sao Paulo, Belo Horizonte y Fortaleza hacia la frontera, donde se espera continuar con la interconexión en Paraguay.

- **Telefónica (Vivo)**

La operadora ofrece conectividad entre la frontera y Sao Paulo, con redundancia en el último tramo. Telefónica Vivo ofrece una interconexión entre las estaciones de amarre del cable submarino de Río de Janeiro y Sao Paulo y Foz de Iguazú.

- **Vogel Telecomunicaciones**

Vogel ofrece interconexión entre Foz de Iguazú y Sao Paulo con redundancia parcial. Vogel Telecomunicaciones dispone de una interconexión entre Sao Paulo, Curitiba y Foz de Iguazú. No ofrece solución end-to-end.

-
-

- Interconexión Asunción – Sao Paulo:

En PRY Asunción a frontera	En frontera PRY-BRA	En BRA frontera a Sao Paulo
Copaco	Copaco Telebras	BR Fibra Claro

		Oi Network Telebras / RNP TIM Telefónica Vogel Telecomunicaciones
--	--	---

Tabla 43: Infraestructura terrestre relevante entre Asunción y Sao Paulo

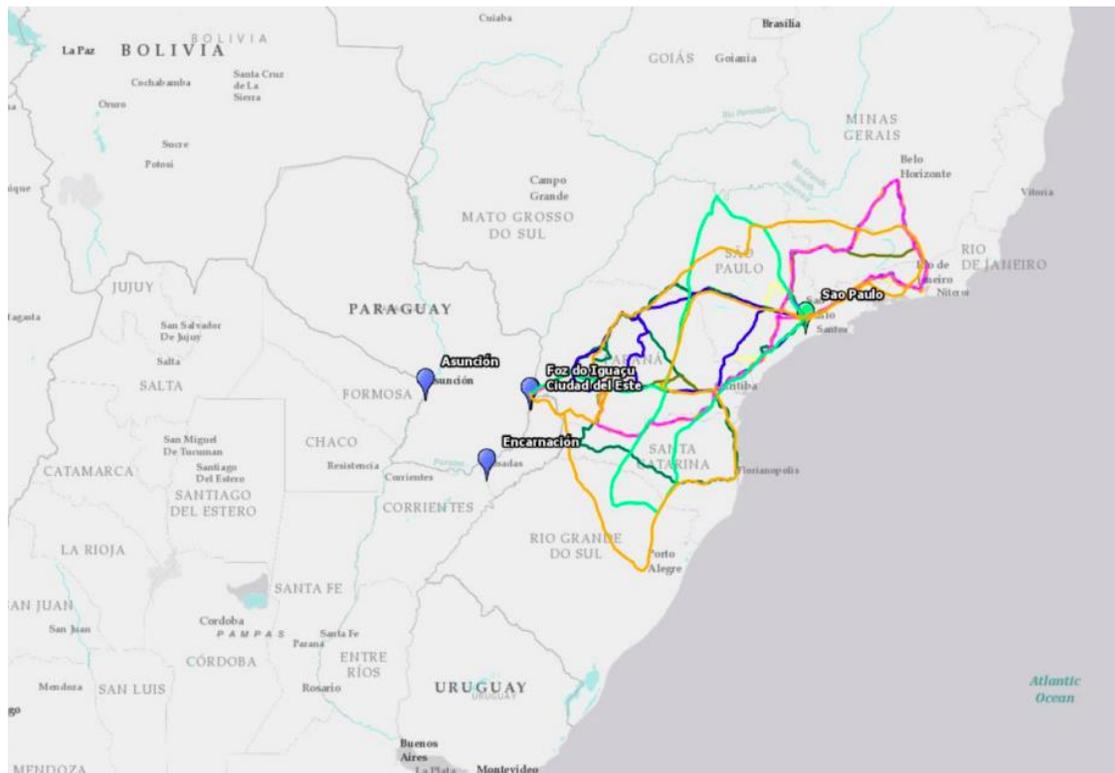


Figura 17: Redes en Brasil y frontera hacia Paraguay

Los Operadores disponibles en Brasil y Argentina ya fueron mencionados en los numerales anteriores, sin embargo, entre Asunción y la frontera con Brasil y Argentina, se cuenta con la red de COPACO, la cual provee conectividad directa hacia la capital paraguaya. Adicionalmente, existe una red de Fibra Óptica OPGW, sobre el tendido de Alta Tensión de 500kV de la empresa eléctrica ANDE, el cual no es utilizado actualmente para redes de telecomunicaciones.

- Interconexión Sao Paulo – Rio de Janeiro

En BRA SP a RJ

Silica-Networks
Telebras
Internexa
Oi
Lumen
Embratel
Eletronet
Cemig Telecom
Megatelecom

Tabla 44: Operadores entre Sao Paulo y Rio de Janeiro

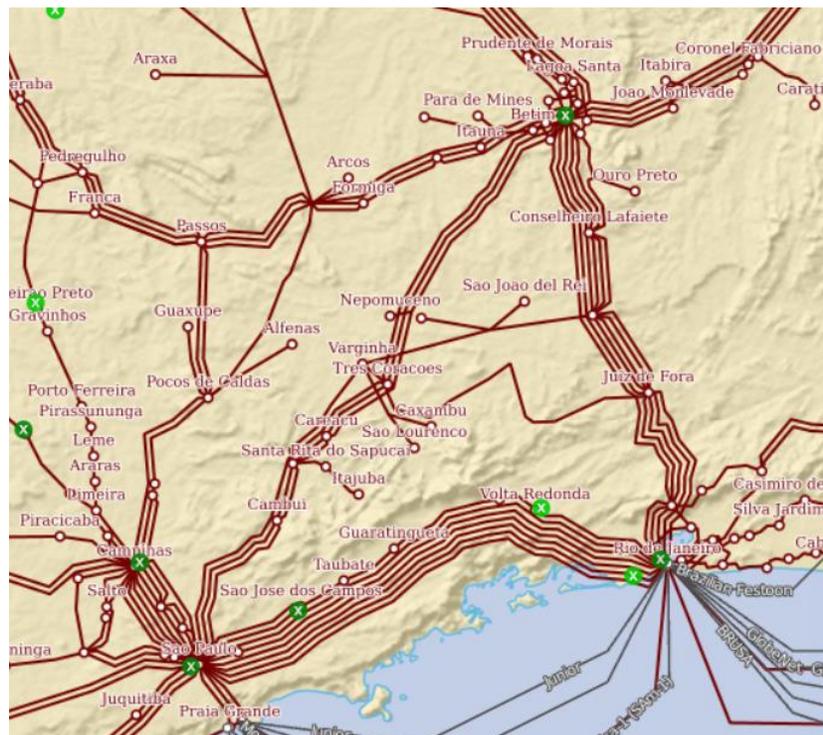


Figura 18: Rutas entre Rio de Janeiro y Sao Pablo

Al interior de Brasil, entre Rio de Janeiro y Sao Paulo, existen múltiples operadores y rutas para la conectividad entre estas ciudades, siendo la más directa y utilizada la que va paralelo a la costa, con una longitud estimada de 380 Kms.

Adicionalmente, existe una ruta que pasa por la localidad de Passos y Belo Horizonte con un trazado de aproximadamente 960 Kms, para completar un camino redundante entre Sao Paulo y Rio de

Janeiro. La localidad de Passos se convierte en estratégica si se contemplan redundancias hacia Fortaleza, o bien una ruta directa desde Brasil hacia Bolivia y Perú.

- Rio de Janeiro - Fortaleza

En BRA SP a FO
Telebras
Cemig Telecom
Oi
Embratel
Eletronet
Consortio BWM

Tabla 45: Operadores entre Rio de Janeiro y Fortaleza

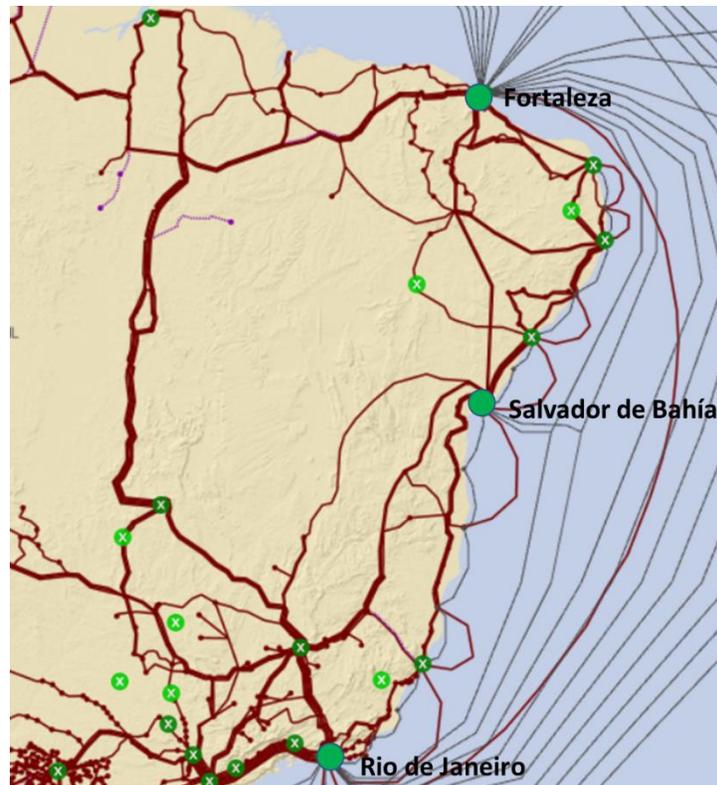


Figura 19: Rutas entre Rio de Janeiro y Fortaleza

La ruta principal bordea la costa brasilera, pasando por Salvador de Bahía, localidad que además de una concentración de tráfico en crecimiento, también presenta Landing Station de cables submarinos. Esta ruta se extiende por 2.950 Kms aproximadamente.

Como eventual ruta de respaldo, se aprecia gran concentración de cables hacia el interior de Brasil, ruta que se extiende por cerca de 3080 Kms desde Fortaleza, pasando por Brasilia y llegando a Passos, donde se une al anillo entre Sao Paulo y Rio de Janeiro.

- Interconexión Santiago - La Paz:

-

En CHL Santiago a frontera	En frontera CHL-BOL	En BOL frontera a La Paz
Silica Networks	Claro	Entel BOL
Claro	Entel CHL	
Entel CHL	Movistar	
Movistar	FON	

Tabla 46: Infraestructura terrestre relevante entre Santiago y La Paz

○ En la zona norte de Chile

Entre Santiago y La Serena están las empresas Internexa, GTD, Claro, Entel, y Movistar han desplegado redes de fibra óptica independientes por rutas diferentes. En el tramo Santiago – La Serena, Claro utiliza postes eléctricos y de la línea férrea pasando por Los Vilos, Illapel, Ovalle y La Serena. En este mismo tramo, Entel emplea cable de fibra óptica instalado en la línea eléctrica de Alta Tensión. Telefónica emplea postes propios al costado de la Ruta 5 Norte. Además, estas tres empresas construyeron en conjunto, un tendido de fibra óptica adicional entre Santiago y La Serena, pasando por las ciudades de Los Andes, Petorca, Salamanca, Illapel, Combarbalá, Ovalle, Vicuña y Serena.

Entre La Serena y Arica, físicamente existen solo dos rutas de fibra óptica: de Movistar y de Claro/Entel. Estos dos últimos comparten la propiedad del cable de fibra óptica que interconecta estas dos ciudades, siendo esta última la responsable de la mantención y operación del cable de fibra óptica. En cuanto a los equipos, cada uno es responsable de sus propios terminales y regeneradores. El trazado del cable Claro/Entel es por las líneas de Alta Tensión de las empresas Gener, Chilquinta, Transelec, Refimet y Edelnor, con excepción del tramo Taltal - Refimet (Antofagasta), que pasa por terrenos de Bienes Nacionales. El trazado del cable de Telefónica en este tramo, es a través de postes propios y va cercana a la ruta 5 norte con excepción del tramo Copiapó – Diego de Almagro – Taltal, que va por caminos interiores.

- **Desde Arica hacia la Frontera con Bolivia en la localidad de Visviri:**

Existen tendidos desplegados por Entel Chile y Claro, adicionalmente se prevé la red FON actualmente en construcción. La red de Entel Chile, actualmente se encuentra conectada con la red de Entel Bolivia, siendo la ruta principal de tráfico entre ambos países y prestando servicios a otros Operadores regionales.

- **Desde La Paz hacia la Frontera con Chile en la localidad Boliviana de Charaña:**

Entel Bolivia posee Fibras que recorren el país, y llega a puntos fronterizos con Argentina, Chile, Paraguay y Perú. Adicionalmente proyecta el desarrollo de mayor capilaridad y tendidos hacia la frontera con Brasil

- Interconexión Santiago – Lima:

En CHL Santiago a frontera	En frontera CHL-PER	En PER frontera a Lima
Claro	Internexa	MTC (Dorsal)
Entel	Claro	Movistar
Silica-Networks	FON	Internexa
Movistar		

Tabla 47: Infraestructura terrestre relevante entre Santiago y Lima

En la zona norte de Chile, la red es la que se mencionó en el punto anterior, básicamente Entel, Claro y Movistar. Sin embargo, también aparece como alternativa la red FON, que se encuentra en construcción y que podría confirmar un cuarto Backbone entre Santiago y Arica, si se construyen algunos tramos adicionales para interconectar los distintos trazados, así como de concretarse una red similar a la de FON en la Región de Tarapacá.

- Interconexión Lima – La Paz

En PER Lima a frontera	En frontera PER-BOL	En BOL frontera a La Paz

MTC (Dorsall)	MTC Entel BOL	Entel BOL
---------------	------------------	-----------

Tabla 48: Infraestructura terrestre relevante entre Lima y La Paz

La Red desplegada por Entel Bolivia tiene una extensión de 2.200 kms, de los cuales 1.180 kms. transcurren sobre el lecho submarino, entre las localidades de Ilo y Lurín en Perú, y 1.020 kms. se despliegan sobre tendidos aéreos y subterráneos conformando un anillo entre las poblaciones de Desaguadero e Ilo. El enlace también integra a las localidades de Tacna, Tarata, Mazocruz, Huaytire, Moquegua y Mollenda al sur peruano. Se han implementado ocho estaciones de transmisión, y la tecnología empleada es el tipo DWDM, y permite el despliegue de capacidad correspondiente a 80 canales de 100 Gbps cada uno.



Figura 20: Red Fibra Óptica submarina Entel Bolivia

- Interconexión La Paz - Asunción

En BOL La Paz a frontera	En frontera BOL-PRY	En PRY frontera a Asunción
--------------------------	---------------------	----------------------------

Entel BOL	Entel BOL Copaco	Copaco
-----------	---------------------	--------

Tabla 49: Infraestructura terrestre relevante entre La Paz y Asunción

Si bien esta ruta fue desplegada basada en acuerdos gubernamentales entre Bolivia y Paraguay, actualmente esta ruta no cursa mayor tráfico. Si bien no es del todo claro el motivo, Copaco actualmente se ve obligada a adquirir sus capacidades internacionales mediante licitación pública y sus tarifas están reguladas por ley, lo cual hace que cuente con rutas hacia Sao Paulo y Estados Unidos, a un precio mayor que los otros actores del mercado paraguayo.

7.2. Aspectos comerciales

- **El precio de mercado en transporte terrestre local (Chile - Brasil - Argentina) es caro en comparación con otras redes internacionales.**

La cantidad de tráfico de las redes, la existencia de precios referenciales y entrevistas con operadores regionales y locales de transporte mayorista de telecomunicaciones, permiten visualizar una alta dispersión en los precios de transporte dentro de la región, haciendo que sea más económico cursar tráfico hacia Estados Unidos que entre países en Sudamérica.

Esta condición se origina, como se explicó en el título anterior, por la diferencia en la madurez en los mercados de telecomunicaciones y generación de contenido en la región en relación al hemisferio norte. Históricamente, la mayor parte del tráfico y del contenido que se consume en Sudamérica proviene de Estados Unidos, lo que ha llevado a los operadores a priorizar rutas en esa dirección, produciéndose un desarrollo en ese mercado en específico.

La condición descrita se ha traducido en amplios acuerdos comerciales entre la región y puntos de conexión en Estados Unidos como Miami y Los Ángeles. El tráfico que actualmente va a Asia pasa por estas rutas a bajos costos, pero alta latencia. Estos amplios acuerdos comerciales existentes implican un desafío a la oferta de tráfico del cable Humboldt cuando esté en operación.

La viabilidad del cable Humboldt, se ve fortalecida por las características técnicas que implican una conexión directa con Asia y Oceanía, pero dependerá de la capacidad que exista en Sudamérica para potenciar el tendido de redes terrestres, dada la necesidad que tiene este de acercar su oferta a los puntos de generación e intercambio de tráfico en la región, siendo los de mayor interés Brasil, Santiago, Argentina y Perú.

Asimismo, en la medida que aumente el consumo de contenido por parte de Sudamérica de Asia-Pacífico, se esperarí un aumento en el tráfico en el cable Humboldt, lo que a su vez debiera tender

a un nuevo equilibrio en los precios de transportes regionales, aumentando la demanda interregional hacia Valparaíso y abriendo camino a un aumento en la oferta de transporte de datos, lo que debiera disminuir el precio del tráfico interregional.

La siguiente tabla²⁷ presenta algunos precios de referencia para Sudamérica, en y entre los países que se indican, sobre la base de un arriendo de capacidad de transporte mayorista en base a 10Gbps dedicados, sin respaldo, contratados por un ISP o un operador cualquiera, por un plazo de entre 1 a 2 años.

	Santiago - Miami	B. Aires - Miami	Rio - Miami	Lima - Miami	La Paz - Miami
	USD\$ / Mbps-Mes				
10 Gbps	0,88	1,08	0,36	1,50	2,50

	Santiago - B. Aires	Santiago - S. Paulo	Santiago - Lima	B. Aires - S. Paulo
	USD\$ / Mbps-Mes	USD\$ / Mbps-Mes	USD\$ / Mbps-Mes	USD\$ / Mbps-Mes
10 Gbps	0,93	1,00	1,50	0,85

	Valpo - Santiago	S. Paulo - Rio	S. Paulo - Fortaleza	Rio - Fortaleza
	USD\$ / Mbps-Mes (*)	USD\$ / Mbps-Mes	USD\$ / Mbps-Mes	USD\$ / Mbps-Mes
10 Gbps	0,45	0,14	0,20	0,18

(*) Base de 100Gbps

Tabla 50: Valores referenciales de capacidades en la región

Se puede observar del diagrama siguiente, que identifica los tráficos cursados por los IXP en la región, que existen diferencias notorias en el precio del transporte de datos sobre la base de comparación de 1 Mbps.

²⁷ Tabla 11 del informe “Estudio Sinergias - Caracterización de los principales Operadores de Redes de Transporte”.

Red BR - CH - EC - COL

	MM USD\$ (TOTAL VP de Serv + O&M)
6 ch opticos (*)	14,20
100Gbps (1 chop)	2,4
USD\$ / Mbps - Mes	0,08

(*) 1 ch óptico activado. Resto Capex de RedClara

Tabla 51: Referencia de precios regionales de transporte (RedClara)

La decisión de las rutas escogidas por parte de los clientes depende altamente del precio. Otra característica como la menor latencia que el cable Humboldt promete, ofrece una ventaja en tráficos específicos y aún no masivos.

Respecto de lo último, un encuestado TIER1 manifestó que el precio Brasil-Asia (utilizando el cable Humboldt) podría ser mayor hasta en 10-15% respecto Brasil-Asia vía USA, otorgando un premio a la menor latencia e incluyendo el costo del transporte terrestre regional en la tarifa total final.

Brasil ofrece por lejos, los mejores precios de transporte a USA seguido por Chile y luego Argentina. Se considera que esta ventaja de precios en Brasil se explica por la existencia de una amplia oferta de cables submarinos a USA y recientemente a Europa, así como una gran cantidad de tráfico nacional. Adicionalmente, el tráfico brasileño tiene una mayor simetría, es decir, el mercado brasileño envía y recibe cantidades de tráfico con mayor equilibrio que otros países de la región, de manera que incluso existen ofertas de IP Transit a USA que son casi equivalentes a contratar solo la conectividad.

Se espera que en Colombia también exista una oferta de bajo costo a USA, dada su ubicación geográfica y la afluencia de diversos cables submarinos.

En cuanto al alto precio que se observa entre Santiago y Valparaíso, esto se puede deber en parte a la poca demanda por tráfico de la zona. Además, si las capacidades del ancho de banda están siendo utilizadas en gran porcentaje y algún ISP requiriera mayor ancho de banda, un transportista debiera realizar inversiones en tecnología, aumentando el precio para que sea rentable la inversión. Otra hipótesis que explicaría el precio es la integración vertical de algunos ISP's como lo son Movistar y Claro, los cuales construyen sus propias redes de transporte y venden la capacidad sobrante a otros ISPs. Un operador integrado verticalmente podría tener incentivos a vender a un alto precio, o derechamente no vender, con tal de preservar poder de mercado. Al comparar el costo de transporte entre Río de Janeiro y Sao Paulo se puede apreciar la gran diferencia de precios al interior de Chile y Brasil. El bajo precio de Brasil es coherente con una mayor competencia y con la presencia de un

operador estatal que cautela la competencia, Chile, en cambio, presenta un mercado con operadores integrados.

- **Preferencia a las rutas a EEUU por sobre las regionales en el tráfico local**

Como se vió en el apartado de operadores regionales y en el análisis de precios revisado anteriormente, un alto volumen de tráfico con origen y destino dentro del continente Sudamericano es enviado por los ISP's a través de cables que pasan por Estados Unidos, tomando una ruta más larga, lo que redundaría en una latencia mayor y en una ineficiencia en el uso de recursos, ya que, en el agregado, se está gastando más energía de la necesaria para realizar el tráfico de datos. Esto tiene, probablemente, una explicación comercial y económica.

El mercado de telecomunicaciones y de creación de contenidos está altamente desarrollado en Estados Unidos, lo que ha llevado a una alta competencia y oferta de cables, tanto submarinos como terrestres que conectan a dicho país con el resto del mundo. Naturalmente, la mayor oferta y competencia resultan en precios más bajos en el transporte de datos, con lo cual, y dado el contexto en el que se encuentra cada ISP, su ubicación geográfica particular, su plan de negocio que involucra un tipo de servicio con clientes y nivel de SLA determinados, estos encuentran más conveniente hacer uso de una ruta más larga, en desmedro de una mayor latencia pero a precios más bajos.



Figura 22: Mapa de Propagación de direcciones IP en la Región

Distinto es el caso del mercado de telecomunicaciones y el de contenido en Sudamérica, las cuales como se revisó en el título anterior, poseen un nivel de desarrollo más bajo y una menor presencia de operadores regionales, en gran medida explicado por el menor consumo del contenido que se genera dentro de la región. En este sentido, el alto precio que se aprecia en el transporte de datos es un problema que no tiene una mayor relevancia hoy en día, pero podría serlo en un futuro si hubiese una mayor oferta y demanda de contenido dentro del continente.

Otro escenario en el cual no es deseable este comportamiento del enrutamiento del tráfico es aquel en el que se desarrollaran más tecnologías y servicios digitales que requieran de una baja latencia para ser efectivo.

▪ **Consecuencia de los aspectos comerciales sobre el desarrollo de redes sudamericanas**

Como se mencionó anteriormente, la diferencia de precios existente entre las opciones locales de enrutamiento y las rutas a través de Estados Unidos no parece ser un problema actualmente, en cuanto se entiende que los ISPs enfrentan una decisión de precios que toma en cuenta la latencia, tipos de clientes al que sirve y los SLAs acordados entre las partes.

Sin embargo, en favor de un mejor desarrollo digital local, los altos precios se plantean como limitante si se pretende desarrollar las redes terrestres ante la inminente alza en la demanda de tráfico de datos que se pronostica con la llegada del cable submarino.

Por una parte, la evolución en la generación de contenido y la necesidad de las empresas OTTs de disponer de servicios confiables y de buena calidad para los usuarios exige la instalación de infraestructura que aloje el contenido a nivel local. En ese sentido, los OTTs necesitan de conectividad local de calidad y precios razonables de modo que les sea conveniente su despliegue en Sudamérica.

Por otra parte, el aumento en el tráfico que se pronostica con la llegada del cable Humboldt generará un estímulo en la creación de corredores de tráfico regional. Es sumamente relevante considerar cómo el aumento en la demanda podría traducirse en mayor competencia en el largo plazo y como la disponibilidad actual de capacidad ociosa será capaz de conducir a un nuevo equilibrio de mercado. Frente a este aumento en la demanda, que se traduce en utilidades para los operadores incumbentes, crecería el incentivo de privados por competir en este mercado, para lo cual podría ser necesaria la construcción de nuevos enlaces. La entrada de estos nuevos competidores sería altamente determinada por las barreras de entrada que puedan existir. Por esto es importante el rol que juega la regulación tanto en materia de competencia como en materia de inversión y construcción.

7.3. Evidencia internacional: El caso Panamá como hub de interconexión para mejorar las redes de Centroamérica

El Banco de Desarrollo de América Latina (CAF), en conjunto con Analysys Mason han desarrollado el proyecto Hub Digital Regional en Panamá. Dicho proyecto, tiene como objetivo la realización de un estudio de factibilidad para la implementación de un punto de intercambio de tráfico de internet regional (R-IXP) en Panamá, el cual permita sentar las bases regulatorias y políticas, así como análisis de diferentes características de índole técnico (servicios, arquitectura de red, etc.) y económico (pronósticos de demanda, inversión necesaria, impacto social, etc.) para así definir el correcto funcionamiento de R-IXP.

El establecimiento de Panamá como Hub digital de Centroamérica, busca utilizar la buena conexión que posee Panamá con Norteamérica, para solucionar la deficiente conexión que poseen en general los países de Centroamérica (Guatemala, Nicaragua, Belice, Costa Rica, El Salvador, Honduras, etc.) con Norteamérica. Específicamente, se busca canalizar el tráfico hacia Panamá - creando un punto de intercambio de tráfico de internet regional (R-IXP)- para utilizar dicho país como punto intermedio de conexión hacia Estados Unidos principalmente, donde se alojan los servidores de los contenidos consumidos mayoritariamente en la región central de América, como Google, Facebook, Netflix, entre otros.

La metodología del estudio contempla un análisis sobre las necesidades de capacidad en la región y topología de la red R-IXP. En primer lugar, se identifica la cadena de valor para proveer el contenido, la cual permite identificar los diferentes actores de internet y como se relacionan entre sí. Luego, se realiza un análisis de la situación y proyecciones futuras de la región, en términos de cobertura de red, servicios, patrones de consumo de usuarios y composición del tráfico nacional e internacional. Finalmente, se contempla un análisis técnico para implementar R-IXP y se define el tipo de conexión y rutas óptimas para el tráfico internacional, en conjunto con recomendaciones para la implementación del proyecto.

Luego de realizado el análisis e identificado los países que participan del R-IXP, se realiza una serie de recomendaciones que buscan asegurar una buena implementación técnica del proyecto, estas son: (a) Firmar cartas de interés (idealmente vinculantes) donde manifiesten su interés en participar y se comprometan a reunirse con los demás miembros interesados, (b) elaborar un modelo de gobernanza, estructura y reglas²⁹, el cual debe ser creado y aprobado por todas las entidades que

²⁹ En dicho documento, se debe tratar ubicación del R-IXP, servicios que proporcionará, topología (local, regional y de interconexión al resto del mundo), equipamiento, ubicación de los puntos de presencia en cada uno de los países de la región, servicios que proporcionarán estos puntos de presencia, atribuciones del órgano de gobierno, modelo económico-financiero, aportaciones en especie (por ejemplo, un centro de datos o IXP existente que aporte el hospedaje del R-IXP), cuotas que pagarán los miembros, derechos y obligaciones de los miembros (asociados y no-asociados) y cualquier otro tema de índole técnica, financiera o jurídica necesario para la constitución y operación del R-IXP.

participan del proyecto, (c) contratación de personal calificado, que opere el R-IXP, (d) realizar un análisis ambiental que determine si crear un nuevo *datacenter* o por el contrario, usar instalaciones existentes, ya sea mediante el arriendo o compra del mismo, (e) definir de manera clara el rol de los gobiernos de los distintos países participantes para que dicho papel vaya en aras del beneficio del R-IXP.

“La implementación de un R-IXP en Panamá contribuirá a reducir los costos de los operadores, lo que se traducirá en una reducción de los precios para los usuarios finales y, por consiguiente, en una mayor penetración del acceso a banda ancha. Asimismo, el R-IXP contribuirá a incrementar el ancho de banda, disminuir la latencia, reducir la dependencia de enlaces principalmente a EUA para el acceso a internet e incrementar la calidad de los servicios”³⁰.

El estudio permite concluir que la evolución de la infraestructura de un IXP debe producirse de manera orgánica, y crear un hub digital requiere de una visión de largo plazo. La propuesta de valor y modelo de negocio debe facilitar la atracción de actores y financistas internacionales y, por lo tanto, cooperar a la agregación de tráfico regional, logrando así la transformación hacia un hub digital regional. “La principal diferencia del éxito, en términos de escalabilidad, de un IXP viene determinada por la capacidad de atracción de los principales generadores de contenido, los cuales permiten que el interés de formar parte de un IXP, para un ISP, se vuelva relevante”³¹.

En materia social, se destaca el impacto positivo que generaría un hub digital regional, pues contribuye al desarrollo de un ecosistema favorable para la economía digital de la región.

7.4. Posibles escenarios

La construcción del cable Humboldt trae consigo una mejora en el Ecosistema Digital de la región, toda vez que viene a contribuir con la infraestructura digital internacional. El cable submarino significa una conexión directa desde países asiáticos y de Oceanía hacia Sudamérica y viceversa, lo que provee una conexión a menor latencia en el transporte de datos. En este sentido, la construcción del cable podría presentarse como un incentivo para que nuevos proveedores de servicios digitales se instalen en Chile y la región. Esto se debe a que este tipo de servicios requieren de una conexión resiliente, idealmente, lo más directa posible entre sus centros de datos, de manera de poder actualizarlos constantemente al menor costo posible. Por ejemplo, proveedores como Baidu, el cual ofrece servicios de almacenamiento de datos y procesamiento de datos en la nube, tendría la nueva posibilidad de incorporarse al mercado Sudamericano al instalar servidores u otras infraestructuras que ofrezcan un mejor servicio a los consumidores Sudamericanos. Este tipo de acercamiento a los consumidores finales resulta esencial en servicios de plataformas como Netflix o Youtube, ya que la

³⁰ Analysys Mason. 2020. Informe para la Corporación Andina de Fomento (CAF): Proyecto Hub Digital Regional en Panamá. p. 210

³¹ Ídem. p.185

satisfacción de sus clientes recae fuertemente en la velocidad de descarga y de acceso a los contenidos.

Esta mayor oferta de servicios digitales traerá consigo un aumento de tráfico, lo que debiera tener como consecuencia el incentivo hacia la construcción o fortalecimiento de las redes de transporte de información para los *hubs* de conexión con Asia y Oceanía, el primero de ellos ubicado en Valparaíso.

La forma en que se han instalado los *datacenters* de proveedores de contenido y servicios como Amazon, Google y Microsoft en la región muestra que se producen incentivos para fortalecer las redes que alcanzan estos proveedores de servicio, fomentando la conexión directa de parte de operadores para mejorar su calidad de servicio. Este efecto debiera repetirse en el caso de la instalación de proveedores de contenido y de servicios asiáticos y de Oceanía, a los cuales se les abriría la posibilidad de instalarse en la región y expandir sus usuarios y consumidores de servicios gracias al cable Humboldt. Además, esto debiera traducirse en una reducción de costos debido al aumento de oferta que implica la entrada de nuevos competidores al mercado. Esta reducción de costos fomenta y facilita el proceso de transformación digital de las industrias de la región, mejorando la productividad de los negocios de la región y aumentando la demanda por estos servicios, lo que finalmente se traduce en incentivos para que privados fortalezcan conexiones directas con estos centros de datos, tal como ocurrió con el caso de los centros de datos anglosajones que se instalaron en la región.



Figura 23: Diagrama de beneficios obtenidos mediante la instalación de proveedores de servicio asiáticos.

Este fortalecimiento de las redes regionales se debiera producir en distintos niveles dependiendo de la ubicación de los nuevos centros de datos en la región, los cuales tienen complejos mecanismos de toma de decisión para esto, en los que se considera fuertemente la capacidad de producción de energía limpia, la seguridad, la estabilidad financiera y jurídica, entre otras regulaciones específicas.³²

³² Véase Estudio de Sinergias de Proyectos Digitales en Sudamérica: Industria Digital Inteligente

8. Regulación del mercado de telecomunicaciones para fortalecer las redes regionales

La pandemia del COVID-19 ha demostrado la importancia que han cobrado las redes de telecomunicaciones para personas, empresas y el Estado. Nunca antes había sido tan relevante estar conectado. Adicionalmente, esa conectividad está sujeta a requerimientos crecientes de ancho de banda para la transmisión de distintos tipos de datos y para la expansión del teletrabajo y la educación a distancia.

La demanda por ancho de banda para distintos bienes y servicios obliga a una renovación de las antiguas redes para su reemplazo por redes basadas en fibra óptica, cuestión indispensable para incrementar la productividad y el crecimiento de la economía. En este sentido, la literatura muestra que el acceso a redes de banda ancha impacta positivamente en el crecimiento, la innovación y la productividad de los trabajadores, aunque con distintos resultados respecto de su magnitud. Un trabajo reciente indica que la presencia de redes de alta velocidad mejora el atractivo de las municipalidades para atraer la creación de nuevos negocios y tienen un impacto positivo en la creación de establecimientos de comercio, servicios y transporte.

La mejora de la infraestructura de acceso supone incurrir en costos significativos. Más allá de los incentivos económicos que naturalmente puedan darse en sectores densamente poblados y de altos ingresos, el marco regulatorio puede acelerar o retrasar la construcción de nuevas redes.

En este contexto, cabe tener presente que el sector de las telecomunicaciones ha cambiado radicalmente en los últimos 30 años. La prestación de servicios mediante redes especializadas, usualmente de propiedad de un operador monopólico, ha sido reemplazada por diversos mercados crecientemente competitivos, con tendencia a la formación de oligopolios, fenómeno particularmente observado en redes móviles.

La discusión regulatoria en las décadas pasadas, se centró en la disputa entre una *facilities-based competition* (e.g., competencia entre redes o infraestructuras) y una *service-based competition* (e.g., desagregación de redes, en diversas formas, sea *unbundling local loops*, sea *bitstream*). La primera, defendida con más fuerza en EE.UU. con posterioridad a la Telecommunications Act de 1996, habría tenido como ventaja un mayor incentivo a la inversión en nuevas redes y en incrementar las capacidades de la red existente, mientras que la alternativa, seguida mayormente en países europeos, representaba una forma rápida de generar condiciones de competencia en mercados usualmente monopólicos.

Los resultados de ambos esquemas regulatorios son ambivalentes. Si bien la Unión Europea (UE) muestra, en general, precios más bajos, un número mayor de operadores, mayor cobertura de acceso a internet y competencia que lo observado en EE.UU., la cobertura de redes de fibra óptica es superior en este último país (Cave 2019). Las redes fijas europeas han demorado más en incrementar sus

componentes de fibra, en comparación con Asia y EE.UU., aunque esto puede deberse, en parte, al efecto de reemplazo que se observa en los mercados europeos más relevantes (donde, en razón de la alta cobertura inicial de los servicios fijos, cada nueva conexión de fibra es una conexión de cobre perdida, no un nuevo cliente). En cualquier caso, los resultados muestran que, en general, a mayores obligaciones de acceso y desagregación, hay un efecto negativo en la inversión, mientras que la presión competitiva de operadores de cable desregulados tiene un impacto positivo en ella.

En particular, respecto de redes de fibra óptica, los estudios muestran también una relación negativa entre la inversión en redes y la imposición de obligaciones regulatorias de acceso, con resultados mixtos en cuanto a la competencia. Aún así, la competencia entre redes de fibra de alta velocidad es probable que sólo se genere en zonas geográficas específicas, con alta densidad de población, quedando el resto de los habitantes de un determinado país sujetos a un prestador monopólico, al ser improbable que un segundo operador pueda ser rentable.

Algunos autores proponen que, por ello, las soluciones regulatorias debieran ser diferentes, ya sea en función del número de redes de acceso disponible (v.g., desregular mercados donde haya más de una red de acceso de alta velocidad disponible), ya sea respecto de la tecnología de red utilizada (v.g., una menor regulación para redes de fibra respecto de redes de cobre). Asimismo, se ha propuesto la implementación de obligaciones de coinversión para el desarrollo de nuevas redes, aunque considerando que ellas pueden acarrear un mayor riesgo de colusión.

Ya en 2004, la Federal Communications Commission (FCC) de los EE.UU. determinó liberar a las redes basadas en fibra de las obligaciones de acceso abierto existentes para incentivar la inversión, lo que determinó que la competencia basada en desagregación esencialmente desapareciera. A ello se sumó que la Corte Suprema de ese país calificara la banda ancha como un “servicio de información”, y no como un “servicio de telecomunicaciones”, lo que bajo la Telecommunications Act de 1996, significaba una regulación menos rigurosa, cercana a la de redes de cable coaxial. La discusión posterior en EE.UU. ha estado centrada en la llamada “neutralidad de red” más que en incentivos para la construcción de redes. En 2010, la FCC presentó su plan nacional de conectividad, poniendo énfasis en la actividad de privados y llamando a revisar la regulación sobre acceso abierto, pero sin que ello significara modificaciones. La calificación de los servicios de banda ancha se alteró en 2015, pero rápidamente volvió al estado anterior, en 2016. Cierta literatura señala que, aun cuando EE.UU. no parece presentar problemas de cobertura de redes de fibra, los mercados son usualmente monopólicos, con precios relativamente altos, lo que ha derivado en esfuerzos de construcción de redes por municipalidades y gobiernos locales.

La discusión regulatoria ha tenido mayor fuerza en la Unión Europea. La regulación europea no ha sido estable ni consistente entre los distintos Estados miembros. La Comisión Europea ha dictado dos recomendaciones (una en 2010 y una en 2013) sobre redes de fibra. En la primera, se mantuvo el régimen regulatorio que regía las redes de pares de cobre, esto es, un régimen de acceso abierto relativamente beneficioso para los competidores del incumbente. En la segunda, aunque se

mantuvieron las obligaciones de acceso, se otorgó a los incumbentes mayor libertad para fijar los precios. En cualquier caso, no se ha impuesto una desagregación completa de las redes de fibra.

Así, no todos los miembros de la UE siguieron una misma política. Entre los más significativos, Alemania y el Reino Unido (cuando aún pertenecía a la UE) impusieron obligaciones de acceso a las nuevas redes de fibra, mientras que Francia, Portugal y España promovieron la competencia entre infraestructuras, imponiendo a los incumbentes una obligación de compartición para con sus competidores sólo respecto de postes y ductos. Esta obligación de acceso resulta mucho menos intrusiva para los incumbentes que la desagregación de elementos de red, de modo que los efectos negativos sobre la inversión deberían acotarse. Este último punto es significativo para Chile, en cuanto fue objeto de discusión ante el Tribunal de Defensa de la Libre Competencia (TDLC), en el proceso que culminó con la Proposición Normativa N° 14/2014, de 08.04.2014. La propuesta del TDLC no indicó propiamente la compartición de infraestructura, pero recomendó “la implementación de un procedimiento que permita aprovechar las obras civiles a ser ejecutadas sobre bienes nacionales de uso público (...) para desplegar en paralelo infraestructura de soporte para redes de telecomunicaciones” (§134).

En el primer grupo de países se observó que la inversión fue desarrollada mayoritariamente por los incumbentes, mediante la incorporación de fibra a sus redes de pares de cobre, pero privilegiando soluciones de menor costo, como VDSL, mientras que en el segundo grupo se generó una variedad de redes alternativas, incluyendo la participación de los operadores móviles, quienes si bien no contaban con infraestructura de red fija, si tenían relaciones comerciales con un número importante de usuarios. El resultado es un mayor número de posibilidades de acceso para los consumidores, independientes del operador incumbente. Adicionalmente, aun cuando la mejora de las redes de pares de cobre sea menos costosa y pueda realizarse con más rapidez, si bien puede servir para alcanzar velocidades de acceso cercanas a los 30 Mbps, rápidamente se encontrará con un techo que no podrá superar.

Las regulaciones han estado en constante revisión, con miras a alcanzar los objetivos trazados por la Comisión Europea de que todos los habitantes de la UE pudieran acceder a internet mediante conexiones de 30 Mbps o superiores, y que el 50% de los hogares europeos estuvieran suscritos a conexiones sobre 100 Mbps para 2020. Ya en 2016, los objetivos parecían muy difíciles de alcanzar, pero sin perjuicio de ello se fijó uno más ambicioso, de otorgar conectividad de bajada de al menos 100 Mbps, expandible a 1 Gbps para 2025. Para 2030, la UE pretende que todos los hogares debieran tener conectividad de gigabit y que todas las áreas pobladas cuenten con cobertura móvil 5G.

La regulación actualmente vigente sobre la materia está compuesta, esencialmente, por la Directiva 2018/1972, Código Europeo de las Comunicaciones Electrónicas, de 11.21.2018, y la Directiva 2014/61/UE, relativa a medidas para reducir el coste del despliegue de las redes de comunicaciones electrónicas de alta velocidad, de 15.05.2014 (Directiva RCDR). Esta última ha comenzado un proceso de revisión de sus resultados, con miras a una actualización dentro de los próximos años.

La principal medida de la Directiva RCDR consistió en el derecho de los proveedores de telecomunicaciones (“comunicaciones electrónicas”) de acceder a la infraestructura física de operadores de red -incluyendo gas o electricidad-, incluso de otras industrias, con el objeto de implementar redes de alta velocidad. Por infraestructura física se entiende “*cualquier elemento de una red pensado para albergar otros elementos de una red sin llegar a ser un elemento activo de ella, como tuberías, mástiles, conductos, cámaras de acceso, bocas de inspección, distribuidores, edificios o entradas a edificios, instalaciones de antenas, torres y postes (...)*” (art. 2 N°2). Los operadores de redes tienen el derecho de negociar y ofrecer acceso a su infraestructura física, pero la *obligación* de atender todas las solicitudes razonables, incluyendo precio (art. 3 N°2). Sólo por excepción pueden negarse, según criterios objetivos, transparentes y proporcionales. En cualquier caso, la Directiva no tiene aplicación directa, sino que debe ser recepcionada por los ordenamientos internos de los Estados miembros de la UE.

El último reporte disponible de cobertura en la UE, con datos de junio de 2019, señala que el 97,1% de los hogares tenía acceso a banda ancha mediante red fija, mientras que las redes de “próxima generación” (VDSL, VDSL2, DOCSIS 3.0, DOCSIS 3.1 y FTTP), alcanzaban un 85,5% de cobertura. Las redes de muy alta capacidad alcanzaron un 44% de cobertura.

La UE también se ha preocupado de generar un repositorio de mejores prácticas para reducir los costos de construcción de nueva infraestructura de red. Entre otras materias, se recomienda una revisión de la normativa sobre permisos necesarios para la construcción, para acelerar y simplificar su otorgamiento, utilizando, por ejemplo, mecanismos de aprobación tácita o de considerar una solicitud completa una vez transcurrido cierto plazo. Asimismo, algunos Estados miembros establecen exenciones de permisos para ciertos tipos de obras de menor envergadura. Para efectos de colaborar con gobiernos locales, se sugiere contar con portales web orientados al personal municipal con información de cómo aplicar el marco regulatorio o desarrollar una regulación municipal modelo. Se suma a estas medidas el contar con un repositorio de información sobre proyectos, donde se integre la referida a la infraestructura susceptible de ser compartida, con datos georeferenciados. Finalmente, puede mencionarse la facilitación de los procedimientos de otorgamiento de permisos para utilizar bienes públicos.

En el Reino Unido, también se ha discutido significativamente la regulación de redes de fibra. La regulación británica tuvo un hito significativo en 2005, cuando el regulador implementó la separación funcional de las operaciones mayorista y minorista de British Telecom (BT), antiguo monopolio estatal, que dominaba el mercado de las telecomunicaciones, con miras a proveer acceso igualitario a sus redes fijas. Un estudio econométrico de 2015 demostró que la división tuvo un efecto positivo en precios, aunque la inversión y la calidad de servicio cayeron.

En ese contexto, el pasado 18 de marzo de 2021 se publicó un marco regulatorio, vigente hasta marzo de 2026, con miras a promover la competencia y la inversión. El nuevo marco regulatorio impone

una obligación de acceso a los postes y ductos del incumbente (hoy, Openreach, una empresa estructuralmente separada, pero propiedad de BT), que se estima reduce a la mitad los costos de construcción de nuevas redes. En lo demás, se optó por una regulación asimétrica, en función del nivel de competencia actual o potencial de un área geográfica determinada. En las zonas más competitivas, donde existan múltiples redes, se optó por la desregulación; en las zonas con un potencial de competencia efectiva, se mantuvieron las obligaciones de acceso sólo respecto de las conexiones de menos de 40 Mbits/s, desregulando las de mayor velocidad para incentivar la inversión, con miras a balancear este objetivo con el de proveer de conectividad a precios bajos. Finalmente, en las zonas donde se opera en forma monopólica, se regularán las tarifas para que el incumbente recupere los costos de su red existente y la inversión en nuevas redes de fibra. Adicionalmente, se habilitó al incumbente a cobrar más por el servicio de hasta 40 Mbits/s si es entregado mediante redes totalmente de fibra óptica, junto a otras medidas adicionales.

El examen de las regulaciones comparadas da cuenta de la necesidad de realizar un catastro de la regulación nacional con miras a establecer incentivos adecuados para el desarrollo de redes de fibra óptica a nivel nacional. No se advierte la necesidad de una regulación de acceso abierto más intrusiva, que nunca ha operado exitosamente en nuestro país y que requiere de un esfuerzo fiscalizador pronunciado.

Para fomentar la construcción de nuevas redes competitivas, los países de la región debieran contar con un catastro de la infraestructura existente, así como el desarrollo de medidas regulatorias para incentivar o forzar, ya sea el uso compartido de la infraestructura pasiva, como ductos o postes, en línea con la recomendación normativa que el TDLC de Chile ha referido, ya sea la coconversión en ciertos elementos de red. En el mismo sentido, es necesario que los potenciales entrantes mayoristas y minoristas cuenten con información adecuada respecto de las características básicas de las redes de los incumbentes, que les permitan prever los costos necesarios para el despliegue de su propia infraestructura. No deben subestimarse las dificultades prácticas propias de inversiones de esta envergadura, como la necesidad de contar con un número relevante de permisos emitidos por distintas autoridades. Finalmente, atendidas las características geográficas y poblacionales de países como Chile, Argentina y Brasil, es probable que sin un esfuerzo público relevante vía subsidios no sea posible alcanzar una alta cobertura, en particular en zonas rurales o de baja densidad poblacional.

9. Recomendaciones de Políticas Públicas para el desarrollo de las Redes Sudamericanas

En este capítulo se desarrollan recomendaciones de distintas políticas para el desarrollo de las redes regionales y su mejor vinculación con el cable Humboldt, abordando el plano comercial y técnico que se ha discutido previamente, junto con el análisis regulatorio y de prácticas identificadas anteriormente. Además, se incluyen otras recomendaciones que apuntan a aumentar el tráfico interregional.

9.1. Puertos espejos: acercar Humboldt hacia los centros de intercambio de tráfico.

Las rutas descritas en los análisis técnicos del título estado del arte, permiten concebir un diseño preliminar que ofrezca las ventajas de acercamiento de puertos, es decir, asegurar que el tráfico pueda entrar directamente al cable Humboldt desde puntos de conexión relevantes en otras ciudades lejanas a Valparaíso. La idea es crear, lo que denominamos “puertos espejos”: una red compuesta por el cable Humboldt y por enlaces regionales que tengan PoP en zonas geográficas que concentran altos volúmenes de tráfico, aprovechando las condiciones comerciales que podría tener el operador del cable, gestionando altas capacidades y a largo plazo, y de esta forma conseguir condiciones de costo favorables.

Lo anterior, facilita el acceso al cable Humboldt a los operadores mayoristas de la región, al disminuir la cantidad de negociaciones que deberá llevar a cabo con otros operadores para ampliar las redes y reducir los costos que ellos obtendrían, ya que el operador del cable aprovecharía las escalas para tener condiciones aún más favorables que los operadores mayoristas por sí solos. En palabras más sencillas, el dueño del cable Humboldt operaría una red con PoP en ciertas ciudades, con lo que un mayorista presente en una de estas ciudades tendría que negociar solamente con el operador del cable para ser capaz de mover tráfico a través de Humboldt. En caso contrario, se podría ver en la necesidad de negociar con otros operadores regionales que le acerquen el tráfico hasta el punto de aterrizaje del cable en Valparaíso.

En consideración con lo anterior, y el análisis de redes realizado, se propone la siguiente topología de red que establece estos puntos de entrada al cable Humboldt en distintas ciudades de la región.

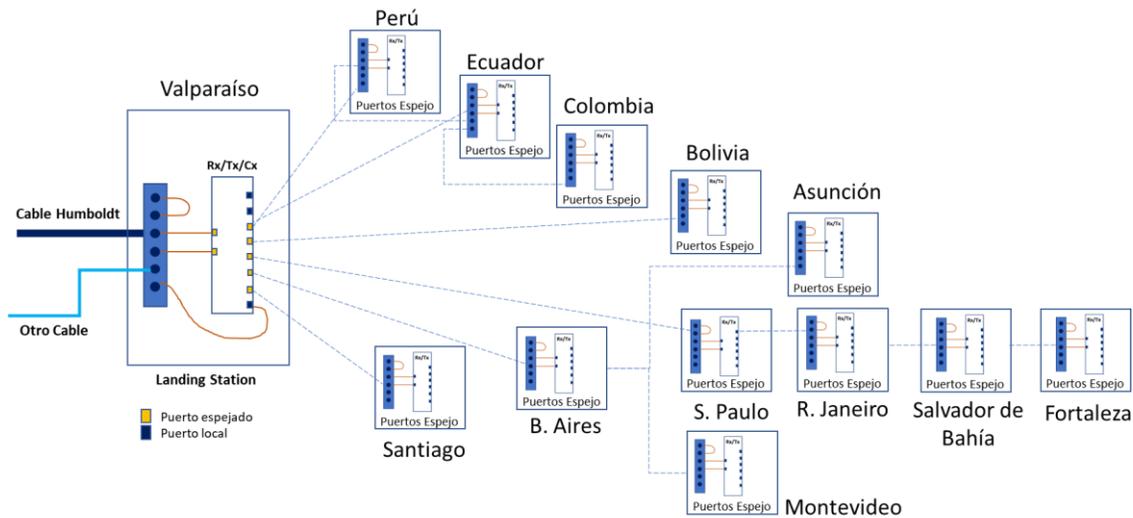


Figura 24: Topología Terrestre propuesta – Alcance Países de interés en Sudamérica

9.2. Incentivos regulatorios para fomentar la inversión digital

Con el objetivo de incentivar el desarrollo del Ecosistema Digital de la región, es importante considerar distintos mecanismos que los países podrían implementar para atraer inversión. La inversión y el desarrollo de emprendimientos asociados a la transformación y a usos digitales genera un círculo virtuoso deseable de desarrollo de las redes y la conexión local.³³ En esta línea, se considera, en base tanto a la investigación de este estudio, como a documentos de empresas que declaran los elementos que consideran al invertir, que la regulación juega un rol importante en la atracción de inversión.

Como se mencionó anteriormente en el apartado de regulación, una primera medida recomendada es la simplificación de permisos y, en general, del costo burocrático que enfrentan las empresas que instalan servicios y equipamiento en la región. Más específicamente, se recomienda simplificar los permisos necesarios para la construcción de infraestructura mediante mecanismos de aprobación tácita o directamente mediante la definición de exenciones para proyectos de menor tamaño.

En esta misma lógica, se recomienda mejorar el acceso a la información y la transparencia mediante la creación de repositorios de información de proyectos de libre acceso, especialmente en cuanto a la infraestructura que puede ser compartida. Además, se recomienda crear portales web que orienten la aplicación del marco regulatorio y la simplificación de los procesos de obtención de recursos públicos.

³³ Véase estudio de Sinergias de Proyectos Digitales en Sudamérica: Industria Digital Inteligente.

Por otra parte, también en línea para facilitar la inversión, el uso compartido de ciertos elementos de la infraestructura puede ser un buen incentivo que facilita el establecimiento de nuevas redes de fibra óptica. En este sentido, instaurar obligaciones a las empresas incumbentes de compartir infraestructura como ductos y postes, de forma similar a cómo lo han hecho varios países de la Unión Europea, es una política que disminuiría los costos de inversión de los entrantes y favorecería la competencia. De esta forma, el uso compartido de infraestructura promueve la competencia de ISPs.

Se estima que este tipo de iniciativas mejora la competitividad del mercado y reduce las barreras de entradas para facilitar la entrada de nuevos actores y mejorar el nivel de inversión general. Cabe destacar que es recomendable revisar este tipo de normativas constantemente ya que deben adecuarse a un mercado altamente dinámico.

9.3. Fortalecer la creación de contenido local

Con el objetivo de incentivar el tráfico de datos y servicios entre la región, es relevante considerar la creación de contenido local como un eje principal en el desarrollo de la industria digital inteligente, potenciada por el cable Humboldt y el desarrollo de un Ecosistema Digital³⁴. Es por ello que se recomienda generar políticas económicas, regulatorias o de otra índole, las cuales impulsen procesos de transformación digital en las industrias locales, aplicando tecnologías habilitadas y/o facilitadas por el cable de Humboldt. Lo anterior, fomenta el desarrollo y fortalecimiento de las economías locales y regionales, utilizando las redes de conexiones descritas en este informe.

Bajo la misma línea, es importante el fomento de *startups* de carácter digital y tecnológico, las cuales son intensivas en el uso de redes y datos tanto de manera local como regional. A modo de ejemplo, se menciona Cornershop en Chile, la cual es intensiva en datos y se encuentra en proceso de expansión regional. También es relevante el caso de Mercado Libre en Argentina, *startup* intensiva en el uso de datos y de presencia en LATAM, la cual se encuentra en constantes procesos de transformación digital³⁵. Por lo general, el impulso al desarrollo de plataformas digitales y a la digitalización de los procesos productivos requerirán un mayor uso de redes y de datos, lo que necesariamente presionará hacia el perfeccionamiento de las redes regionales.

Otro elemento importante a desarrollar a nivel regional es la implementación e impulso de políticas de cooperación entre países, las cuales permitan el transporte de datos a un costo accesible por *startups*. Este tipo de políticas tendría un efecto sobre el fomento al uso de redes locales, transporte de datos y explotación de los contenidos generados localmente. Luego, con un mayor uso de redes locales, mejorar la calidad y reducir costos de transporte de datos.

³⁴ Véase Estudio de Sinergias de Proyectos Digitales en Sudamérica: Industria Digital Inteligente

³⁵ Ídem

9.4. Facilitar la interconexión entre países de la región

Uno de los elementos que se debería analizar a la hora de desarrollar política pública regional, es el fortalecimiento de puntos de interconexión entre países. Esta herramienta podría facilitar el tráfico de datos al interior de la región, haciendo más eficiente el recorrido de estos datos entre redes y facilitando a los ISPs y otros operadores de redes la contratación de servicios con otros mayoristas, poniendo a disposición una mayor cantidad de redes distintas para el transporte de los datos.

Se propone analizar la posibilidad de interconectar redes de distintos países a través de IXPs que actúen agregando la demanda de tráfico de distintos operadores en cada país y facilitando la conexión entre distintas redes. Incentiva a los mayoristas a mantener una conexión con los IXPs porque este agrega la demanda de distintos ISP u otros agentes, reduciendo las barreras para obtener acuerdos de transporte de datos interregionales entre estos.

Facilitar la interconexión puede aportar en términos de eficiencia, sobre todo cuando existe una mayor valoración tecnológica hacia la latencia. Además, la mayor interconexión es una fuerza que presiona a la baja a los precios minoristas. Un ejemplo de fomento a la interconexión es el caso revisado sobre Panamá, en el que un IXP regional permite agregar la demanda de distintos países para conectarse con Norteamérica, obteniendo una disminución de los costos de los operadores al permitirles conectarse a una mayor cantidad de redes³⁶. En el caso Sudamericano y debido a las características geográficas asociadas a la mayor distancia entre los países, favorecer la interconexión entre redes regionales produciría el mismo efecto.

³⁶ Analysys Mason. 2020. Informe para la Corporación Andina de Fomento (CAF): Proyecto Hub Digital Regional en Panamá

10. Conclusiones

El mercado de las telecomunicaciones es altamente dinámico debido al rápido avance de la tecnología. Nuevas redes se van desplegando con el fin de llegar a más personas y robustecer el funcionamiento de internet, mientras que nuevo contenido y servicios digitales son desarrollados para suplir las demandas y necesidades de la población. En este contexto, el cable Humboldt conecta los continentes de Oceanía y Asia con Sudamérica, siendo el primer cable submarino que atraviesa el Océano Pacífico Sur. Su despliegue beneficiará a Chile y los países de la región, pronosticando una mayor inversión en infraestructura digital y una mayor oferta de contenido y servicios digitales, con lo cual, las redes regionales componen un factor clave para el éxito de este proceso.

El levantamiento de información realizado en cuanto al estado de las redes regionales en Sudamérica permite concluir que actualmente existen las rutas suficientes para mover el tráfico que se genera y consume en la región. Además, se concluye que las redes actuales son suficientes, incluso frente al inminente aumento de la demanda que se pronostica generará el cable submarino, lo que se debe, en parte, a la facilidad técnica para aumentar la capacidad de las redes.

Por otra parte, los datos levantados en entrevistas con operadores funcionales muestran una diferencia importante en los precios de transporte de datos entre países de la región utilizando redes locales en comparación a rutas que pasan a través de Estados Unidos. Esta diferencia de precios puede deberse a muchos factores, entre los cuales destaca la madurez de los mercados, siendo que históricamente la generación de contenido y, por ende, la demanda de contenido, es inherente al hemisferio norte y por tanto las conexiones se han desarrollado en esa dirección. En este contexto, el cable Humboldt se presenta como una oportunidad para desarrollar un mercado importante con Asia, el cual es un actor central en la oferta de servicios digitales y contenidos en el mundo, los cuales han presentado una creciente demanda en la región.

Los altos precios que presentan las redes locales no parecen ser un problema hoy, sin embargo, es relevante gestionar y regular el mercado adecuadamente para que, al momento en que se materialice el aumento de la demanda, este responda positivamente y se genere un círculo virtuoso de inversión y desarrollo de las redes en la región.

Para lograr dicho círculo virtuoso, se proponen distintas recomendaciones de política pública. En primer lugar, se recomienda la instalación de puertos espejo, que facilitan las negociaciones de cara a operadores regionales a que puedan cursar tráfico por el cable Humboldt.

En segundo lugar, se recomienda utilizar mecanismos de regulación que incentiven la inversión y conviertan a Sudamérica en un lugar atractivo para empresas de servicios digitales alrededor del mundo. En particular, se propone: simplificar los procesos de permisos de construcción y los costos burocráticos de las inversiones; promover que compartan ciertos elementos de las redes, en el sentido de que los ISP compartan infraestructura para reducir las barreras de entrada y generar un mercado

más competitivo frente al aumento de la demanda, e instaurar sistemas de información accesible y transparente, en donde existan repositorios que faciliten la cooperación y el acceso a beneficios.

En tercer lugar, con el objetivo de incentivar el tráfico de datos y servicios digitales en la región, se propone fomentar la creación de contenido local como eje central para el desarrollo de la industria digital inteligente. Por esto, generar políticas económicas, regulatorias, y de otras índoles permitirá aumentar el tráfico interregional, lo que va en línea con el impulso a las mejoras tecnológicas de las redes regionales.

Finalmente, se recomienda el fomento a la interconexión entre países, lo que facilita la interconexión de ISPs y otros actores, como operadores mayoristas, disponibiliza más alternativas de transporte de datos, y reduce los costos del tráfico de datos.