



# Tomografía de Internet: medición de tráfico y su relación con la topología

Facultad de Ingeniería - Universidad de Buenos Aires  
Lunes 20 de Abril de 2020

Autor: Ing. Esteban Carisimo

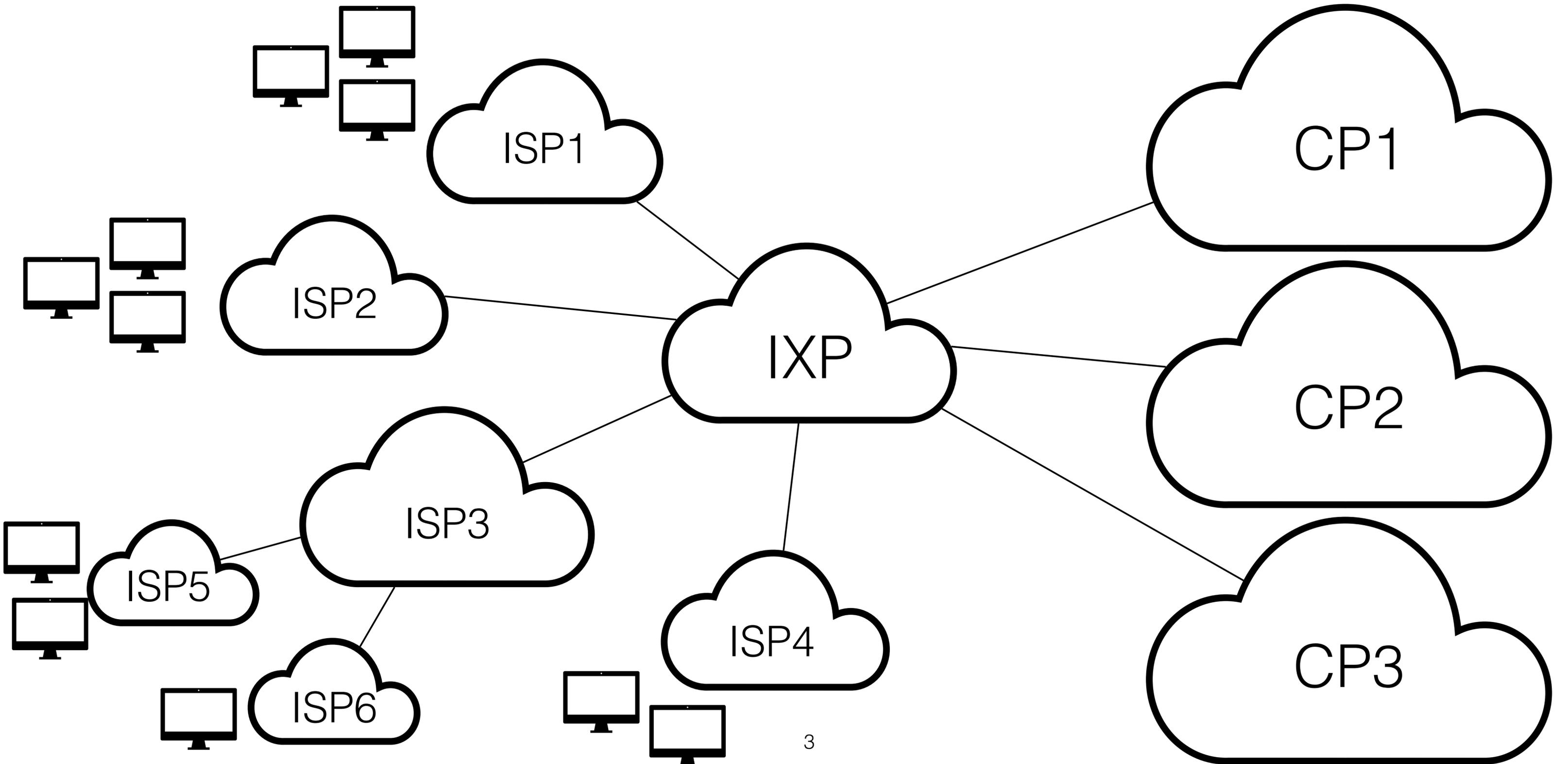
Director: Dr. J. Ignacio Alvarez-Hamelin (UBA-CONICET)

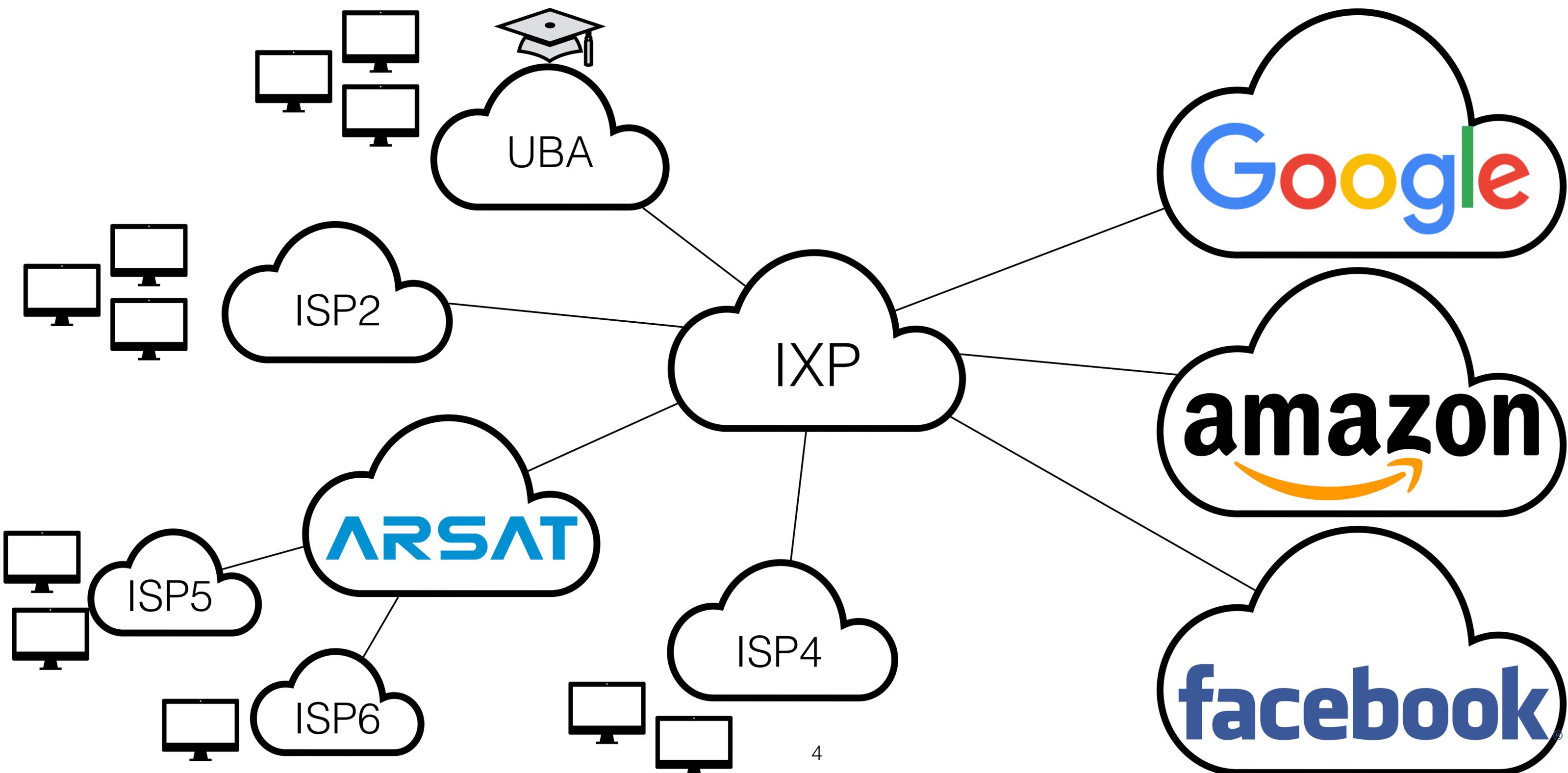
Co-Director: Dr. Amogh Dhamdhere (CAIDA/UCSD)

# Hipótesis a probar

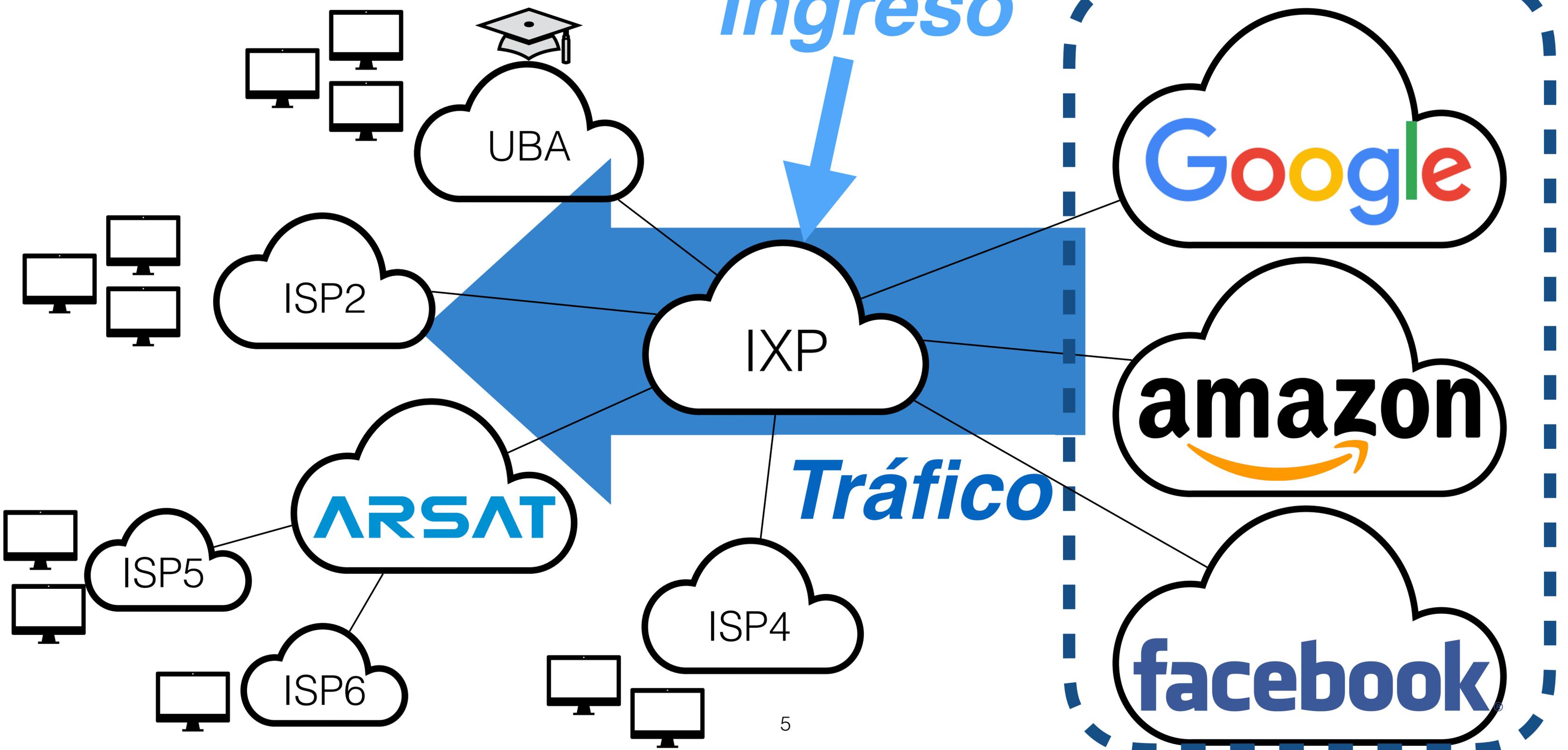
*¿los CPs reconfiguraron la topología de Internet alterando los principales puntos de entrega de tráfico?*

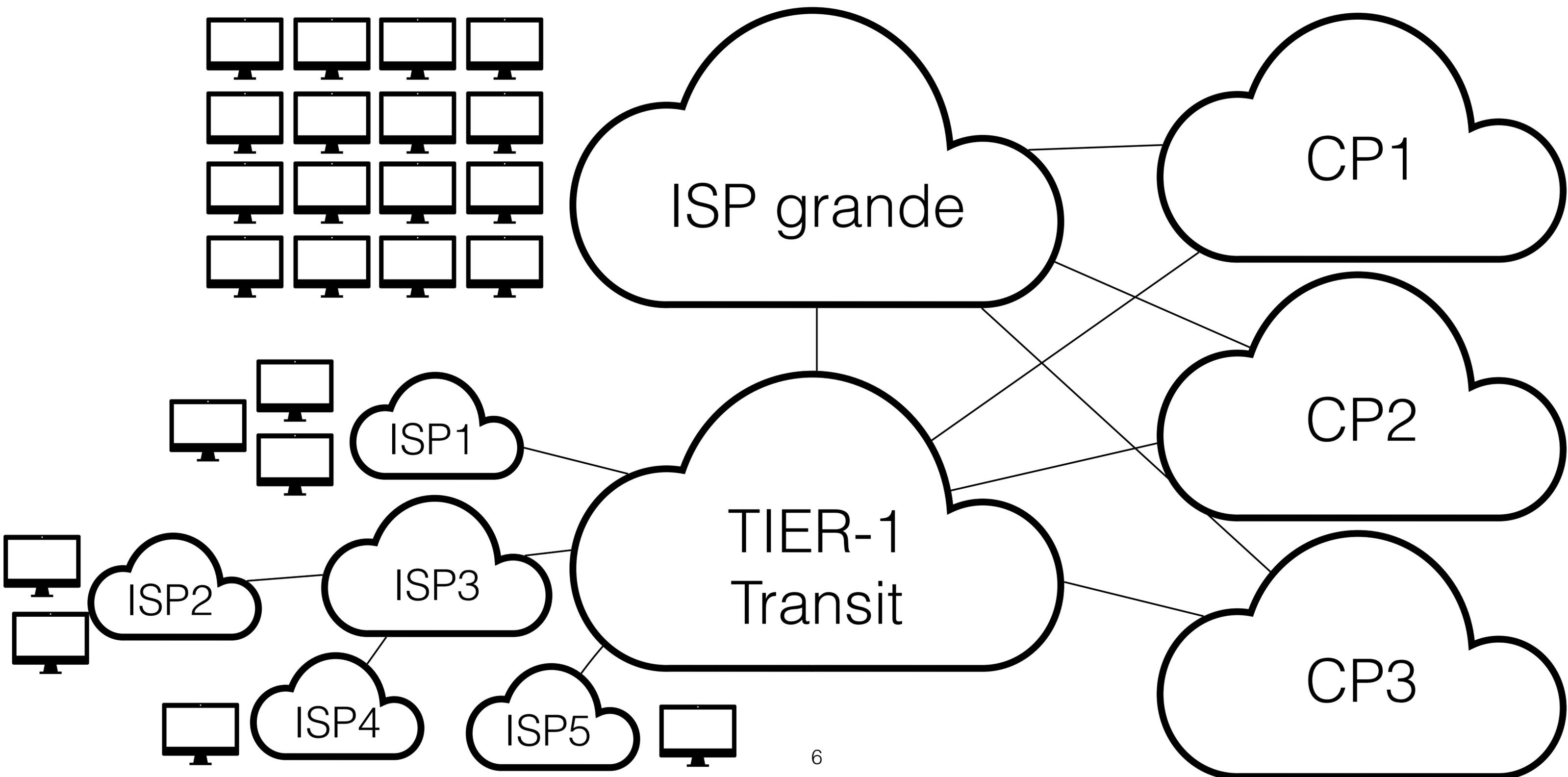
*Tomografía de Internet: medición de tráfico y su relación con la topología*

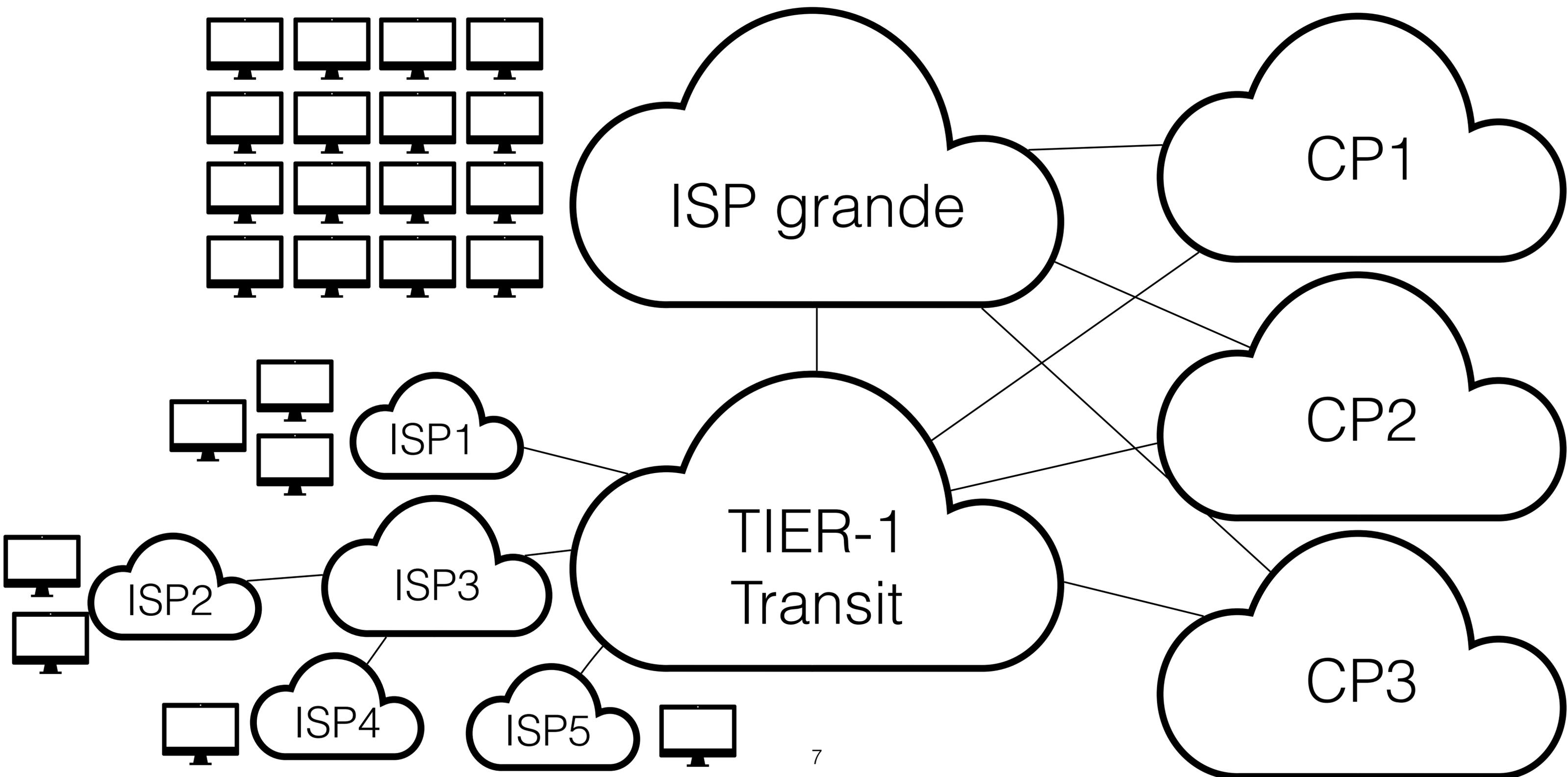


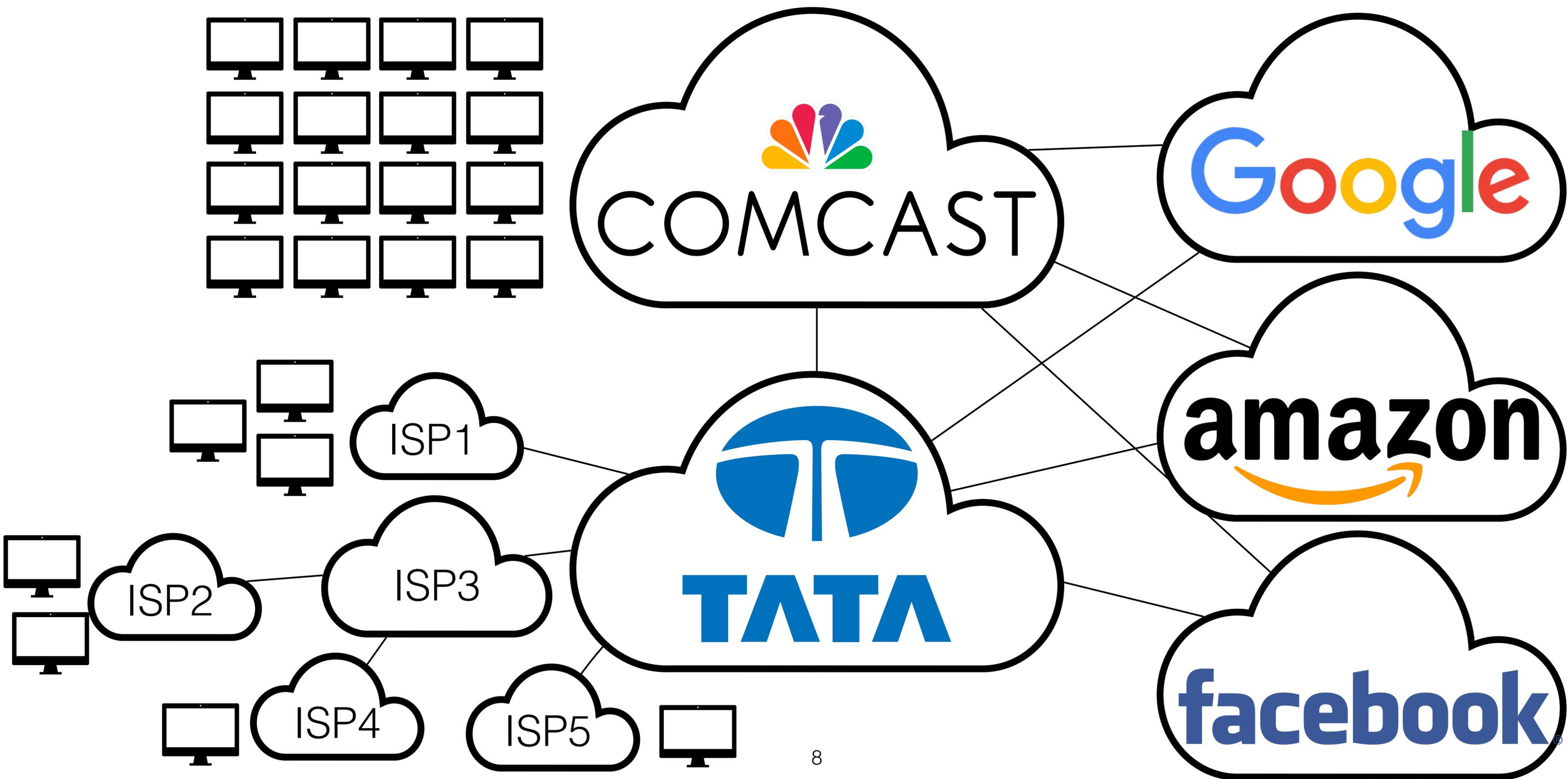


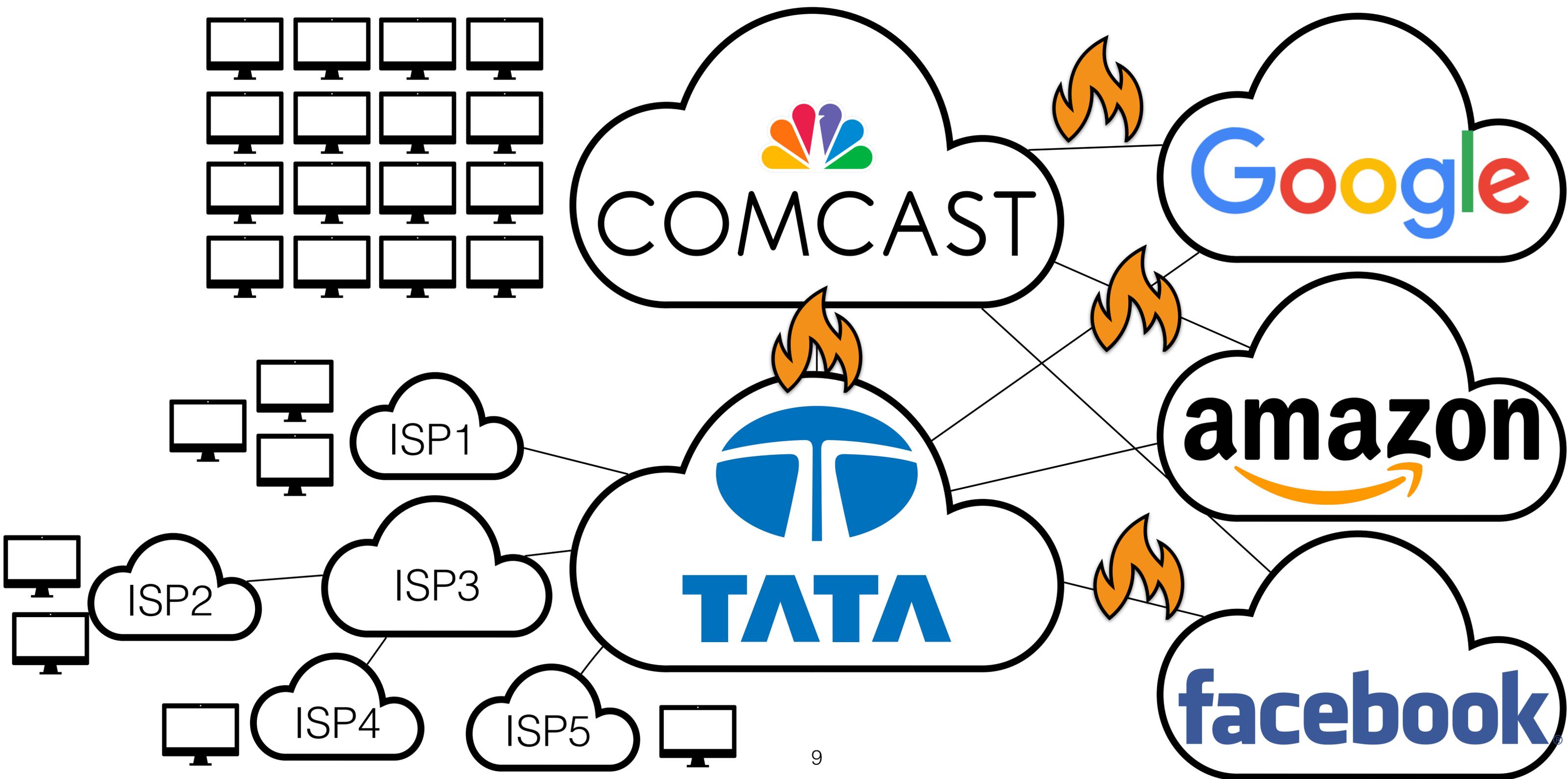
*Punto de ingreso* *Generadores*











# Preguntas a resolver

- 1) A nivel topológico, ¿Cómo es la infraestructura desde la cual los CPs sirven su tráfico?
- 2) ¿Qué papel han jugado los IXPs en LatAm en el acceso al contenido?
- 3) ¿Qué consecuencias ha traído el crecimiento de tráfico multimedia a la infraestructura de EE.UU.?

# Los CPs en la transformación de la estructura de la red

# Motivaciones

## Google and Netflix Make Land Grab On Edge Of Internet

---

Many of these deals are secret, but Deepfield Networks knows of about 40 companies that are setting up their own content delivery networks with service providers, according to Craig Labovitz. But he's bound by non-disclosure agreements, and can't name names.

*Junio de 2012*

# Motivaciones

## Apple, Microsoft And Facebook Bring More Traffic To In-House CDNs, Impacting Akamai's Media Business

Oct. 28, 2015 11:24 AM ET | About: [Akamai Technologies, Inc. \(AKAM\)](#), Includes: [AAPL](#), [FB](#), [LLNW](#), [LVLT](#), [MSFT](#)

 **This article is exclusive for subscribers.**



**Dan Rayburn** 

Research analyst, streaming and online video

[StreamingMedia](#) 

**Follow**

(857 followers)

# Motivaciones

## APNIC

[Get IP](#) ▾ [Manage IP](#) ▾ [Training](#) ▾ [Events](#) ▾ [Research](#) ▾ [Com](#)

### The death of transit?

By [Geoff Huston](#) on 28 Oct 2016

Category: [Tech matters](#)

Tags: [ISPs](#), [data centres](#), [peering](#)

12 Comments

[Like](#) 277 [Share](#)

[Tweet](#) [Pocket](#)



 Is there light at the end of the tunnel for transit providers?

I was struck at a [recent NANOG meeting](#) just how few presentations looked at the ISP space and the issues relating to ISP operations, and how many were looking at the data centre environment.

# Interrogantes

## **Conectividad**

- ¿Cuáles son los ASes más densamente conectados?
- ¿Cómo identificarlos?

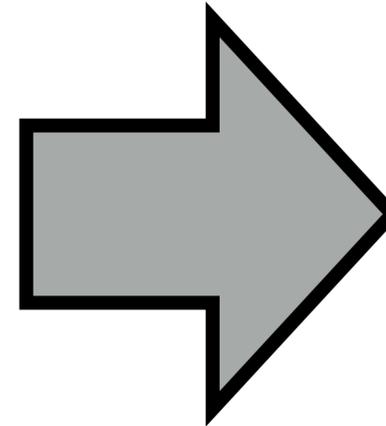
## **CPs y conectividad**

- ¿Los CPs famosos operan redes densamente conectadas?
  - ▶ ¿Desde cuándo?
  - ▶ ¿Qué las impulsó a realizar ese despliegue?
- ¿Este fenómeno también se observa en otros CPs?
  - ▶ ¿o tercerizan?

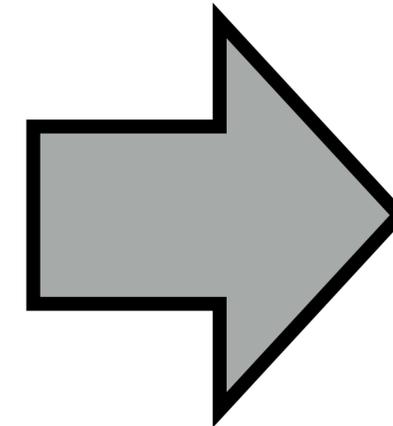
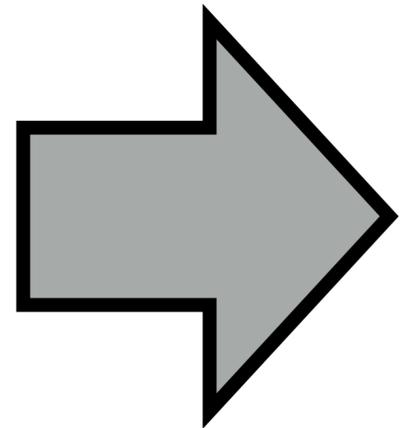
# Datos y metodología



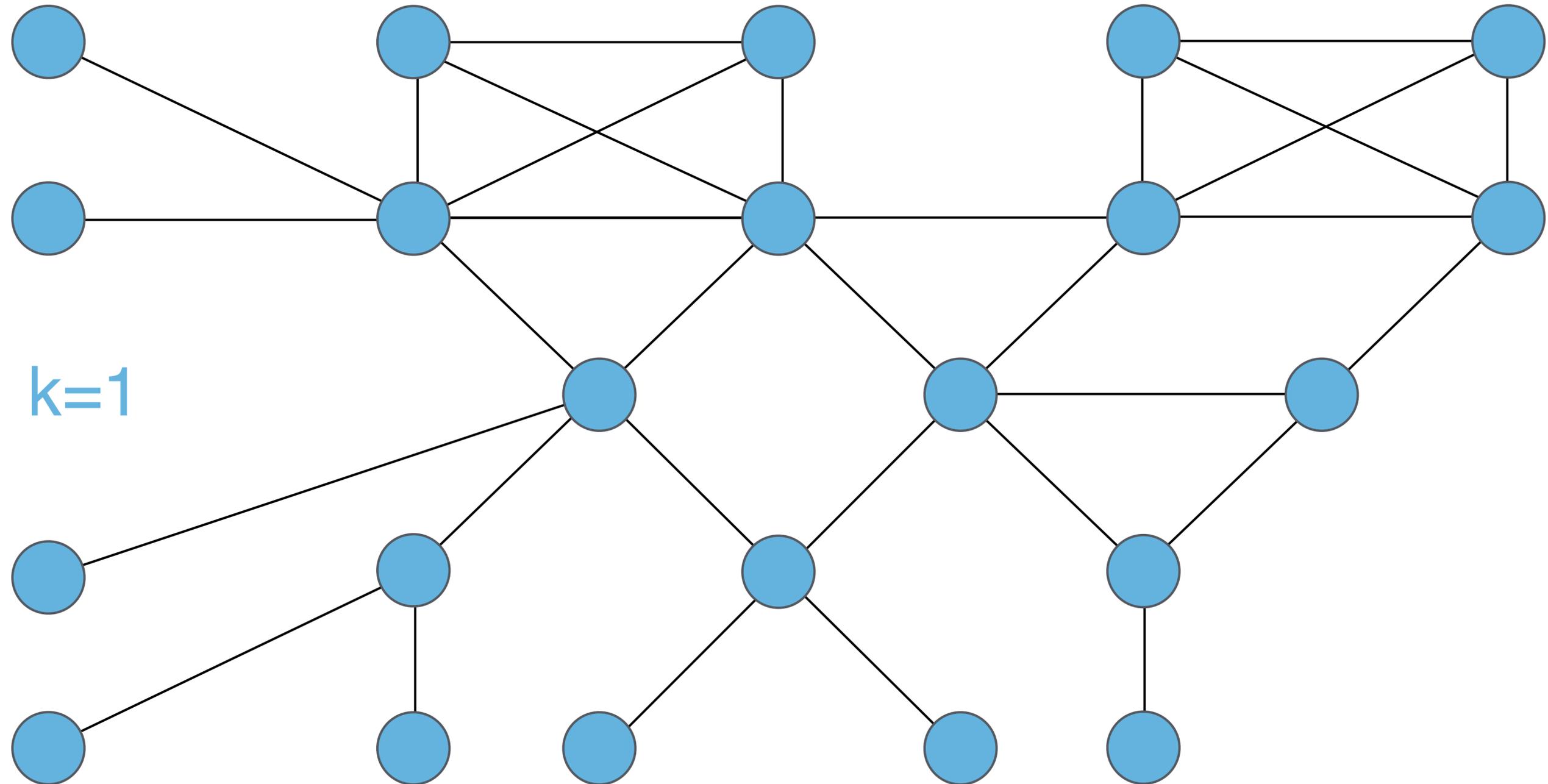
RIPE  
RIS



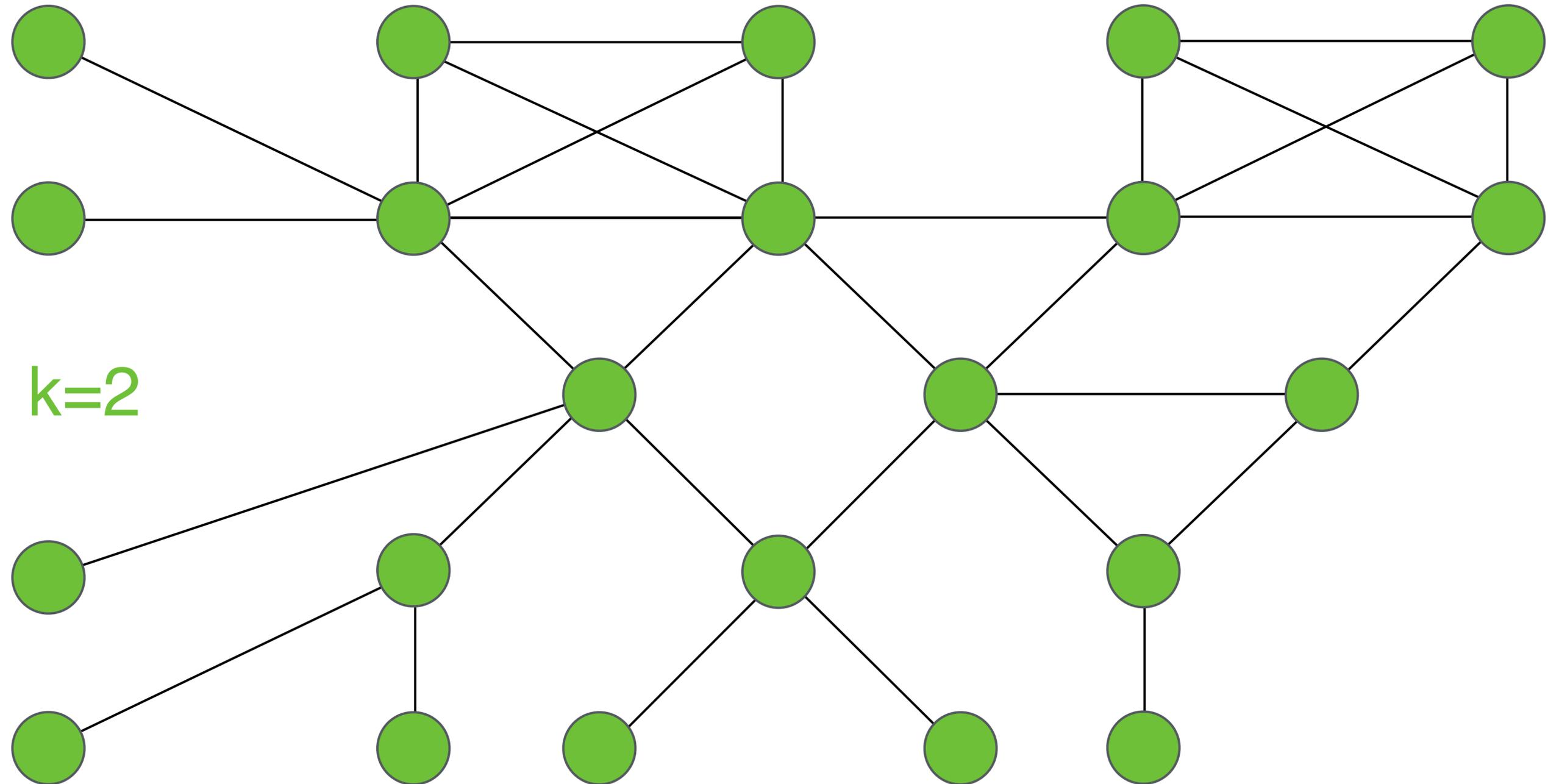
Descomp.  
en k-  
núcleos



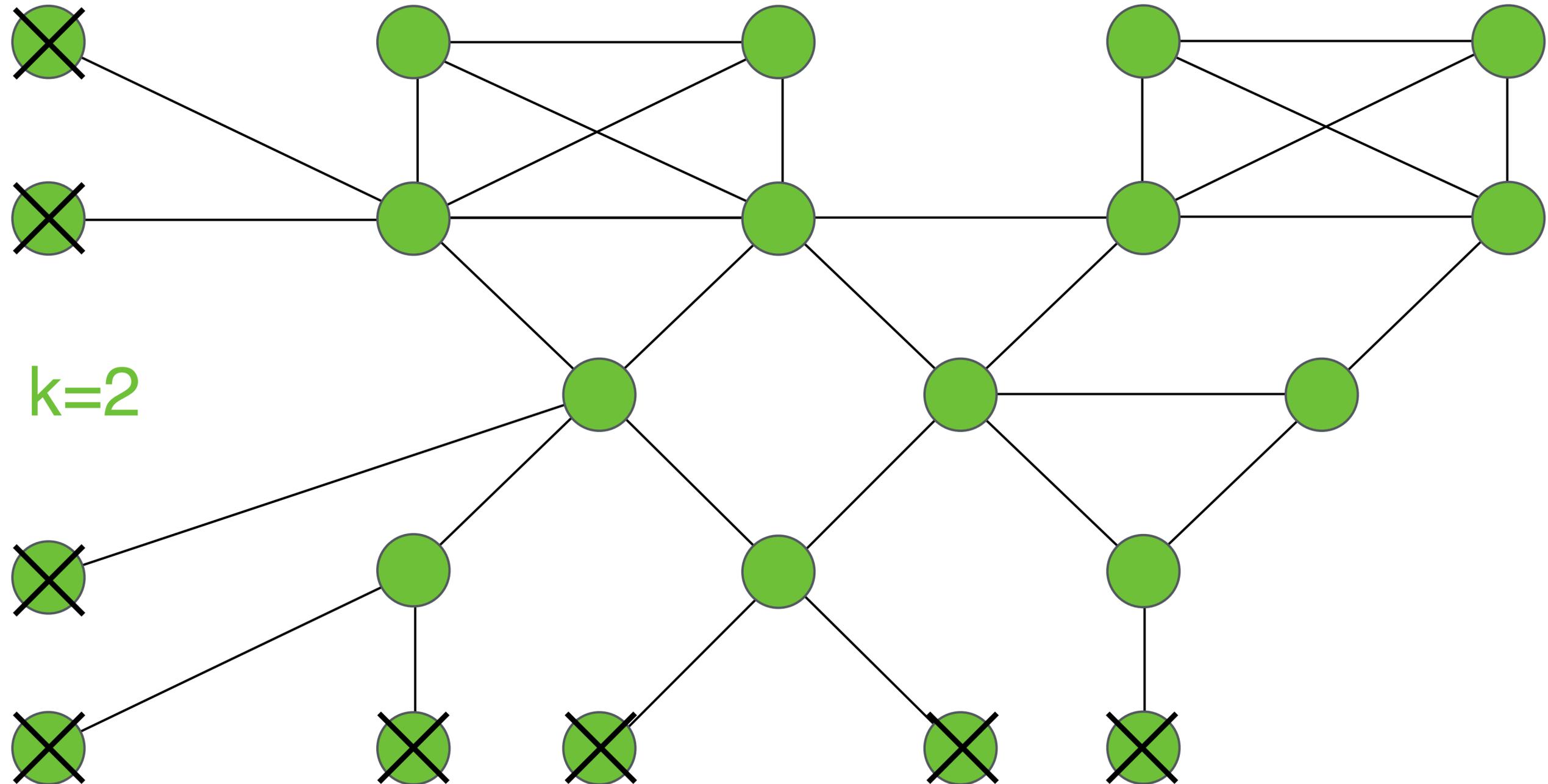
# Descomposición en k-núcleos



# Descomposición en $k$ -núcleos

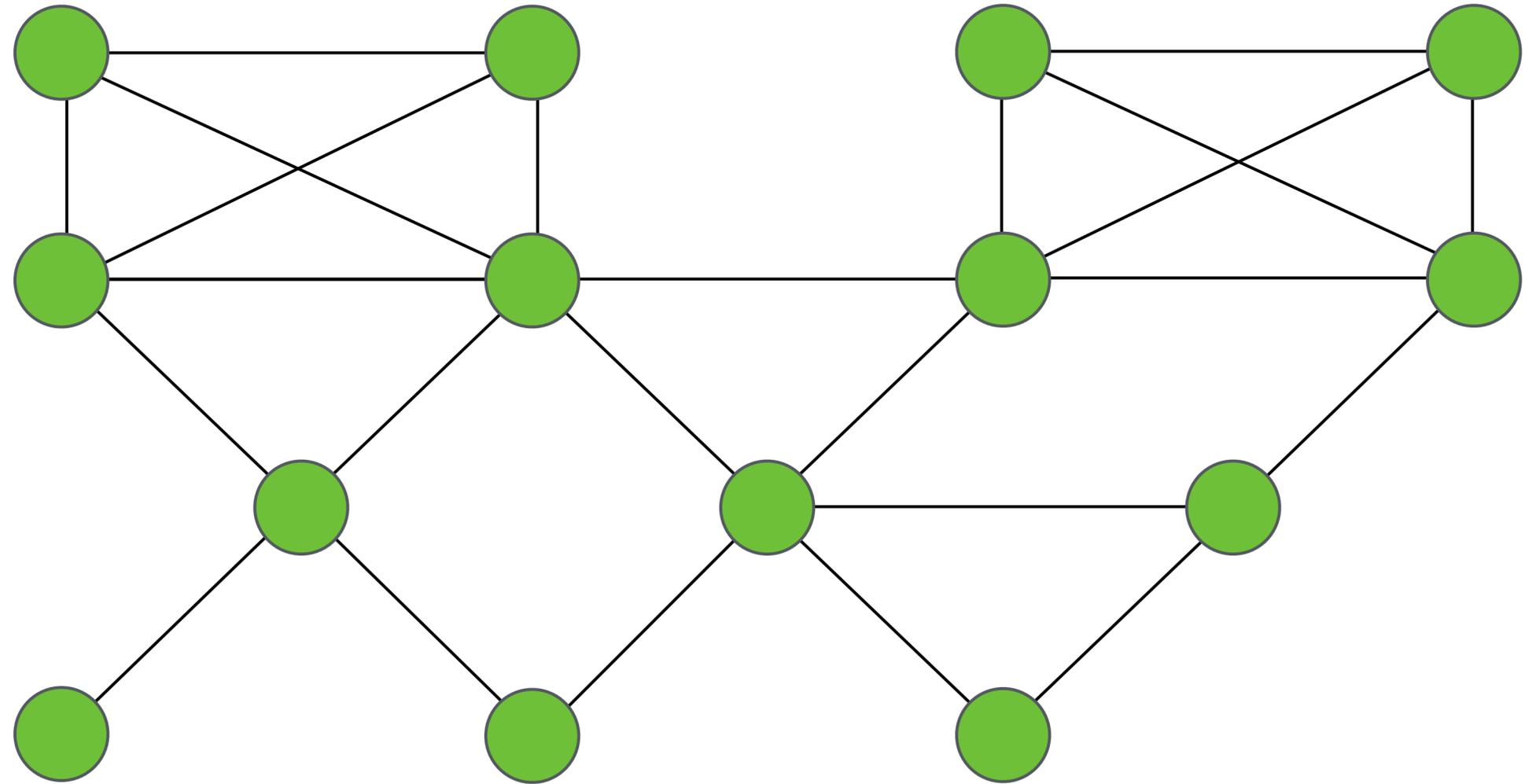


# Descomposición en k-núcleos



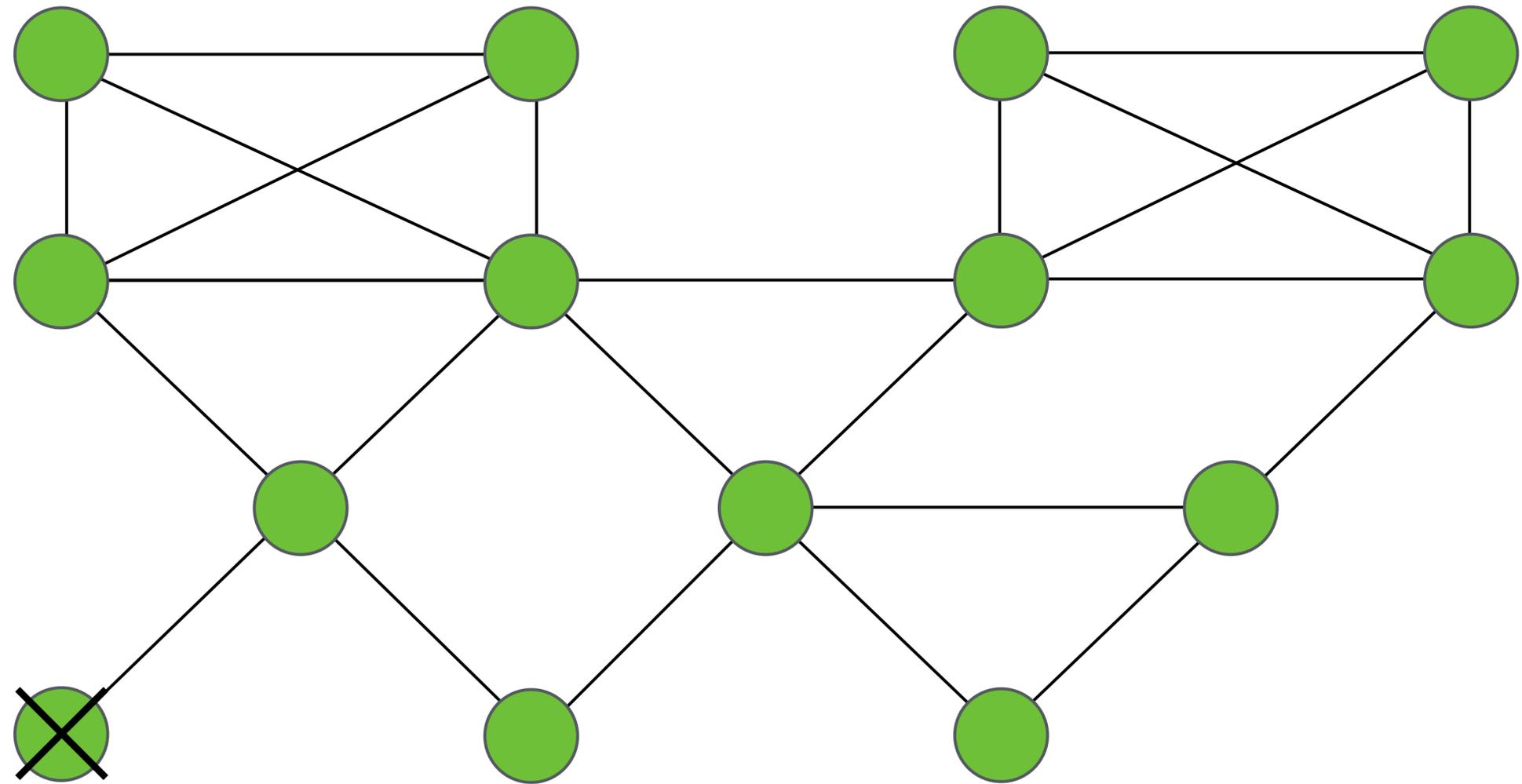
# Descomposición en $k$ -núcleos

$k=2$



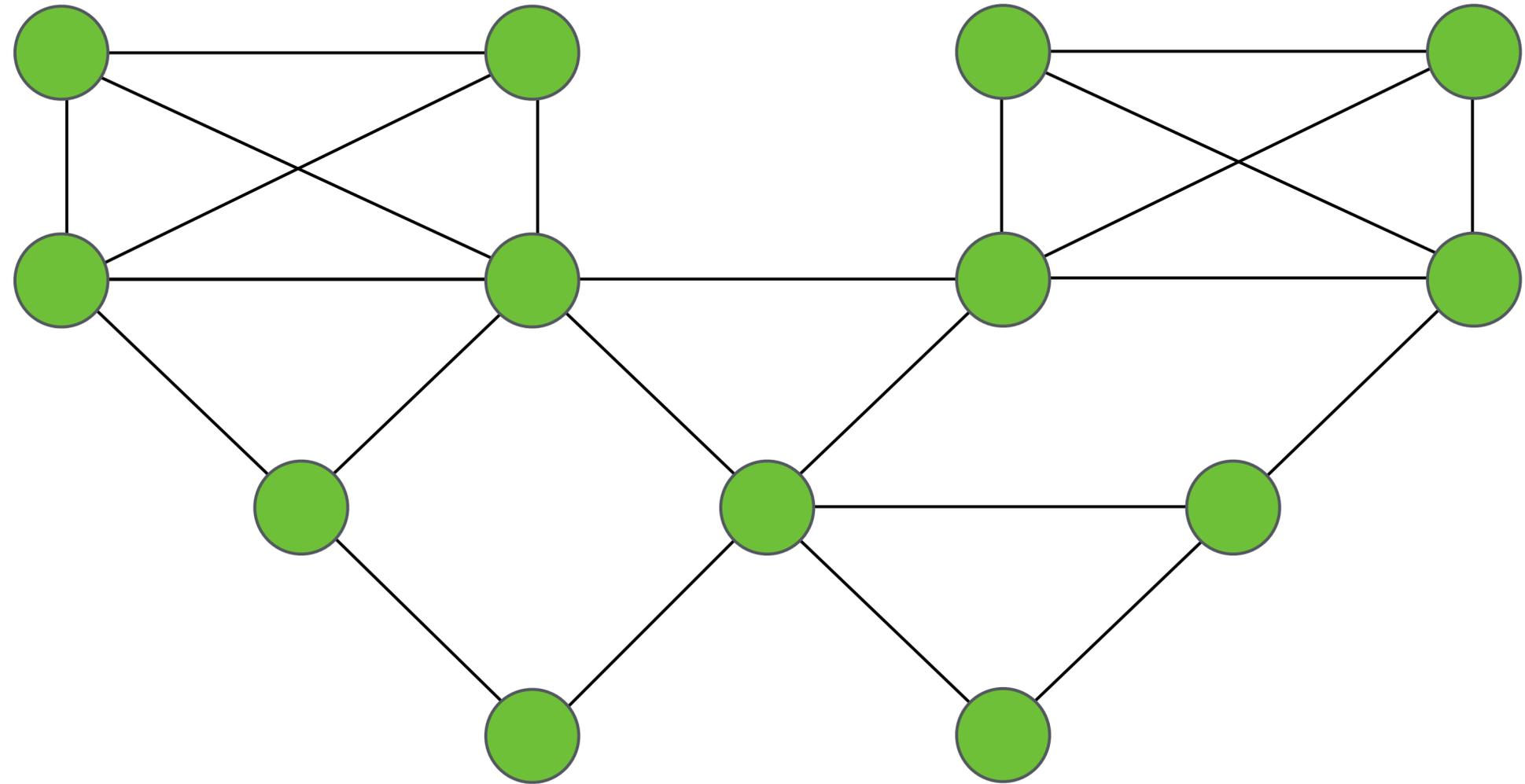
# Descomposición en $k$ -núcleos

$k=2$

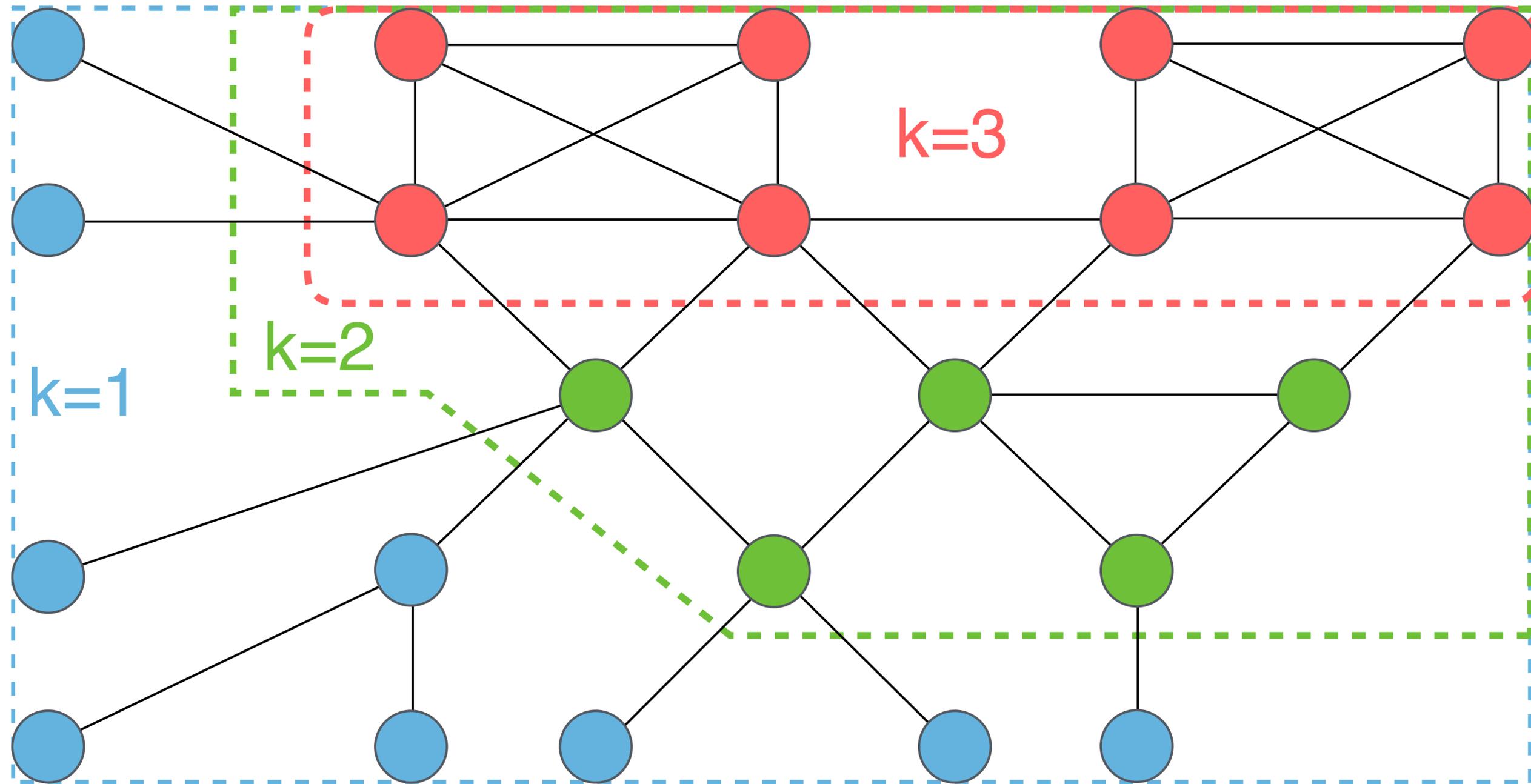


# Descomposición en $k$ -núcleos

$k=2$



# Descomposición en k-núcleos



# k-núcleos: Definiciones y conclusiones

## **Definición**

*Un k-núcleo de un grafo  $G$  es el subgrafo inducido maximal en el que todos los vértices tienen al menos un grado  $k$*

## **En otras palabras**

*Un nodo estará en el k-núcleo  $k$ , si tiene al menos  $k$  aristas con  $k$  nodos en el mismo núcleo*

# k-núcleos y la red de ASes

## **Objetivo principal**

*Develar el grupo de ASes más conectados entre sí (TOPcore)*

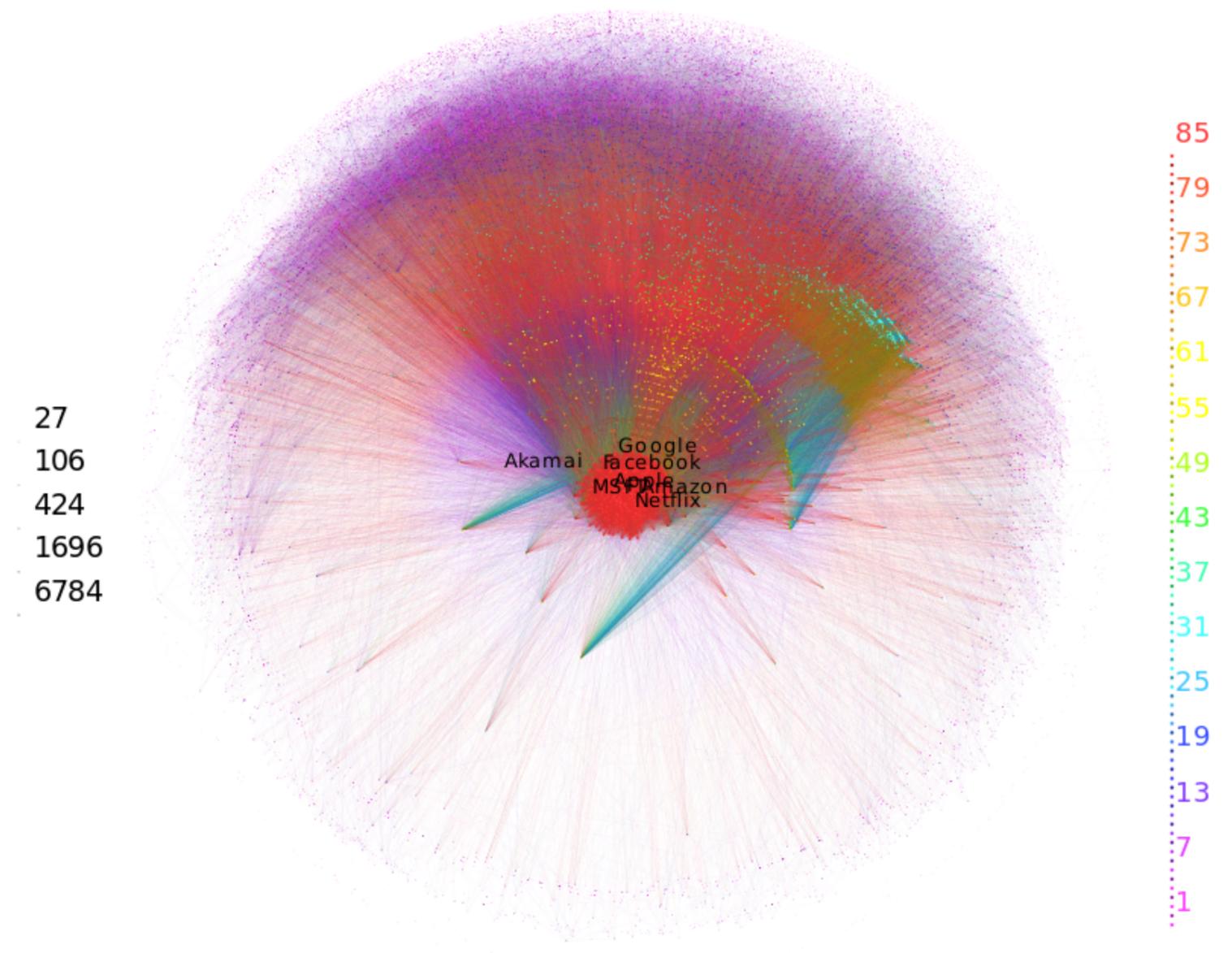
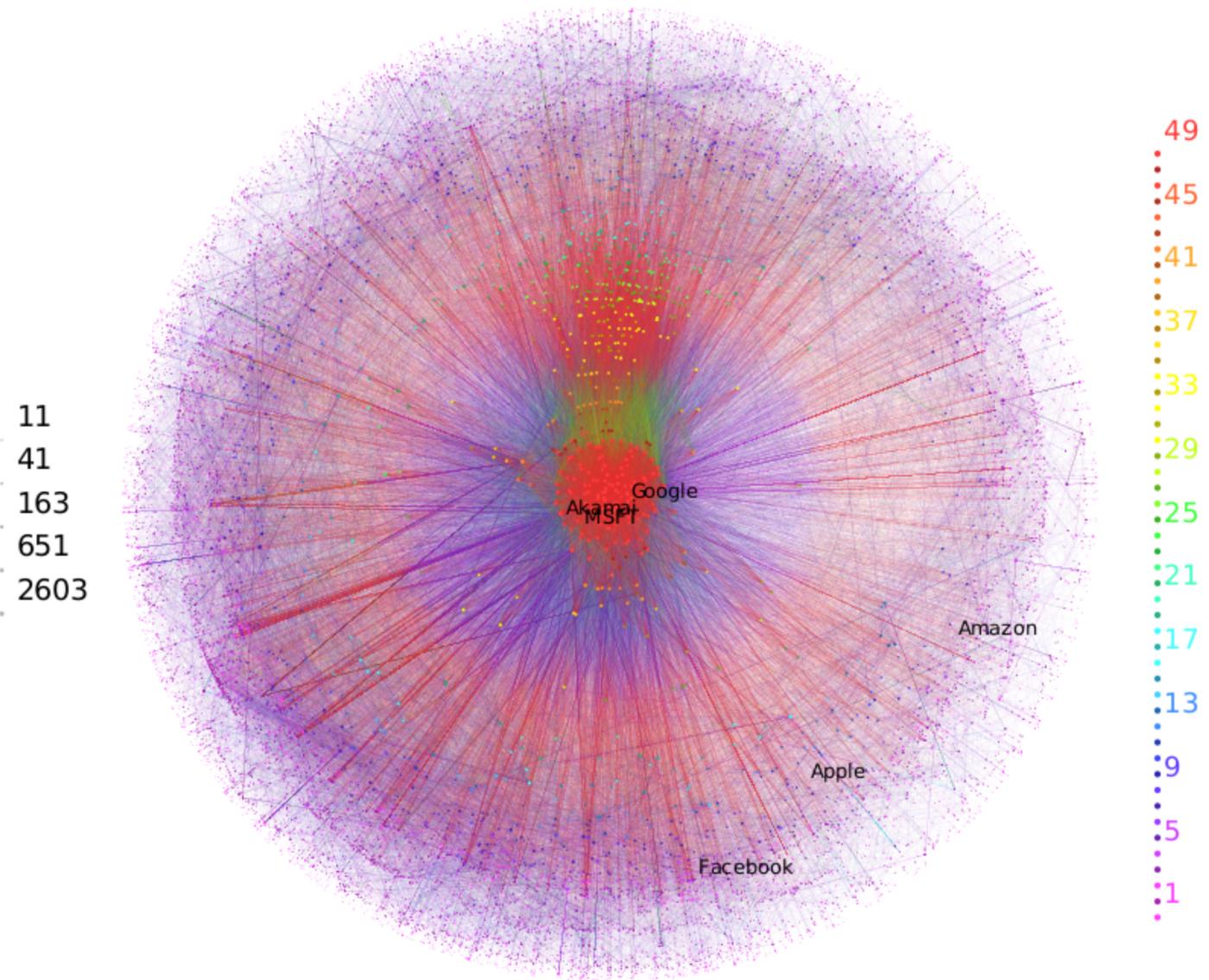
## **Posibilidades para integrar el TOPcore**

- Desplegar un proveedor de tránsito de gran alcance
- Ser cliente de un gran número de TP del TOPcore
- Desplegar una CDN

# Evolución de los Big Seven

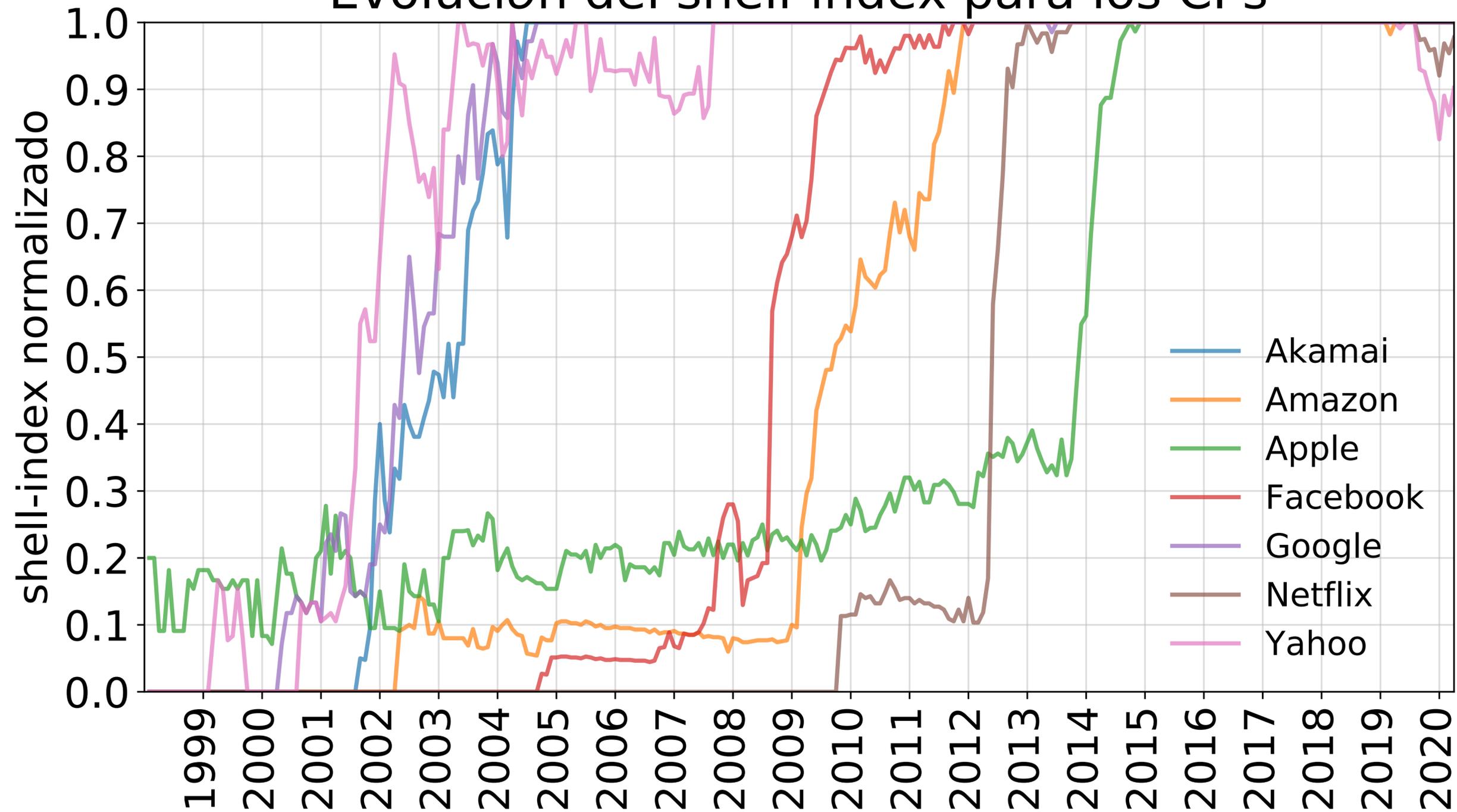
oct-2006

oct-2016

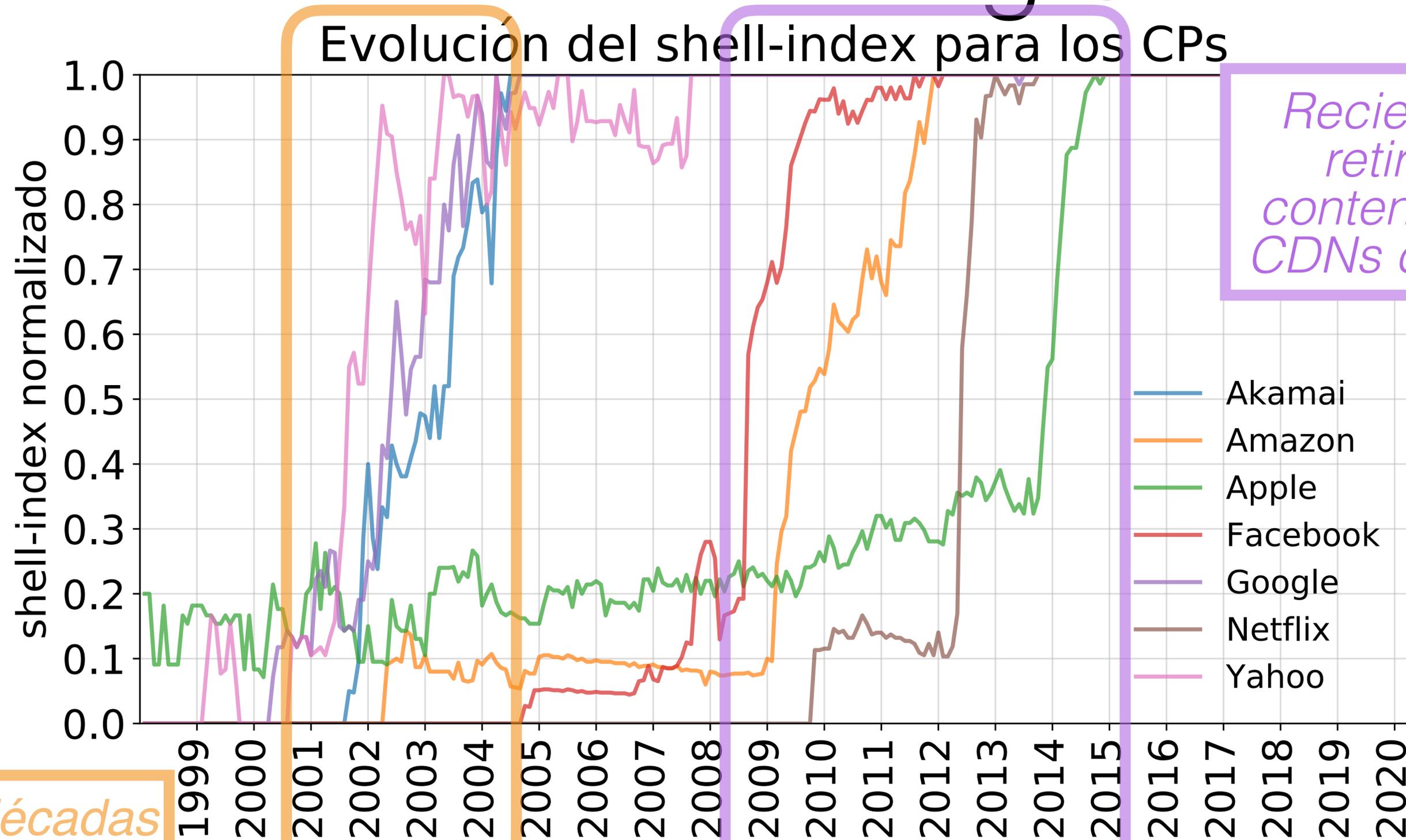


# Evolución de los Big Seven

Evolución del shell-index para los CPs

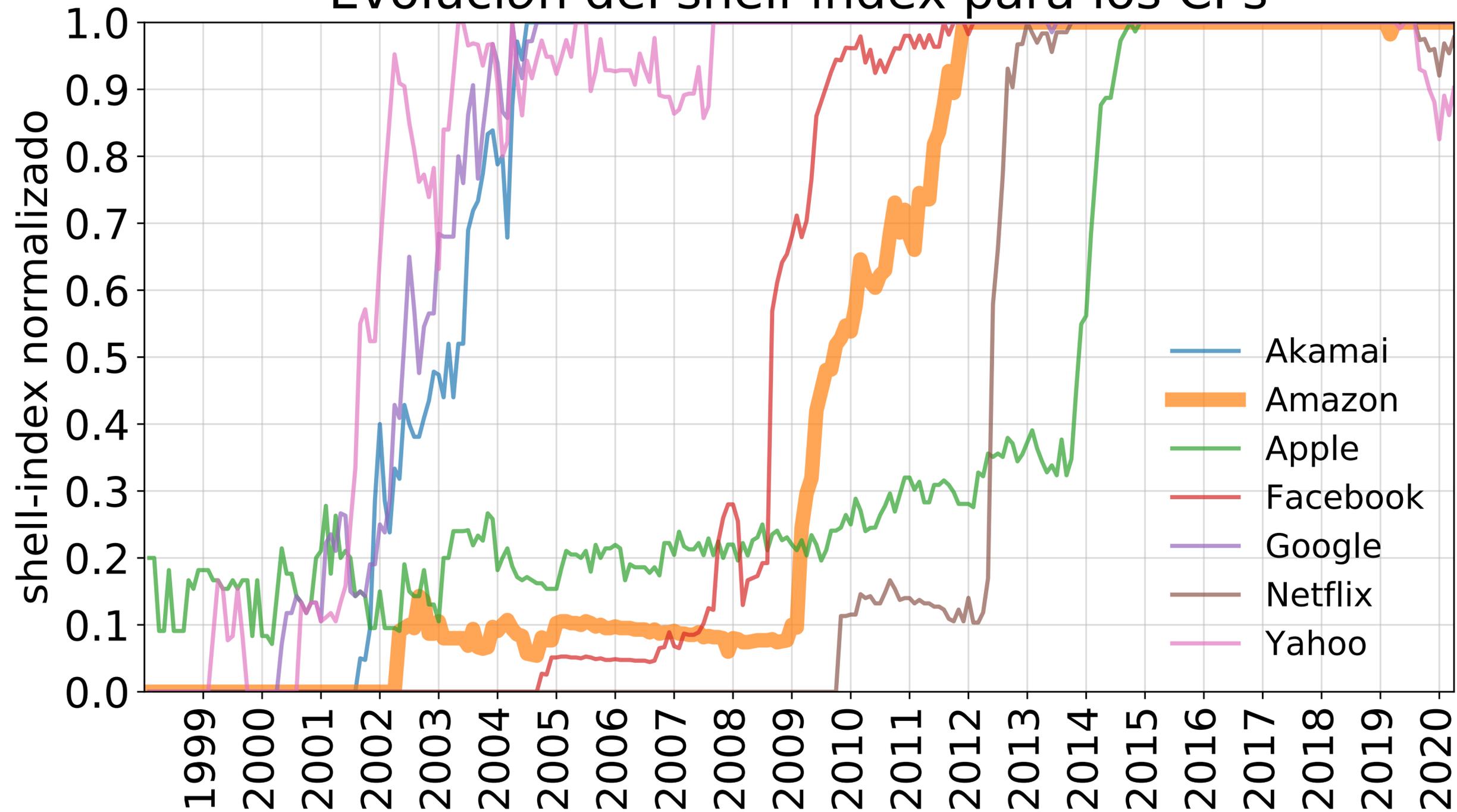


# Evolución de los Big Seven



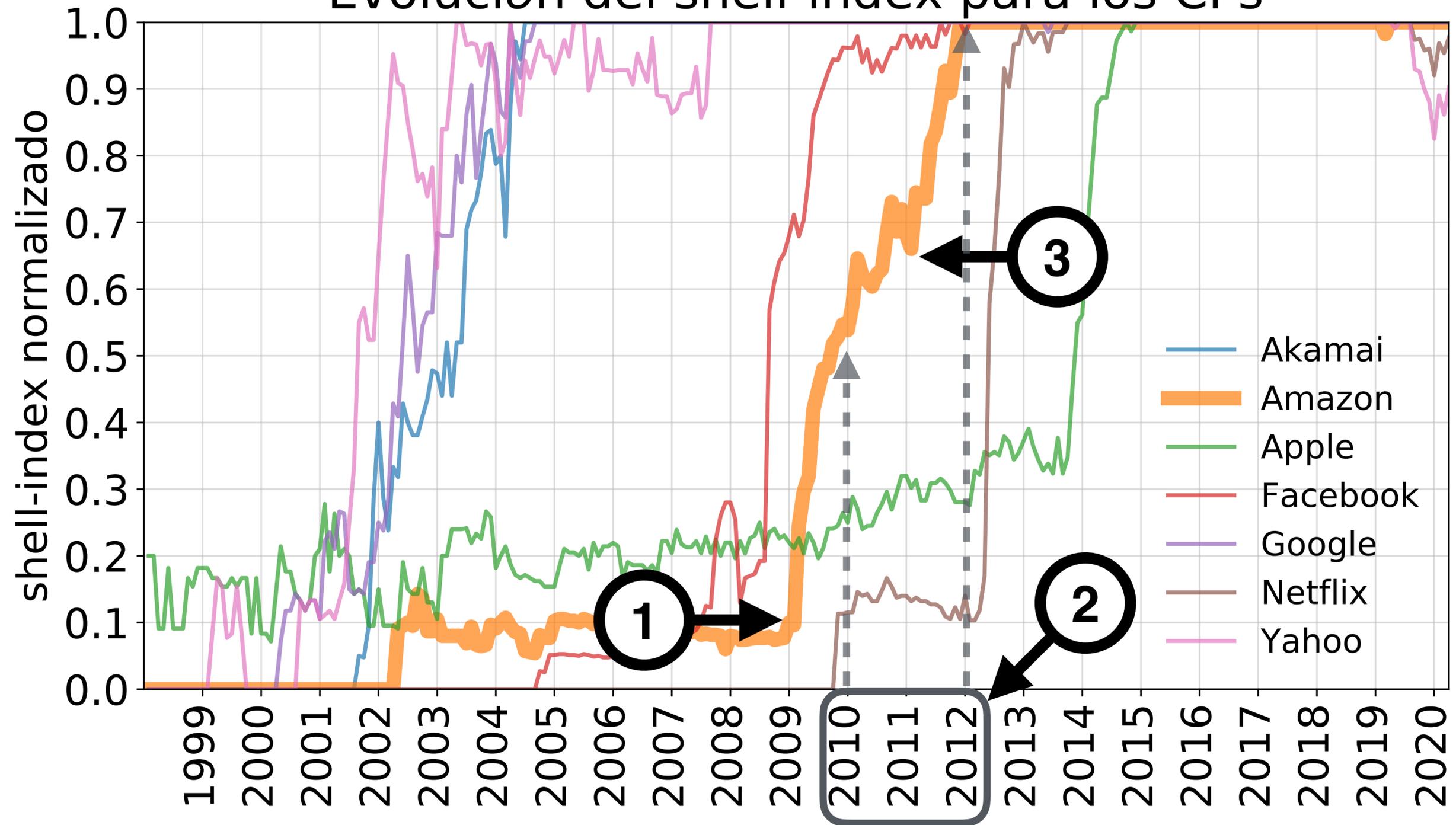
# Evolución de los Big Seven

Evolución del shell-index para los CPs



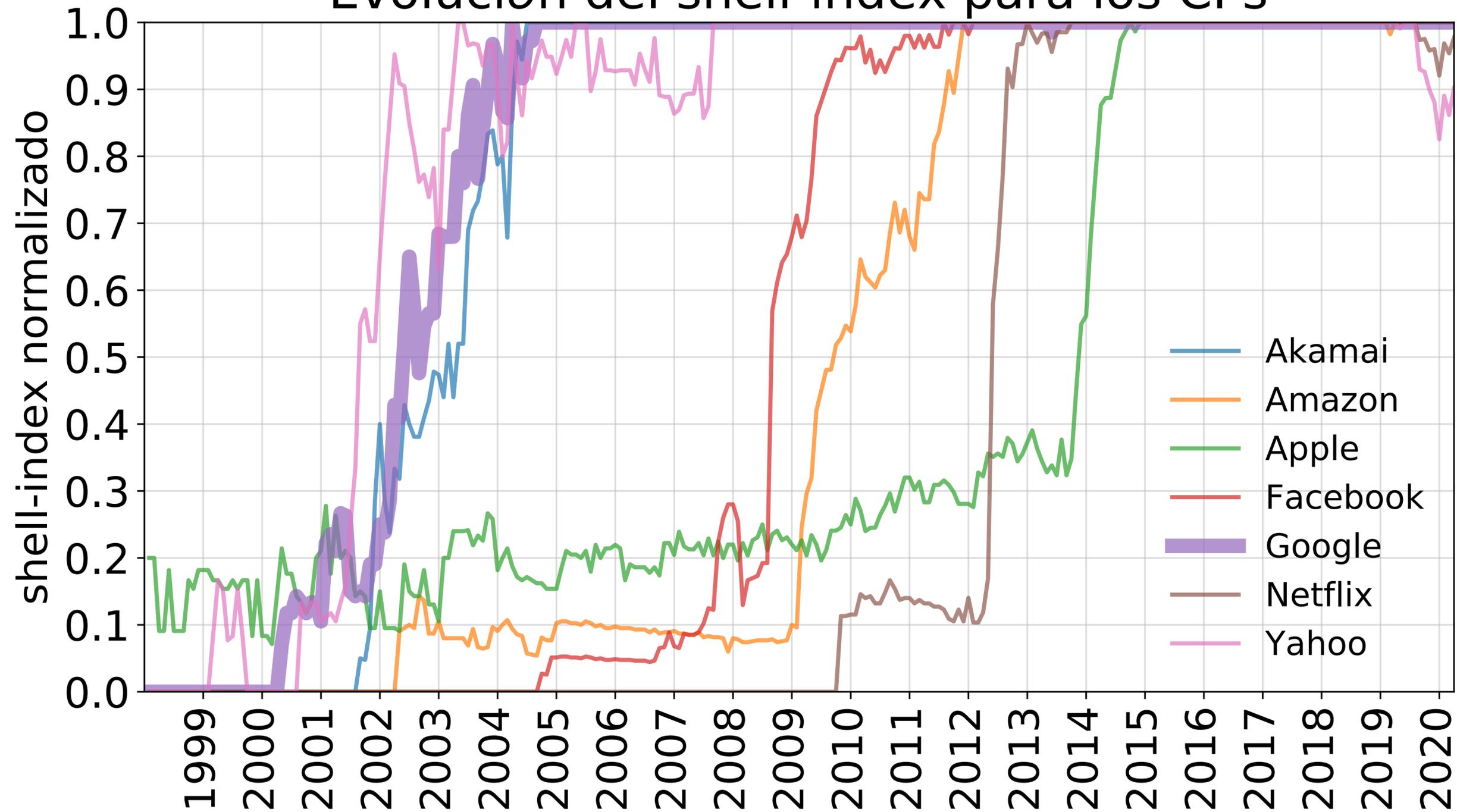
# Evolución de los Big Seven

Evolución del shell-index para los CPs



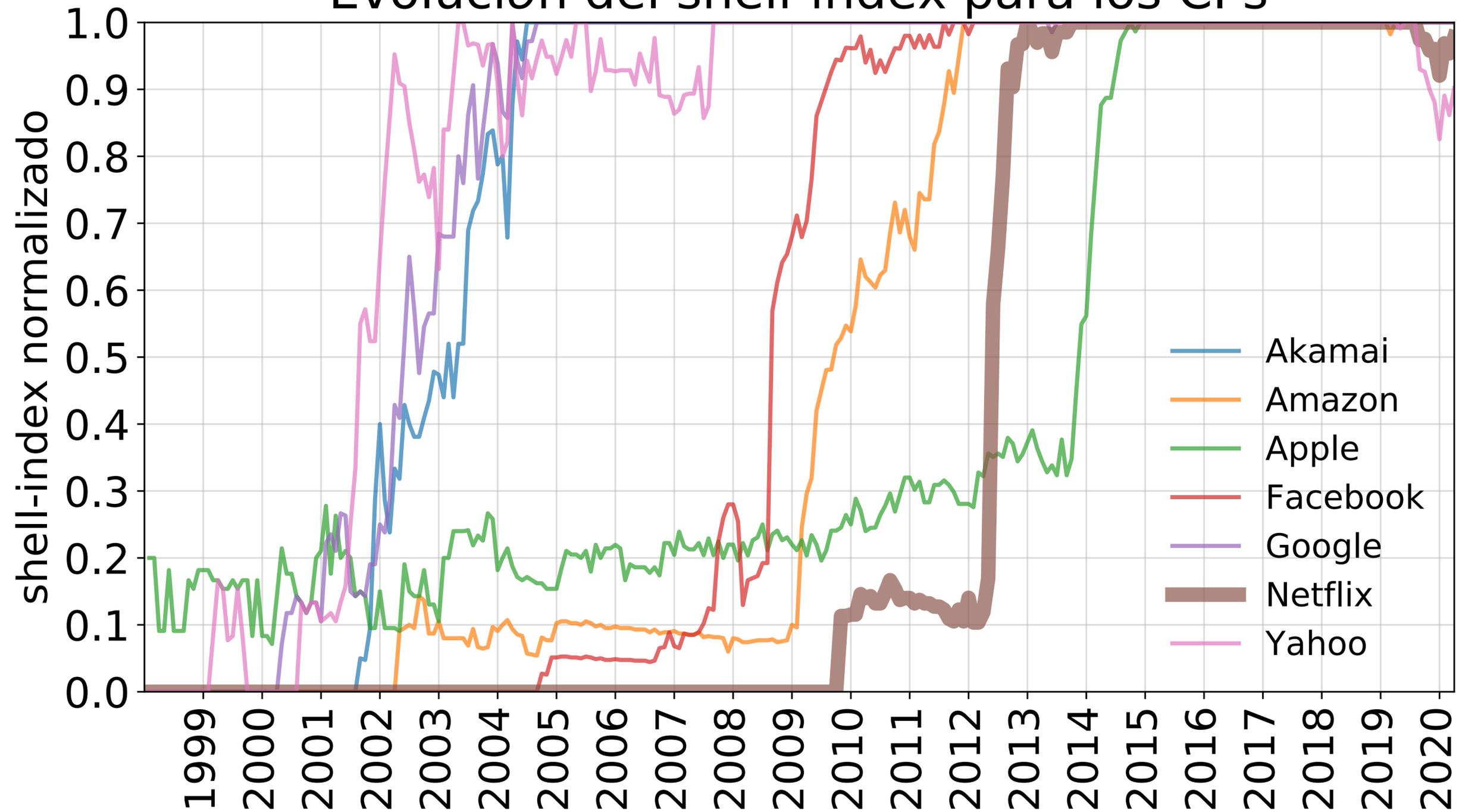
# Evolución de los Big Seven

Evolución del shell-index para los CPs



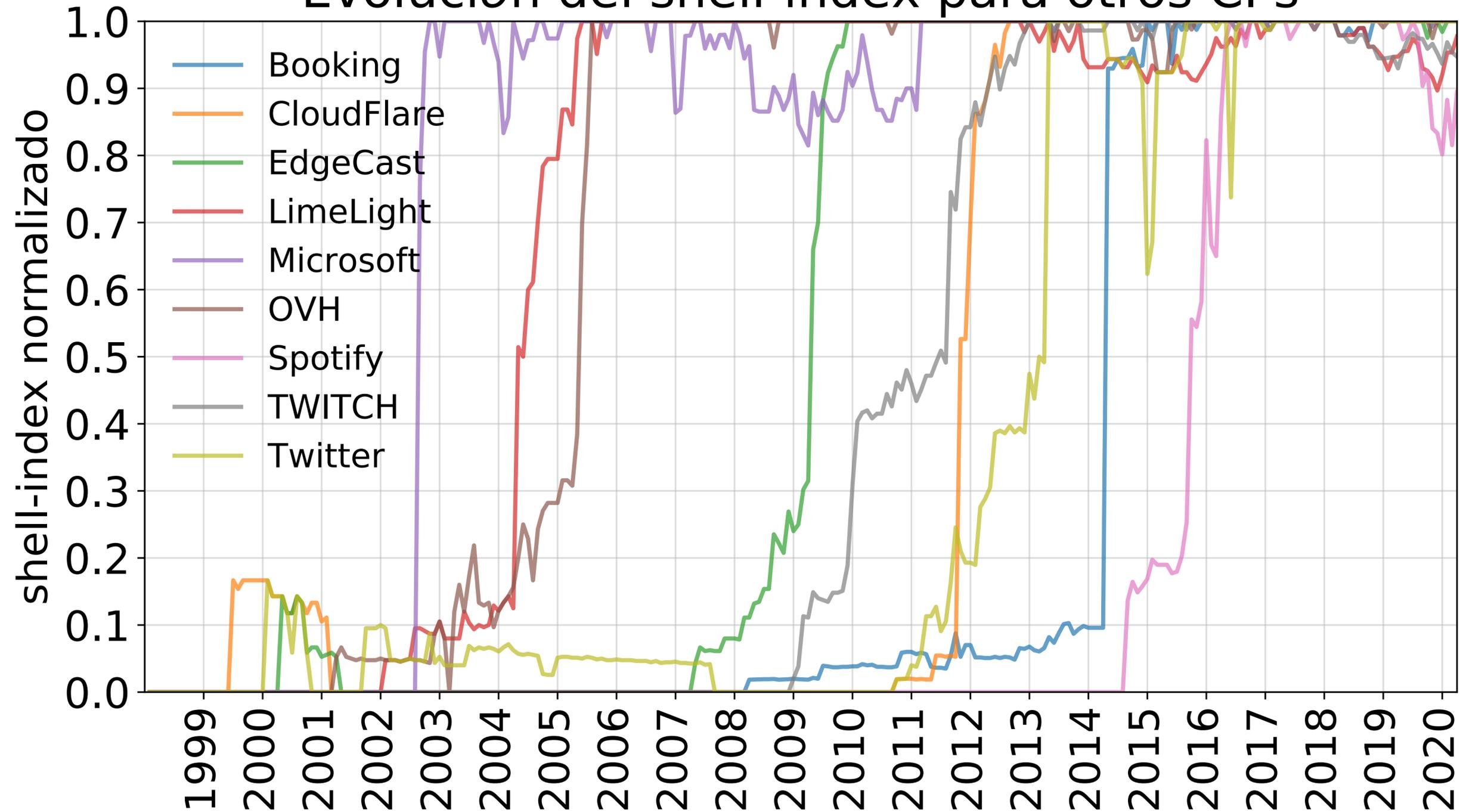
# Evolución de los Big Seven

Evolución del shell-index para los CPs



# Evolución de otros CPs notables

## Evolución del shell-index para otros CPs



# Conclusiones

- CPs renombrados desplegaron sus propias CDNs, llevándolos al núcleo de Internet
  - ▶ Expansión debido a estrategias comerciales y expansión geográfica
  - ▶ Los últimos en incorporarse lo han hecho más rápidamente
- El núcleo de Internet cada vez cuenta con más CPs
  - ▶ Creciente número de CPs evitan usar infraestructura de terceros

# El impacto de los IXPs en el ecosistema Latinoamericano

# Acercas de LatAm

## Geografía y Demografía

- 20M km2 (~13.5%)
- 650M de personas (~8%)
- Ciudades más pobladas de América
  - ▶ San Pablo, Cdad. de México, NYC, Bs As, LA

## A nivel de Internet

- 8000 ASes activos (total 65k)
- 6500 activos, delegados a Brasil (1ro: EE.UU. 2do: BR)

# Intercambio de tráfico en IXPs

## **A nivel global**

- Extraordinario crecimiento de los IXPs en 2000s
- Relación simbiótica entre CDNs e IXPs
- Consolidados puntos de intercambio de tráfico en Europa
- Conocido y documentado en la literatura

## **En LatAm**

- Acompañó la tendencia global
- 119 IXPs en la región (total ~1000)
- Escasa o nula literatura

# Interrogantes

- ¿Cuál fue el rol de los estados en la creación de los IXPs?
- ¿Cuáles son los IXP más exitosos de la región?
  - Cantidad de ASes miembros
  - Cantidad de ASes domésticos visibles
- ¿Cuáles son los principales TPs operando en el IXP?
- ¿Cuál es la relación entre la equitatividad de delegación de recursos y la creación de IXPs?

# Escasez de datos en LatAm

## Colecciones BGP



2 colectores  
(SP, SCL)

RIPE  
RIS

1 colectores  
(SP)

## Plataformas de traceroutes



LatAm 12  
**TOTAL 190**



**RIPE NCC**  
RIPE Atlas

LatAm 387  
**TOTAL 10k**

# Datos

*Tablas BGP*



*Web*

**WWW**

*Datos complementarios*

**ASR**ank



**PeeringDB**

# IXPs y políticas públicas

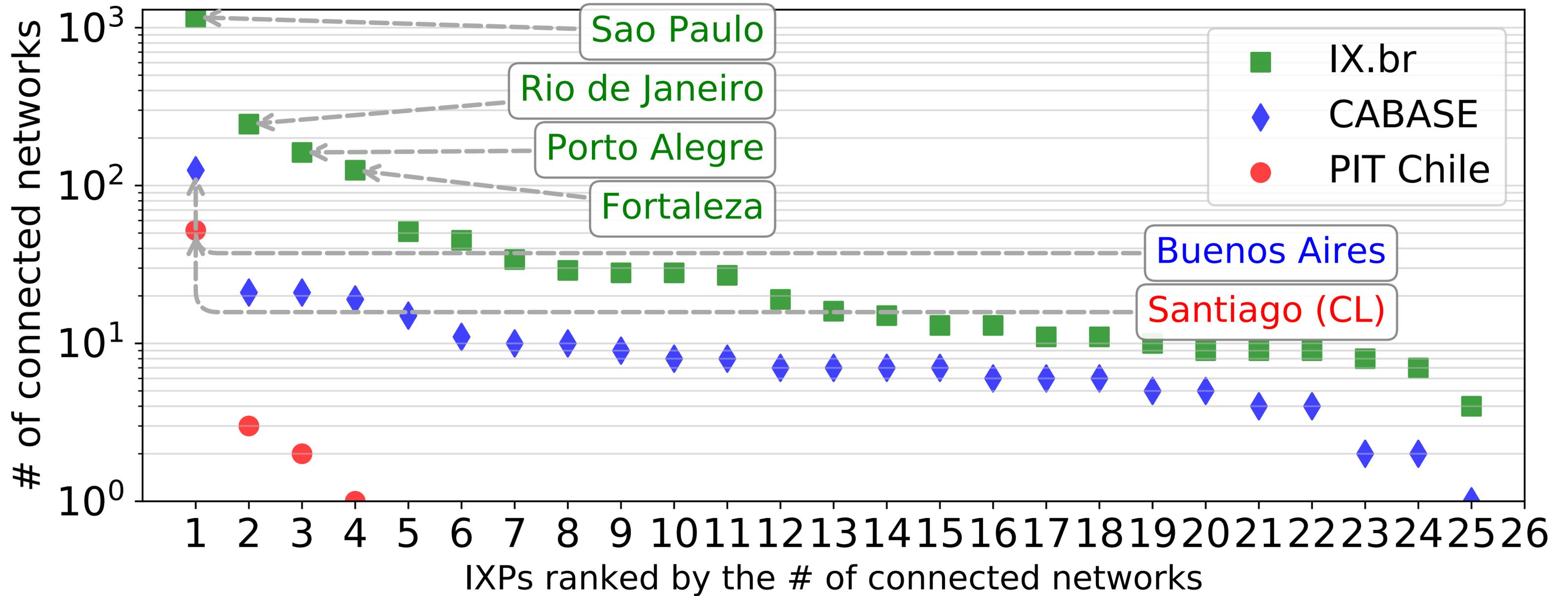
País	AR	BO	BR	BZ	CL	CO	CR	CU
------	----	----	----	----	----	----	----	----

Patrocinador	CABASE	Ley	CGI	PUC	PIT CL	CCIT	Decreto	Estado
Operador	CABASE	Estatal	NIC.br	UoBZ	PIT CL	CCIT	NIC.cr	NAP.CU

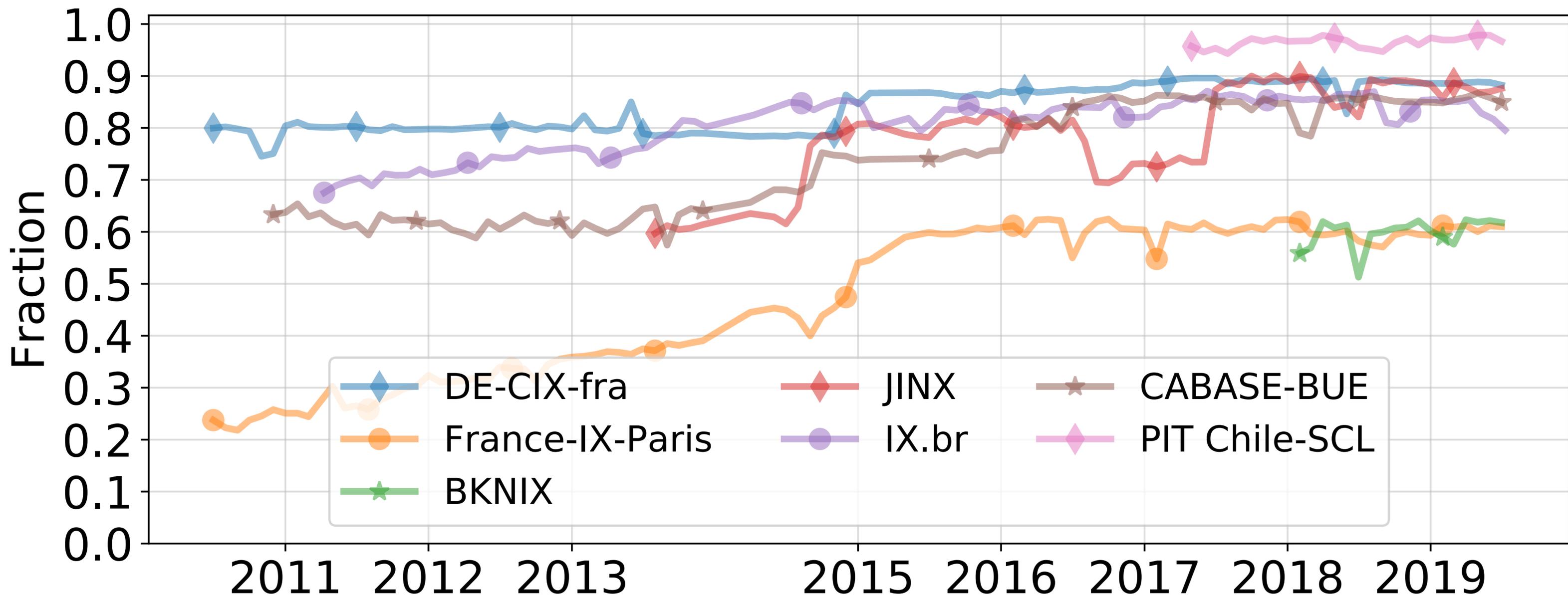
País	EC	HT	HN	MX	PA	PY	PE	TT
------	----	----	----	----	----	----	----	----

Patrocinador	IXP.EC	AHTIC	CONATEL	IFT	SENACYT	SENATICS	NAP.PE	TTIX
Operador	IXP.EC	AHTIC	UNAH	CITI	InteRED	NIC.py	NAP.PE	TTIX

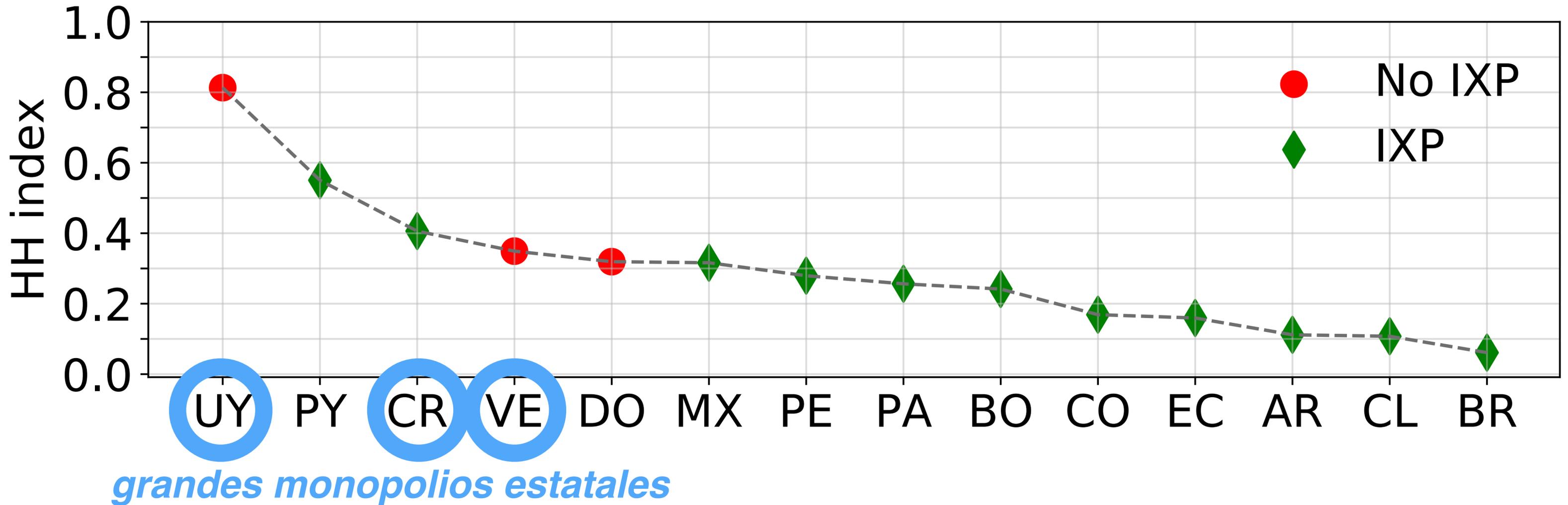
# Redes de IXPs



# Impacto doméstico total



# Concentración del espacio



*HHI: Índice de monopolización de las direcciones IP delegadas al país por parte de los de los ASes origen*

# Conclusiones

- Estados nacionales impulsaron IXPs en sus países
- IX.br, CABASE y PIT Chile
  - ▶ Consolidados como puntos relevantes en sus países
  - ▶ Lograron niveles similares a grandes IXPs de Europa
  - ▶ Dominio de injerencia: regional
- La desconcentración ha promovido el uso de los IXPs

# La congestión persistente en Internet

# Motivación

## **Congestion into Comcast's Network Reaches a Critical Threshold**

Netflix attempted to address congested routes into Comcast by purchasing all available transit capacity from transit providers that did not pay access fees to Comcast—which involved agreements with Cogent, Level 3, NTT, TeliaSonera, Tata, and XO Communications. Although all six of those providers sold transit to the entire Internet, only three of them—Cogent, Level 3, and Tata—had direct connections to Comcast's network.

In 2013, congestion on Cogent's and Level 3's routes into Comcast's network steadily increased, reaching a level where it began to affect the performance of Netflix streaming for Comcast's subscribers. [Redacted section.] When Netflix approached Comcast regarding the lack of uncongested settlement-free routes available to its network, Comcast suggested that Netflix return to using CDNs, which Comcast could charge access fees that would then be passed on to Netflix, or use a Tier 1 network like which charged its own access fees. Comcast

# Motivación

**THE VERGE**



TWITTER



FACEBOOK

Fast forward to 2014 and Level 3 has peering connections with Verizon that are congested because of the large volume of data being sent by Netflix to its customers. Both sides agree that there is plenty of room on their networks, but that the current connections don't support the volume of traffic being delivered. Level 3 has argued that it would be cheap and easy to install new hardware that would open up more connections between the two companies and alleviate the congestion. Verizon has countered that it's not about the small one-time cost of the new hardware, but the ongoing cost of adding more traffic to its network, and the peering ratios the two companies had agreed upon.

# Objetivos, limitaciones y metodologías

**Objetivo:** Identificar enlaces congestionados en Internet

## **Metodología #1**

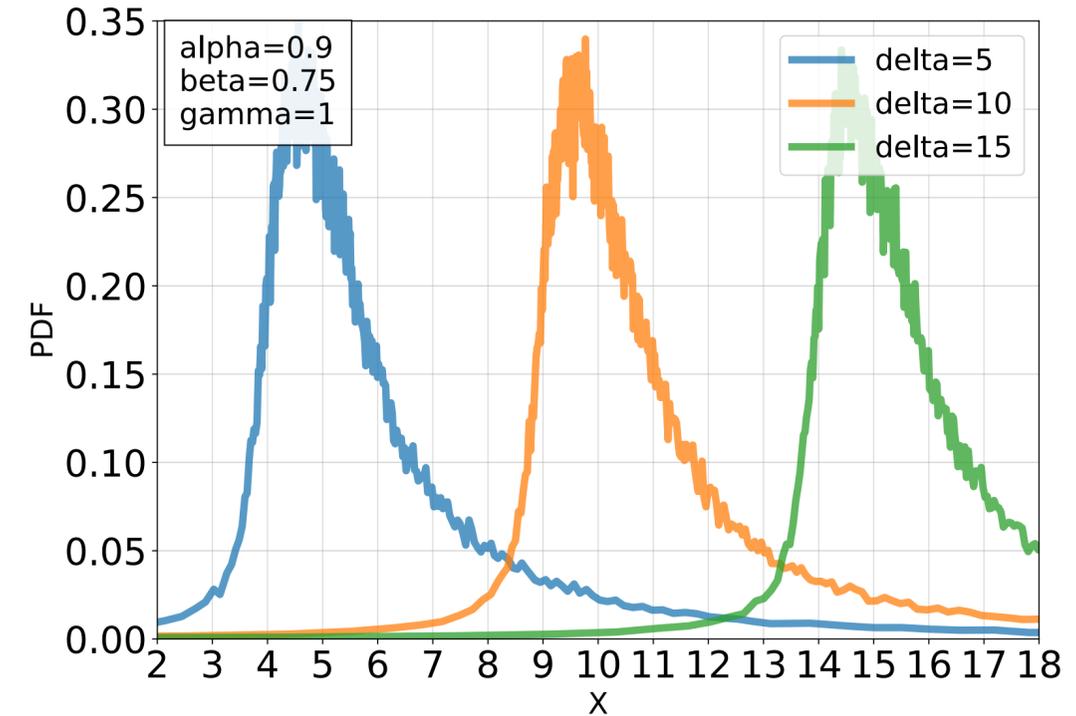
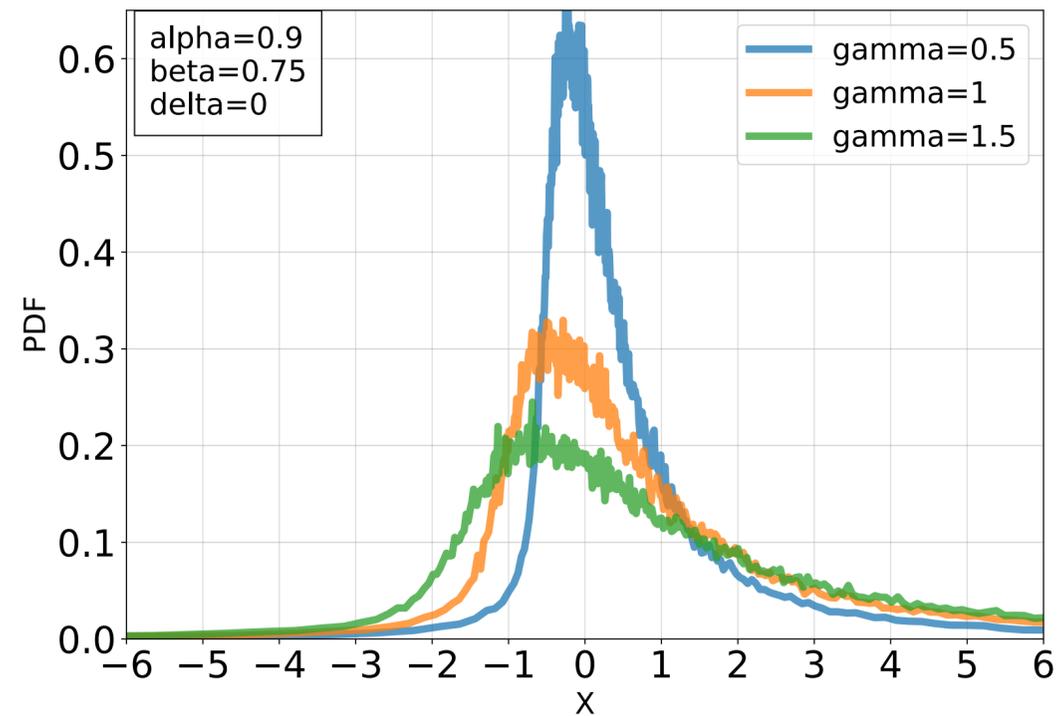
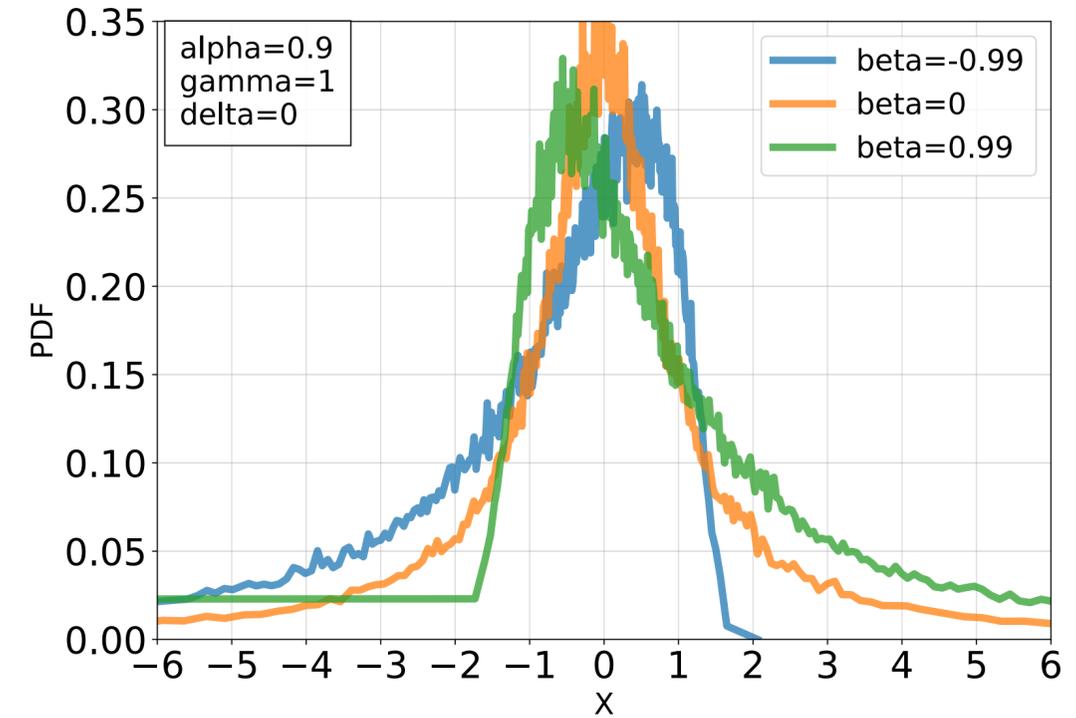
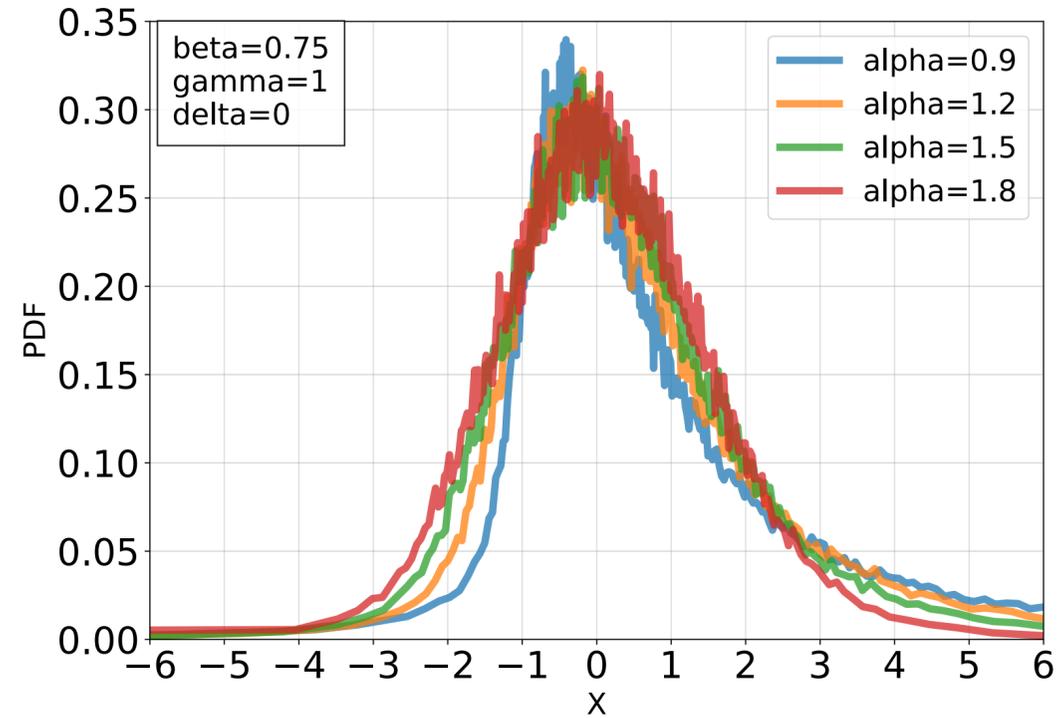
- Datos: Datos de tráfico
- Limitaciones: varias
  - Los datos de tráfico no son públicos
  - Si hubiera datos datos, sería útil, pero no permitiría generalizar

**Solución:** Medición indirecta de tráfico vía latencia (RTT)

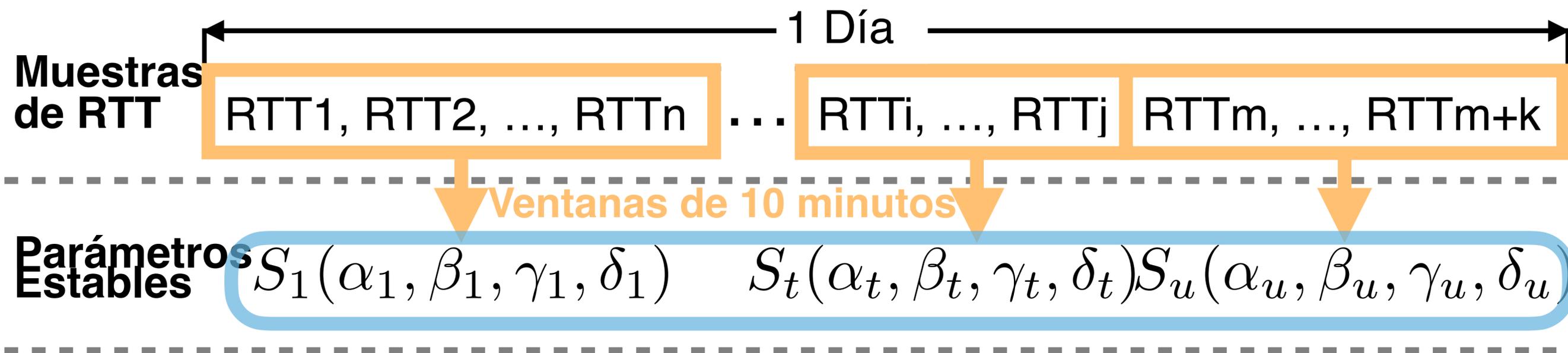
# Interrogantes

- ¿Podemos modelar la distribución de las muestras del RTT dado la no estacionaridad del tráfico?
- ¿Puede este modelado ayudar a la detección y clasificación de enlaces congestionados?
- ¿Puede esta clasificación ser útil para implementar una clasificación automática?

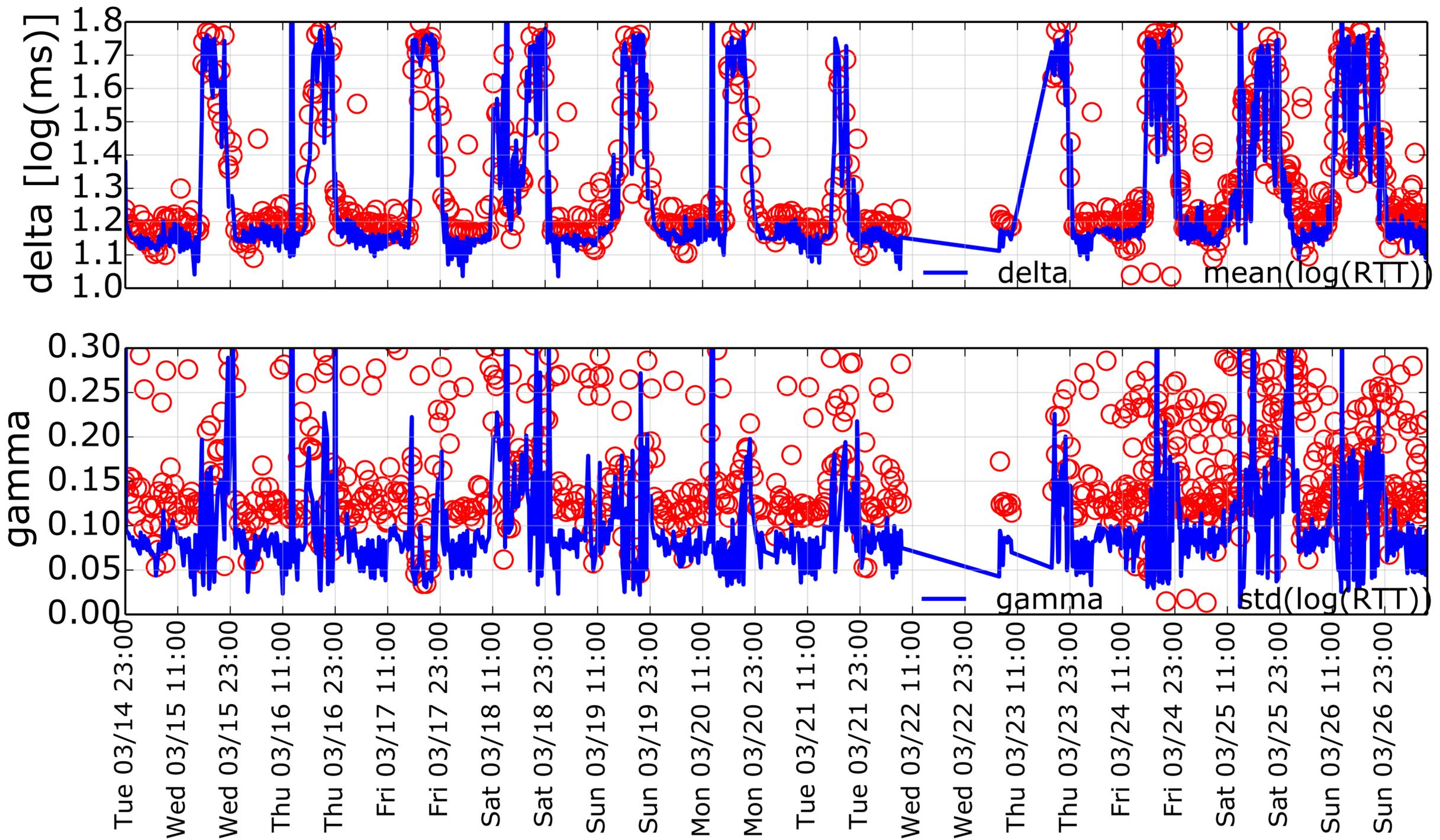
# Distribución estable



# Experimentos

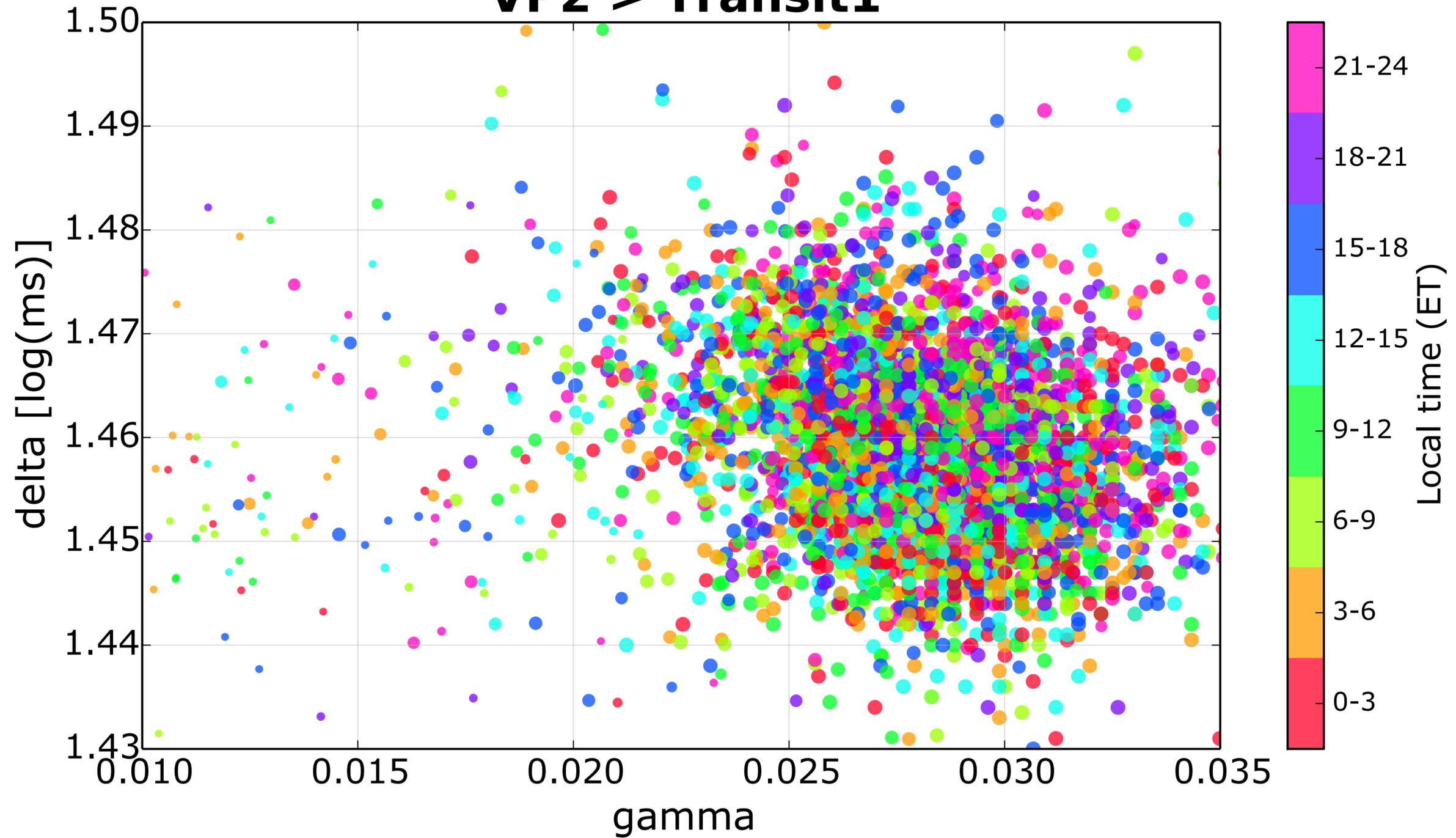


# Serie temporal



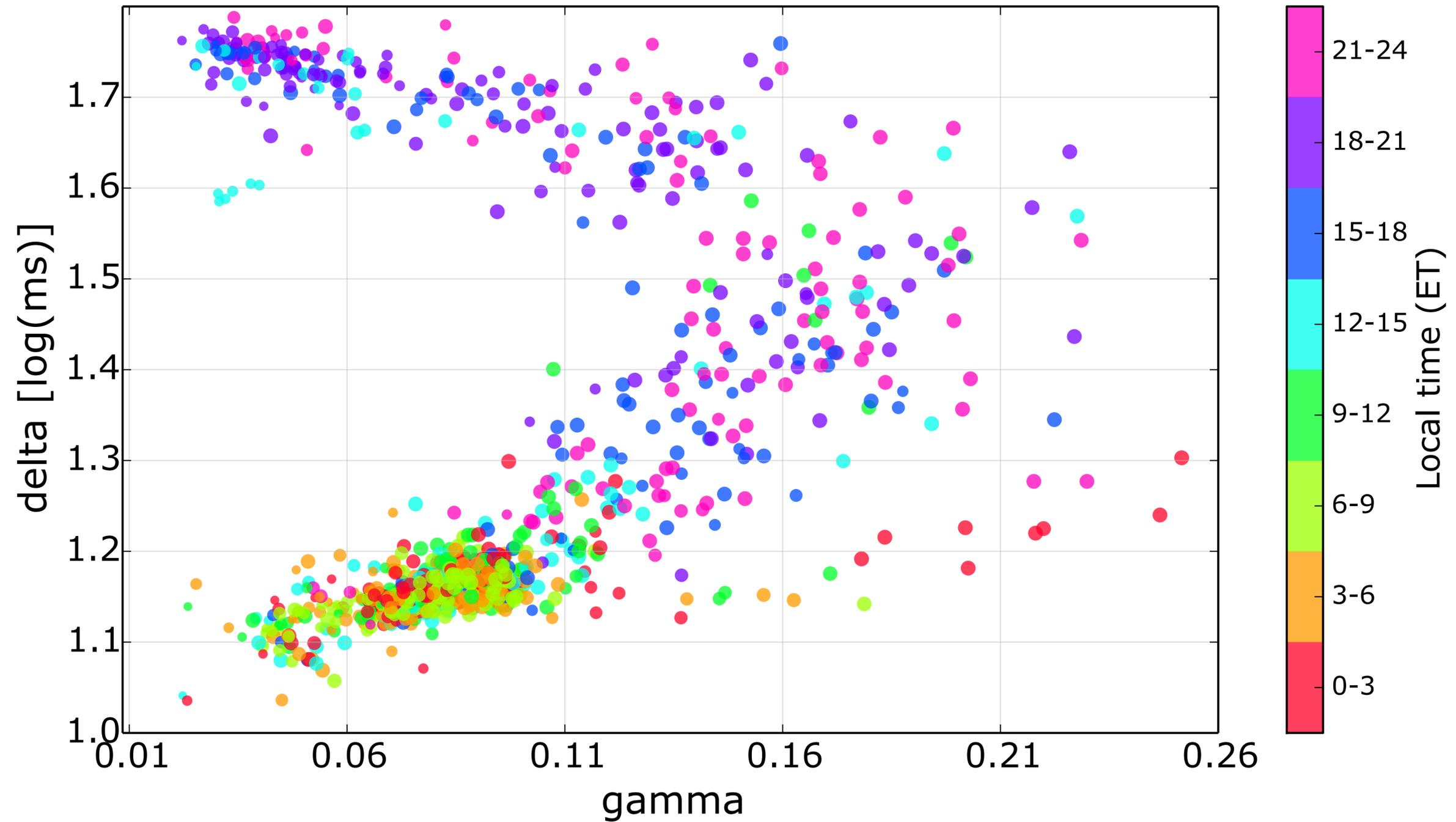
# Enlace no congestionado

**VP2 > Transit1**



# Enlace congestionado

**VP1 > CP1**



# Conclusiones

- La distribución estable modela el RTT con mayor precisión que distribuciones previamente propuestas
- La combinación de gamma y delta describen claramente patrones de congestión
- Métodos de ML son capaces de identificar el estado de los enlaces a partir gamma y delta

# Conclusiones de la Tesis

# Conclusiones

- Identificamos la proliferación y ascenso de CPs al núcleo de Internet
- Mostramos como ciertos IXPs en LatAm han logrado consolidarse
- Presentamos métodos innovadores para detectar congestión persistente

# En cuanto a la hipótesis

***H:** ¿los CPs reconfiguraron la topología de Internet alterando los principales puntos de entrega de tráfico?*

## **Su demostración se basa en tres evidencias**

1. CPs montaron sus propias CDNs para servir el tráfico
2. CPs catalizaron el desarrollo de IXPs, posibilitando a ISPs pequeños y medianos a acceder al contenido a bajo costo
3. Generaron un estrés significativo en los enlaces principales de EE.UU.



**Muchas Gracias**