

Redes

Protocolo Capa 3

Internet Protocol

Ing. Marcelo E. Volpi

Ing. Lucas Giorgi

Ing. Vanesa Llasat

Definición

IP (Internet Protocol) es el protocolo de capa 3 (Red) del modelo OSI, y es responsable de direccionar y enrutar paquetes de datos entre dispositivos en redes IP, incluyendo Internet.

Según el RFC 791 (para IPv4) y el RFC 8200 (para IPv6), IP define cómo debe estructurarse un paquete, cómo se enruta, y cómo se entregan los datos de un punto a otro sin establecer conexión previa (protocolo sin conexión).

Funciones clave de IP

1. Direccionamiento

- Asigna una IP única a cada dispositivo en la red.
- Se combinan con una máscara de subred para definir qué parte es la red y cuál el host.
- Ejemplo: IP 192.168.1.10 con máscara 255.255.255.0 → red 192.168.1.0.

2. Encapsulamiento

- IP recibe datos desde la capa de transporte (TCP, UDP), los empaqueta en un datagrama IP, y lo envía a la capa de enlace (como Ethernet).

Definición

3. Fragmentación

- Si el paquete es muy grande para la MTU del enlace (por ejemplo, Ethernet tiene 1500 bytes), IP puede dividirlo en fragmentos.
- Cada fragmento tiene su propio encabezado.

4. Ruteo (Routing)

- IP se encarga de enviar los paquetes por múltiples redes, tomando decisiones basadas en tablas de enrutamiento.
- Usa protocolos como OSPF, BGP, EIGRP, RIP (en capa 3, junto con IP).

5. Entrega sin conexión ni garantía

- IP es un protocolo no confiable y sin conexión:
 - No garantiza que el paquete llegue.
 - No asegura orden ni integridad.
- Por eso se usa junto con TCP (que sí garantiza entrega) cuando es necesario.

Redes IP

Contexto Histórico

Necesidad de interconectar redes (años 70). Con el paso del tiempo, surgieron diversas redes que empleaban distintas tecnologías: redes de satélite, radio, redes cableadas, entre otras. Esto planteó la necesidad de un mecanismo estándar que permitiera la comunicación entre redes heterogéneas. Así nació el concepto de "internetworking" o interconexión de redes, que daría lugar a la arquitectura de Internet.

Nacimiento de TCP/IP (1973–1981): En 1973, los investigadores Vinton Cerf y Robert Kahn desarrollaron un protocolo unificado denominado TCP (Transmission Control Protocol), que inicialmente incluía tanto funciones de transporte como de red. Con el tiempo, se reconoció la necesidad de separar estas funciones, y en 1978 TCP fue dividido en dos protocolos distintos:

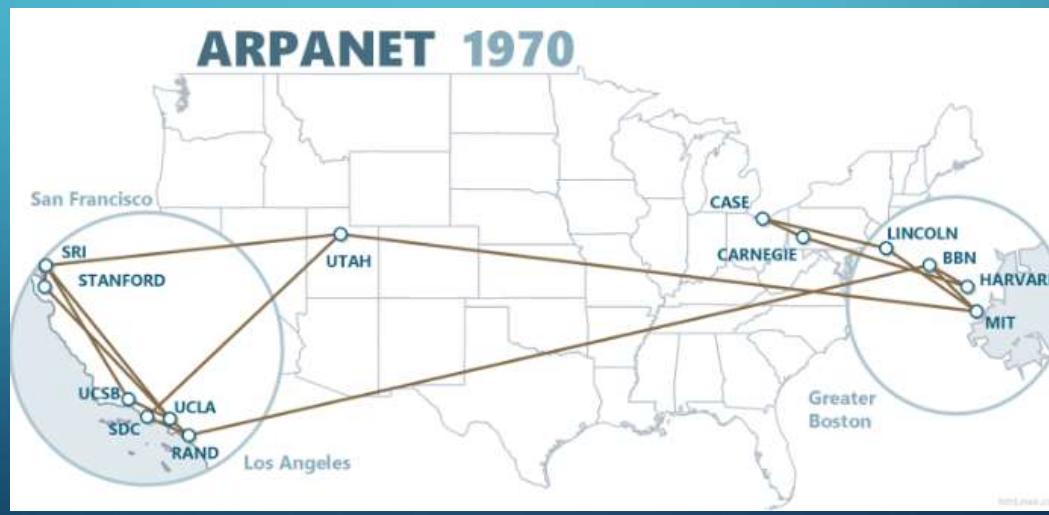
- TCP: responsable del control de la transmisión y de garantizar la entrega de los datos.
- IP: encargado del direccionamiento y enrutamiento de los paquetes sin garantizar su entrega.

Redes IP

Contexto Histórico

Publicación de IP y adopción por ARPANET:

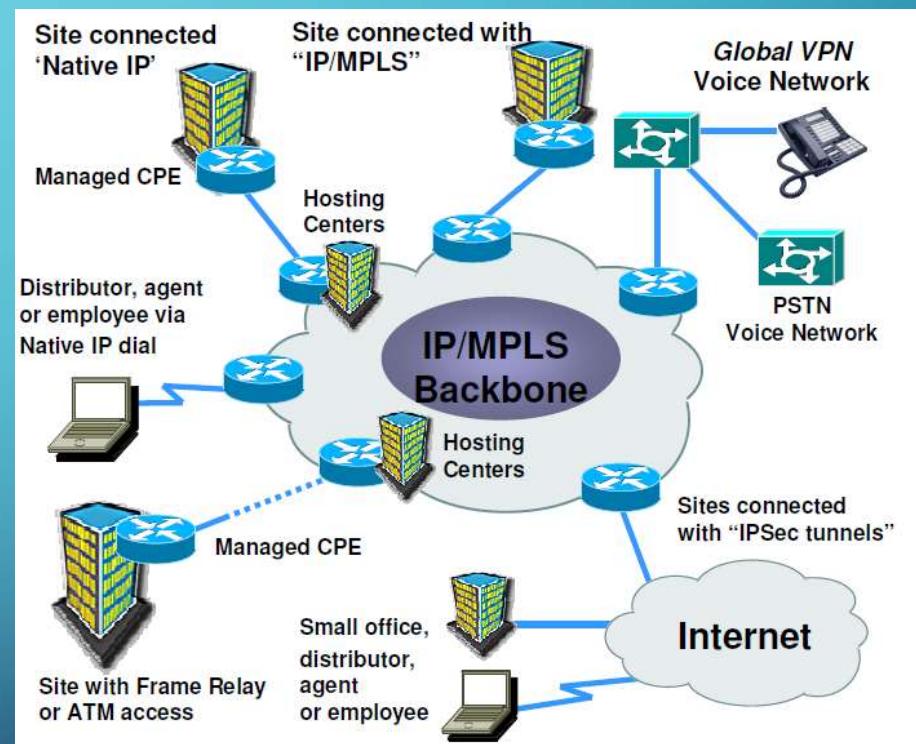
La especificación formal del protocolo IP fue publicada en 1981 bajo la RFC 791, introduciendo la versión conocida como IPv4. Esta versión se convirtió en el estándar dominante durante décadas. El 1 de enero de 1983, ARPANET adoptó oficialmente TCP/IP como protocolo único para sus comunicaciones, marcando el nacimiento de lo que hoy conocemos como Internet.



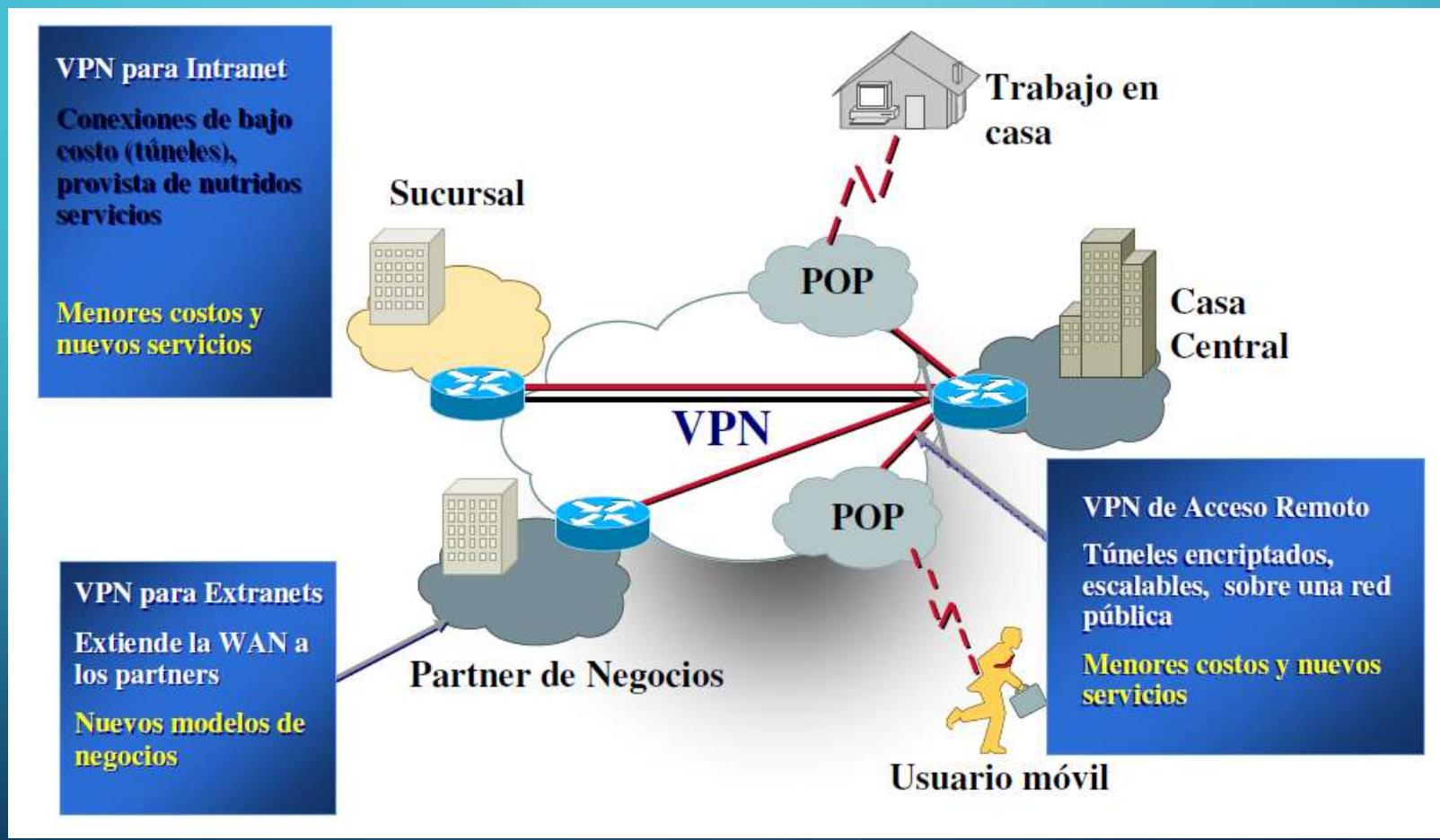
Redes IP

Hay dos tipos:

- Pública es aquella que se asigna a un dispositivo para que pueda ser identificado en Internet. Es única a nivel mundial y permite que cualquier equipo o servidor que la posea pueda ser localizado desde cualquier parte del mundo.
- Privada es aquella que se utiliza dentro de una red local (LAN), como por ejemplo en una oficina o escuela. No es válida para comunicarse directamente en Internet, ya que está reservada para entornos privados. También se aplica a nivel WAN con soluciones de VPN IP.



Redes IP – VPN IP



Encapsulamiento

El protocolo IP, como protocolo de capa 3 (modelo OSI), puede ser transportado sobre capas inferiores como ser ATM o Transmisión (ej. SDH/SONET). Esto ofrece eficiencia, confiabilidad, y gestión de la red vs. escalabilidad.

Ejemplos de encapsulado IP sobre capas inferiores:

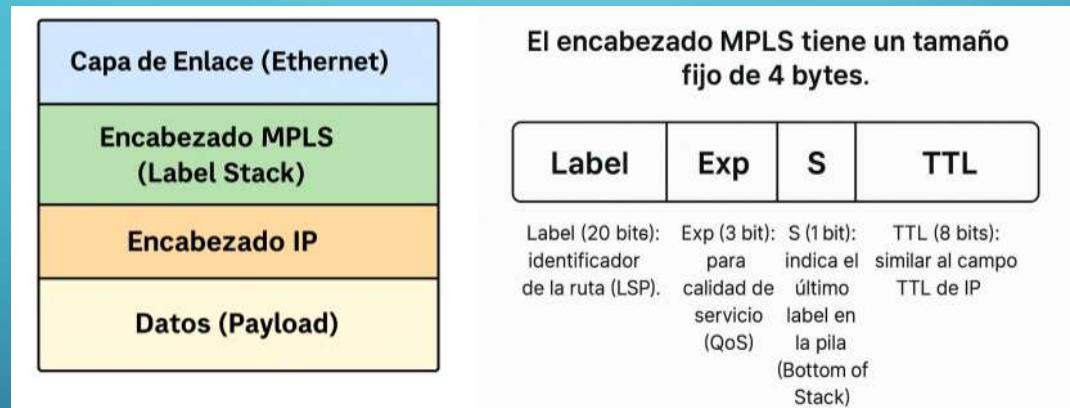
Transporte físico/lógico	Encapsulamiento sobre IP	Uso común
Ethernet	Trama Ethernet (802.3)	LAN, WAN
MPLS	Label Stack antes de IP	WAN, core IP
ATM	Celdas fijas de 53 bytes	Redes legacy de carriers
POS (Packet over SONET/SDH)	IP directamente sobre HDLC o PPP sobre SONET	Redes de backbone óptico

Encapsulamiento

1) IP/MPLS (Multiprotocol Label Switching)

MPLS es una tecnología de conmutación de etiquetas que actúa entre las capas 2 y 3 del modelo OSI. No reemplaza al protocolo IP, sino que lo encapsula añadiendo un encabezado especial de etiqueta (label) que permite un reenvío más eficiente dentro del núcleo de la red.

El esquema de encapsulamiento típico de IP sobre MPLS es el siguiente:



- Rendimiento: permite reenviar paquetes con mayor rapidez, sin examinar la dirección IP.
- Escalabilidad: admite múltiples etiquetas (label stack), facilitando VPNs, ingeniería de tráfico.

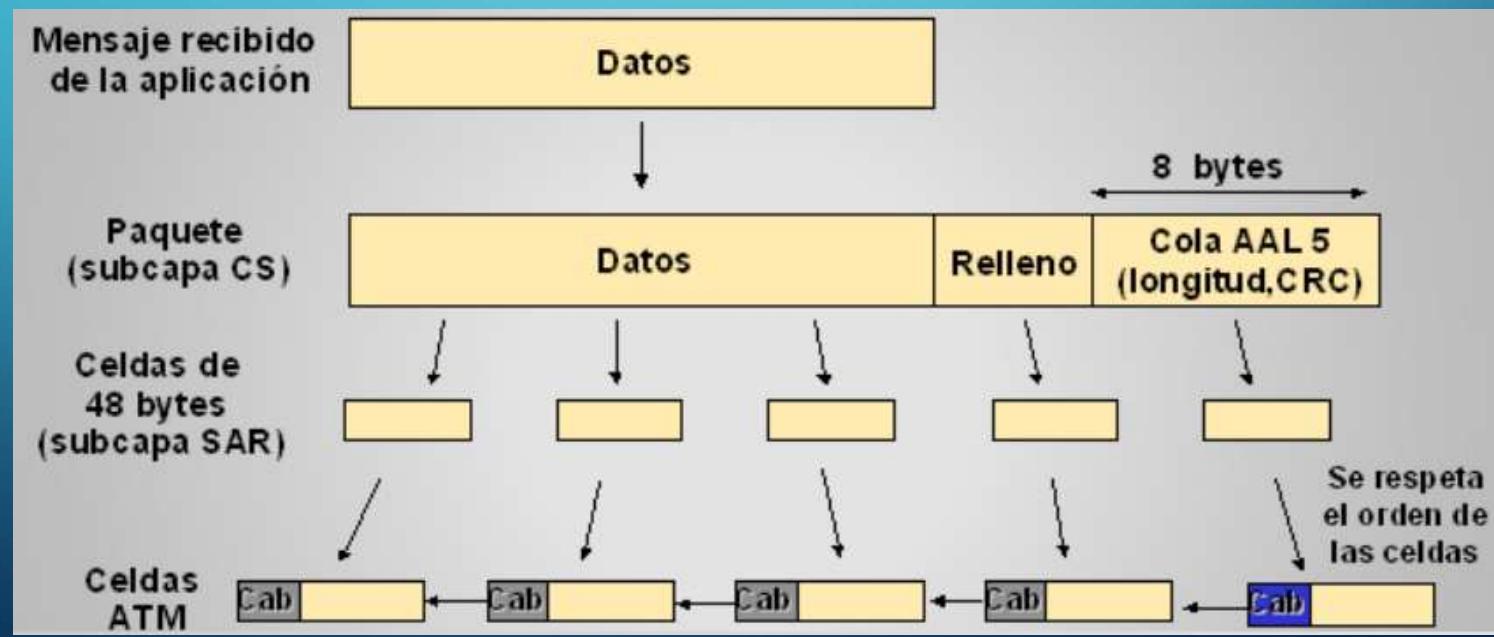
Encapsulamiento

2) IP/ATM (Asynchronous Transfer Mode)

ATM es una tecnología orientada a conexión que divide los datos en celdas fijas de 53 bytes. Fue ampliamente utilizada en redes de operadores y acceso DSL. Para transportar IP sobre ATM, se requiere una capa de adaptación, usualmente AAL5 (ATM Adaptation Layer 5).

Existen varios Adaptation Layer acorde a lo que se precise: AAL1 para servicios CBR, AAL2 para VBR y AAL5 se utiliza para IP sobre ATM.

El encapsulamiento IP sobre ATM con AAL5 se compone de:



Encapsulamiento

IP sobre ATM (Asynchronous Transfer Mode)

- Cada celda ATM contiene:
 - Encabezado ATM (5 bytes): incluye identificadores de circuito virtual (VPI/VCI).
 - Carga útil (48 bytes): fragmento AAL5.
- La PDU (Protocol Data Unit) de AAL5 empaqueta un datagrama IP y se divide en múltiples celdas.

Características

- Eficiencia fija: tamaño constante de celdas optimizado para tráfico de voz/datos.
- Fragmentación a nivel de enlace: los paquetes IP grandes se dividen en varias celdas y se reensamblan en el destino.
- Complejidad de gestión: requiere mantenimiento de circuitos virtuales (VCs) y adaptación de protocolos.

Encapsulamiento

3) IP/POS (Packet over SONET/SDH)

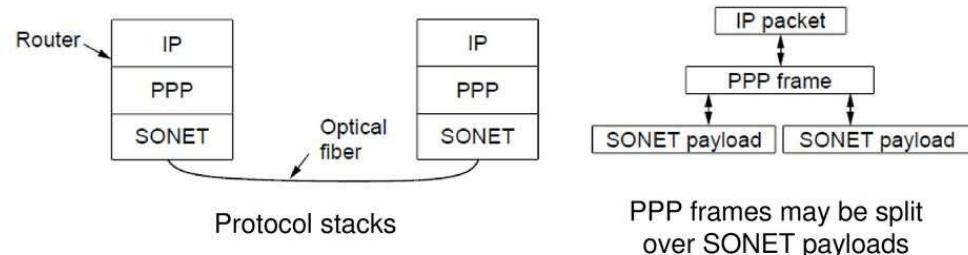
POS (Packet over SONET/SDH) es una técnica utilizada para transportar paquetes IP directamente sobre redes ópticas de alta capacidad. A diferencia de Ethernet o ATM, POS utiliza una capa de enlace mínima (típicamente PPP o HDLC) y transmite el tráfico directamente sobre la capa física SONET / SDH.

El esquema de encapsulamiento es el siguiente:

Packet over SONET

Packet over SONET is the method used to carry IP packets over SONET optical fiber links

- Uses PPP (Point-to-Point Protocol) for framing



Encapsulamiento

- SONET/SDH proporciona sincronización, multiplexación y framing a nivel óptico.
- PPP (Point-to-Point Protocol) encapsula el paquete IP y añade funcionalidades como autenticación, compresión o negociación de protocolos. En algunos casos también se emplea HDLC como mecanismo de framing básico.

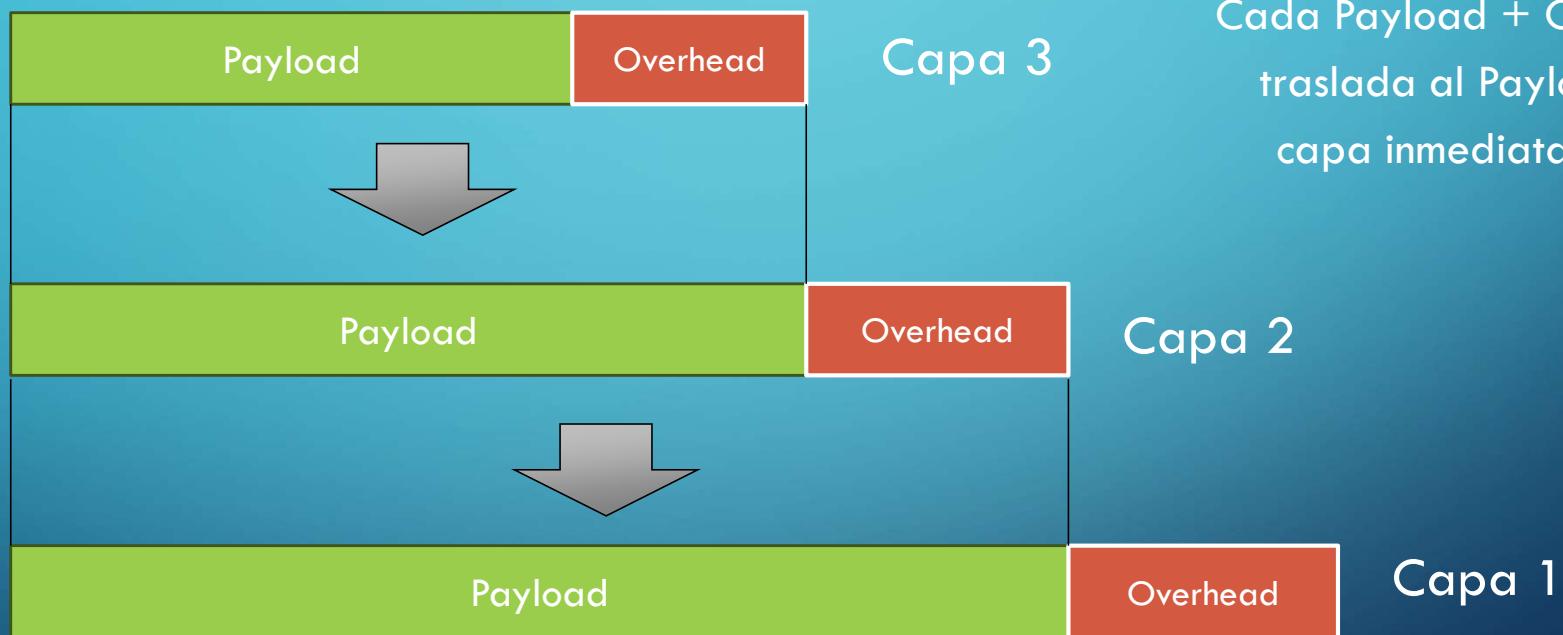
Características

- Alta eficiencia: se reduce el overhead al mínimo necesario.
- Sin direccionamiento MAC: es una conexión punto a punto, no se requiere este tipo de direccionamiento.
- Fiabilidad: inherente a la arquitectura SONET/SDH y su capacidad de recuperación ante fallas.

Aplicaciones

- Enlaces backbone de operadores y proveedores de Internet (OC-3, OC-12, OC-48).
- Transmisión de datos IP a través de infraestructura óptica con mínima latencia.
- Ambientes donde se requiere gran ancho de banda con bajo retardo.

Encapsulamiento



Cada Payload + Overhead se
traslada al Payload de la
capa inmediata inferior.

Peering y Tránsito IP

El crecimiento exponencial de Internet ha requerido el desarrollo de métodos eficientes para interconectar redes y transportar datos entre ellas. Entre los mecanismos más importantes para lograr esta conectividad global se encuentran el peering y el tránsito IP. Ambos conceptos describen formas en que los proveedores de servicios de Internet (ISP), grandes empresas, centros de datos y otras redes intercambian tráfico entre sí.

Peering IP: Es un acuerdo entre dos redes para intercambiar tráfico directamente, sin necesidad de pagarle a un tercero por el transporte de datos. Se trata de una relación entre iguales (peer significa "igual" en inglés), donde cada parte se beneficia al reducir costos y mejorar el rendimiento.

Los beneficios y características de peering son:

- Permite reducir costos, mejorar la latencia y descongestionar enlaces internacionales.
- Los participantes pueden hacer peering público (compartido entre muchos) o peering privado.
- Intercambio de datos sin costo monetario directo entre dos redes (en la mayoría de los casos).
- Se establece por medio de enlaces físicos (como cables de fibra óptica) en puntos de intercambio de Internet (IXP, por sus siglas en inglés).
- Mejora la latencia y la eficiencia, ya que el tráfico toma rutas más cortas.
- Normalmente se utiliza entre redes de tamaño similar.

Peering y Tránsito IP

Tránsito IP

El tránsito IP es un servicio fundamental en el funcionamiento de Internet. Consiste en la provisión de acceso a toda la red global mediante un proveedor de Internet de mayor jerarquía, que transporta el tráfico de una red (cliente) hacia el resto de Internet.

En términos simples, cuando una red no puede llegar directamente a todos los destinos en Internet (como ocurre con la mayoría de las redes pequeñas y medianas), necesita contratar tránsito IP a un proveedor que sí tenga conexiones globales.

Características técnicas del tránsito IP:

- Utiliza BGP (protocolo de enrutamiento) para el intercambio de rutas entre el proveedor y el cliente.
- La red cliente anuncia su bloque de direcciones IP públicas al proveedor.
- El proveedor anuncia todas las rutas de Internet al cliente.
- Se cobra normalmente en función del ancho de banda contratado, medido en Mbps o Gbps.
- Los contratos incluyen parámetros como SLA (Service Level Agreement) que garantizan niveles de disponibilidad, latencia, jitter, y pérdida de paquetes.

Sistemas Autónomos

Un Sistema Autónomo (AS) es un conjunto de redes cuya administración está realizada por una misma entidad.

Ejemplo: los Carriers tienen su propio AS sobre los cuales se solicitan las direcciones.

Cada AS tiene un número único (ASN). Los routers de distintos AS se comunican mediante el protocolo BGP (Border Gateway Protocol). Esto hace que se pueda enrutar el tráfico global de Internet.

Política de enrutamiento: Posee reglas propias para decidir cómo manejar y enrutar el tráfico. Posee independencia operativa, administra sus propias rutas y direcciones IP. Puede conectarse con otros AS por medio de Peering o Tránsito IP. Permite gestionar redes complejas y conectividad internacional .

Tipos de Sistemas Autónomos

- AS de proveedor de servicios (ISP): ofrecen conectividad a otros AS o a usuarios finales. Ej.: Telecom Argentina, Movistar, IPLAN.
- AS de contenido o empresa: grandes organizaciones que manejan mucho tráfico, como Google, Facebook o Netflix.
- AS académicos o institucionales: universidades o redes científicas, como universidades nacionales.

Sistemas Autónomos

AS number details

AS3269

Telecom Italia S.p.A. · telecomitalia.com

📍 Italy 🇮🇹 torrent mobile

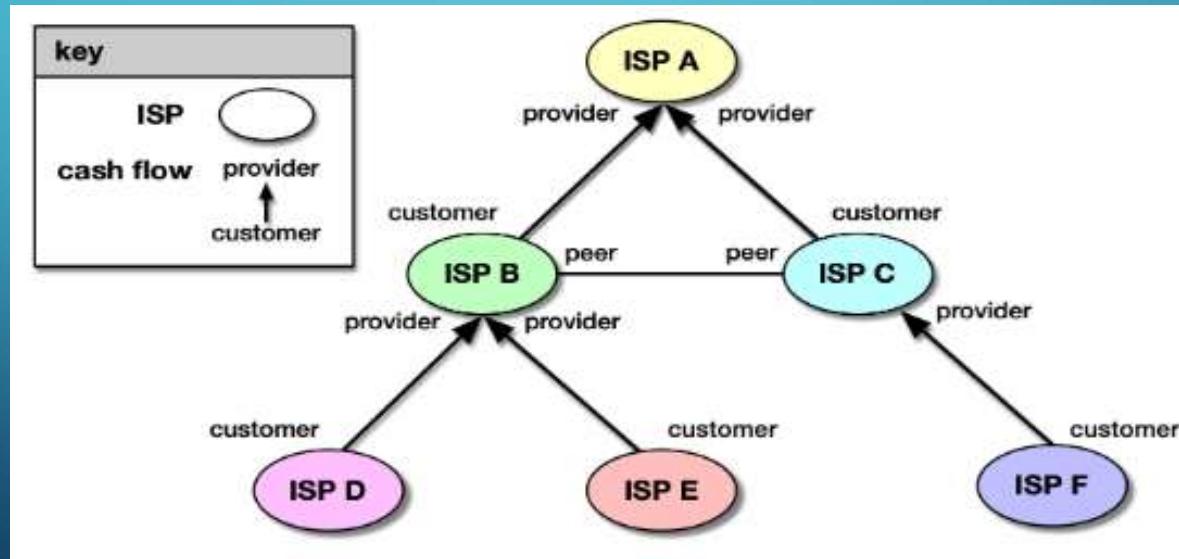
Summary	Need more data or want to access it via API or data downloads? Sign up to get free access	Sign up for free >
IP Ranges	AS3269 – Telecom Italia S.p.A.	
WHOIS	Country	🇮🇹 Italy ⓘ
Hosted Domains	Website	telecomitalia.com
Peers	Hosted domains	14,089
Upstreams	Number of IPv4	20,772,608
	Number of IPv6	3.25×10^{32}
	ASN type	ISP



Sistemas Autónomos

Tipos de relaciones de los AS: Los AS en la parte inferior del gráfico, D, E y F, son clientes de los que están inmediatamente por encima (B y C).

Los AS B y C en tanto son además clientes del AS A, siendo este proveedor de servicios sin tener ningún atributo como cliente. Ej. De ello son los Carriers americanos como Verizon, etc.



Sistemas Autónomos

Rango	ASN	Nombre / Organización	País
1	AS3356	Level 3 Parent, LLC	EE. UU.
2	AS174	Cogent Communications	EE. UU.
3	AS2914	NTT Communications	Japón
4	AS15169	Google LLC	EE. UU.
5	AS32934	Facebook, Inc.	EE. UU.
6	AS16509	Amazon.com, Inc.	EE. UU.
7	AS8075	Microsoft Corporation	EE. UU.
8	AS1239	Sprint Communications Company L.P.	EE. UU.
9	AS6939	Hurricane Electric LLC	EE. UU.
10	AS15133	EdgeCast Networks, Inc.	EE. UU.

Sistemas Autónomos Regionales

1. UNE EPM Telecomunicaciones (Colombia) – ASN 13489 – Customer Cone ~5,500
2. Tigo (América Central y Sudamérica: Guatemala, El Salvador, Honduras, Nicaragua, Costa Rica, Panamá, Paraguay, Bolivia, Ecuador) – ASN 27699 – Customer Cone ~36,000
3. Claro Brasil (América Latina) – ASN 7224 – Customer Cone ~12,000
4. Telefónica (Movistar, varios países LATAM) – ASN 12956 – Customer Cone ~10,500
5. Vivo / TIM Brasil – ASN 7303 / 7497 – Customer Cone ~9,000
6. CNT / Ecuador – ASN 7223 – Customer Cone ~7,500
7. Entel / Chile y Bolivia – ASN 37689 / 28547 – Customer Cone ~6,500
8. Antel / Uruguay – ASN 7473 – Customer Cone ~5,000
9. Telecom Argentina / Fibertel – ASN 7303 – Customer Cone ~4,800
10. Otras regionales (Pequeños ISPs LATAM consolidados) – Varias – Customer Cone ~4,000–5,000

Sistemas Autónomos

Factores predominantes para visibilidad global de un AS

1. Infraestructura global:

Empresas con gran capilaridad de red, centros de datos distribuidos y puntos de presencia (PoPs) tienen mayor capacidad para garantizar servicios de baja latencia y alta disponibilidad.

Ejemplo: Level 3 (ahora parte de Lumen Technologies).

2. Número de Sistemas Autónomos (AS):

Cada empresa opera uno o más AS, y su calidad puede medirse por la cantidad de prefijos IP anunciados, el número de peers y la estabilidad de sus rutas. Empresas con alta visibilidad como Google (AS15169) tienen una presencia destacada en casi todos los puntos de interconexión globales (IXP).

3. Participación en puntos de intercambio (IXP)

Una empresa que participa activamente en IXPs puede reducir los tiempos de tránsito entre redes, mejorando la calidad del servicio.

4. Métricas de BGP Visibility: Herramientas como "CAIDA AS Rank" o "BGPStream" permiten medir la visibilidad global de un AS observando desde cuántos puntos se puede ver su actividad BGP.

5. Tiempo de actividad (Uptime): SLA del 99.99% o superior, indica una infraestructura resiliente.

Sistemas Autónomos

AS 27747: Telecentro

País: Argentina.

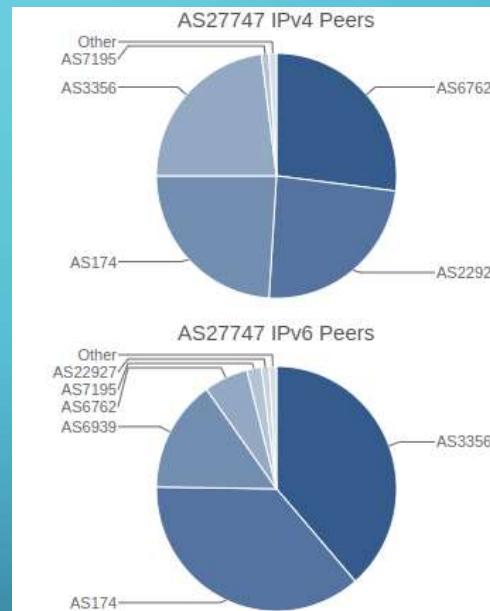
Proveedor de Internet: ISP

El gráfico presenta dos secciones:

- Relaciones de pares (peers) IPv4 del AS27747
- Relaciones de pares (peers) IPv6 del AS27747

Peer BGP es otro AS con el cual se intercambia información de rutas directamente. Este intercambio se hace por medio de sesiones BGP y se puede dar por motivos como:

- Redundancia.
- Interconexión directa para mejorar performance.
- Evitar el tránsito de terceros (ahorro de costos).



ASN	Name
AS6762	TELECOM ITALIA SPARKLE S.p.A.
AS22927	Telefonica de Argentina
AS174	Cogent Communications
AS3356	Level 3 Parent, LLC
AS7195	EDGEUNO S.A.S

ASN	Name
AS3356	Level 3 Parent, LLC
AS174	Cogent Communications
AS6939	Hurricane Electric LLC
AS6762	TELECOM ITALIA SPARKLE S.p.A.
AS7195	EDGEUNO S.A.S
AS22927	Telefonica de Argentina

Sistemas Autónomos

Tipos de Routing IP

- Enrutamiento estático:

Las rutas se configuran manualmente por un administrador de red. Es simple y funciona bien en redes pequeñas, pero no se actualiza automáticamente si hay cambios.

- Enrutamiento dinámico:

Los routers se comunican entre sí para intercambiar información sobre las rutas y actualizar sus tablas automáticamente. Esto hace que se adapten mejor a cambios o fallos en la red, siendo ideal para redes grandes o complejas.

Corolario: Sin el enrutamiento, los datos no sabrían cómo llegar a su destino. Gracias a este proceso, es posible navegar por Internet, enviar correos, usar redes sociales o acceder a servicios en la nube, aunque el servidor esté ubicado en otra parte del mundo. El enrutamiento IP también permite que las redes sean escalables, es decir, que puedan crecer y adaptarse sin perder eficiencia en la transmisión de datos.