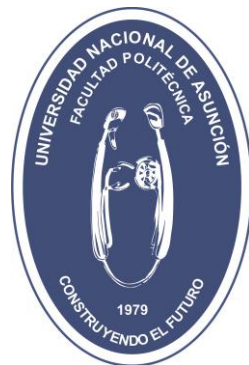


TECNOLOGÍAS EN LA VIRTUALIZACIÓN DE REDES ÓPTICAS

Enrique Dávalos

Facultad Politécnica

Universidad Nacional de Asunción, 2016



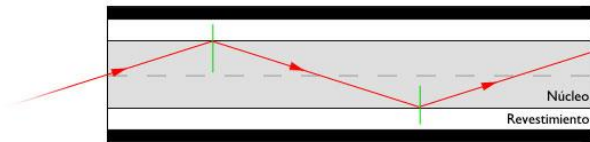
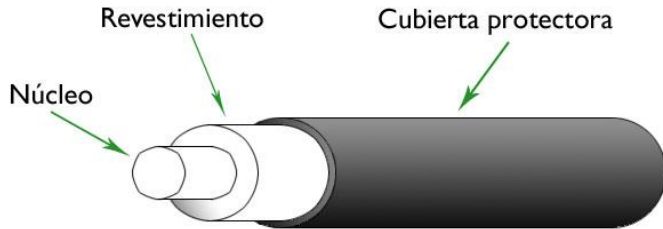
TECNOLOGÍAS DE VIRTUALIZACIÓN DE REDES ÓPTICAS

AGENDA

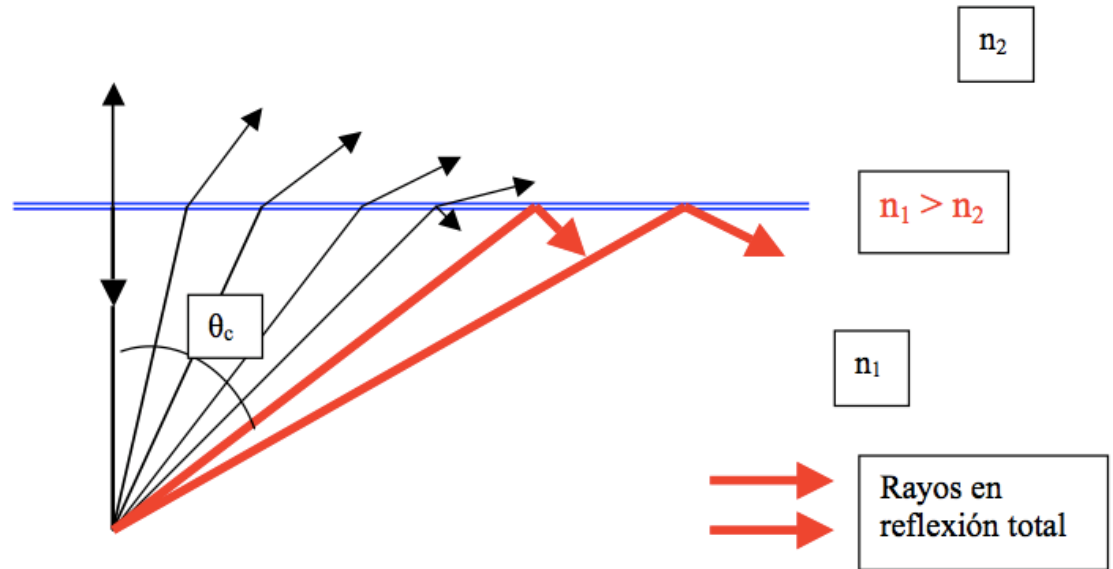
- 1.- Tecnologías de Redes Ópticas
- 2.- Virtualización de Redes
- 3.- Problema VNE – Virtual Network Embedding
- 4.- VONE: VNE sobre redes ópticas
- 5.- Problema “Virtual Infrastructure Planning”
- 6.- Publicaciones y trabajos futuros



1.- Transmisión de datos sobre fibra óptica

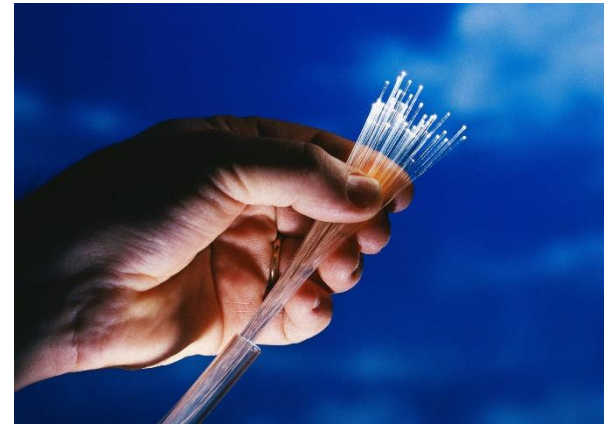


Ley de Snell: $n_1 \text{ sen } \theta_1 = n_2 \text{ sen } \theta_2$

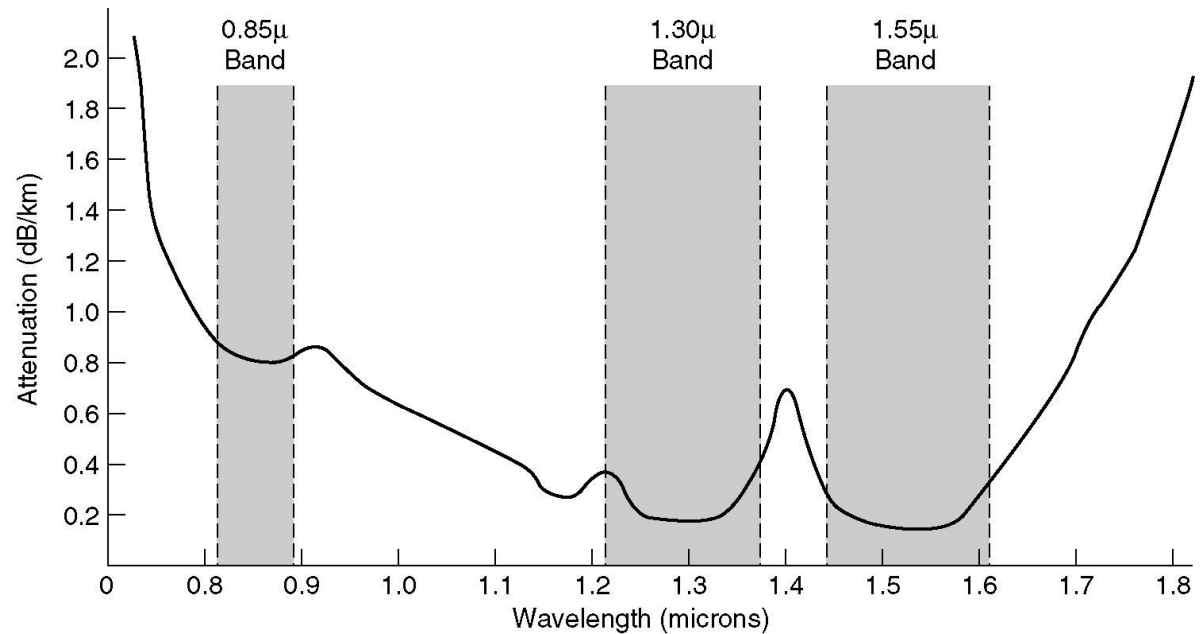


Beneficios de la fibra óptica

- Gran capacidad de transmisión
 - Enorme ancho de banda (THz) - Tasas de datos de cientos de Gbps
- Menor tamaño y peso
- Baja atenuación – gran espaciado entre repetidores
- Aislación electromagnética
- Fuentes de luz
 - Light Emitting Diode (LED)
 - Más baratos, dura más tiempo
 - Injection Laser Diode (ILD)
 - Más eficientes, mayor tasa de datos



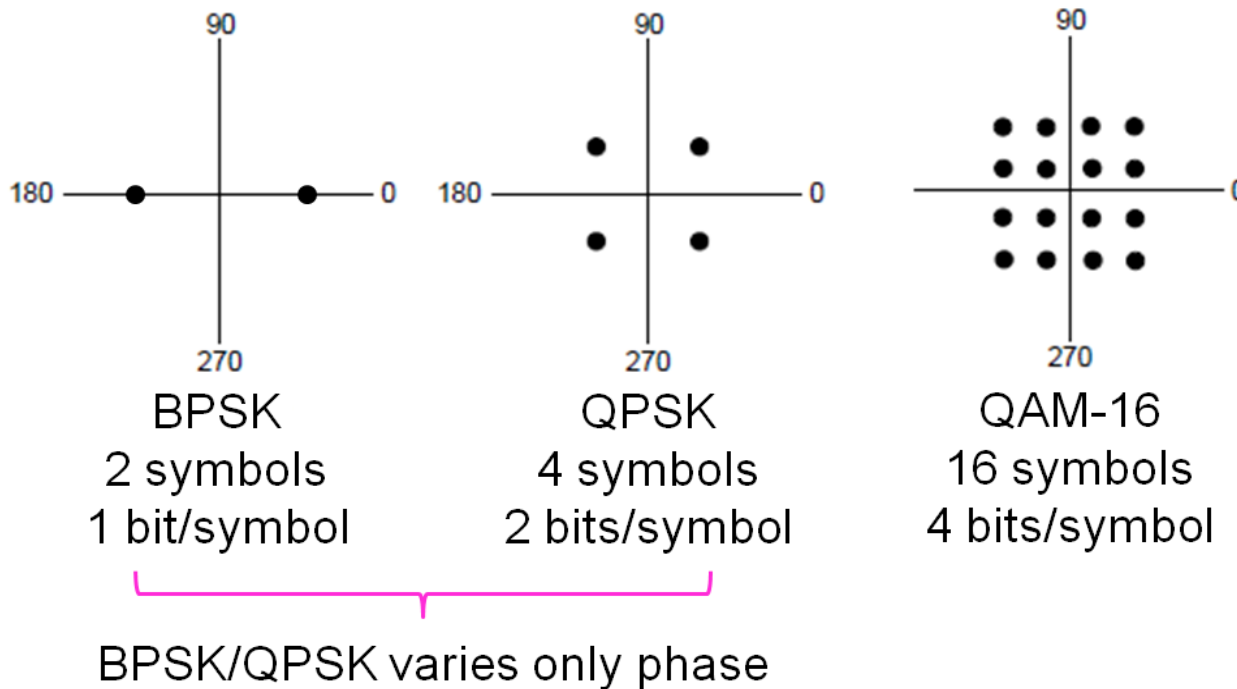
Bandas del espectro electromagnético



Rango de Logitud de onda en el vacío (nm)	Rango de frecuencias (THz)	Etiqueta de banda	Tipo de fibra	Aplicación
820 to 900	366 to 333		Multimodo	LAN
1280 to 1350	234 to 222	S	Unimodo	Various
1528 to 1561	196 to 192	C	Unimodo	WDM
1561 to 1620	192 to 185	L	Unimodo	WDM

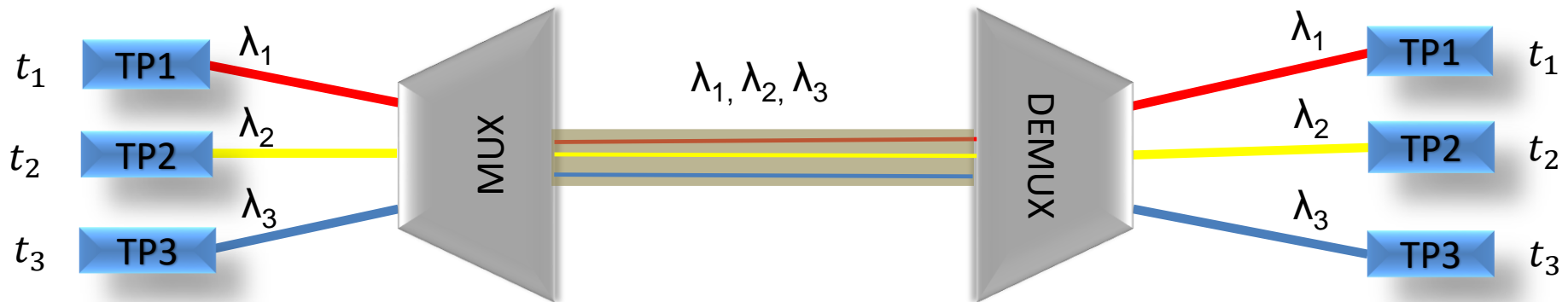
Técnicas de Modulación de datos digitales a señales analógicas

Diagramas de constelación de las técnicas de modulación en fibra óptica:



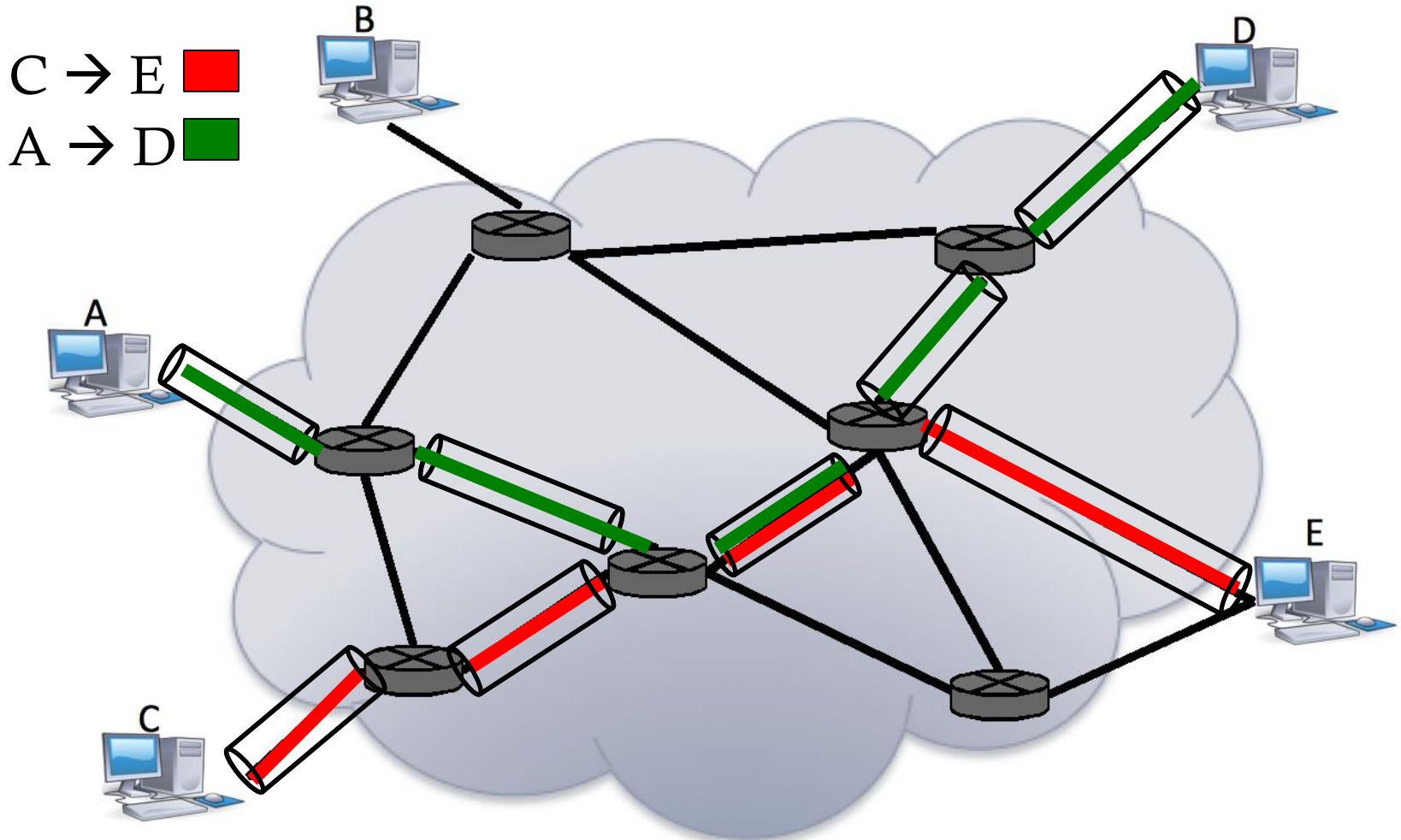
Wavelength Division Multiplexing (WDM)

- Transponders individuales tienen capacidad limitada (10 – 40 Gbps)
- Multiplexores / Demultiplexores ópticos
- Grilla ITU-T G.692 (2002);
DWDM = Longitudes de onda de 50 GHz

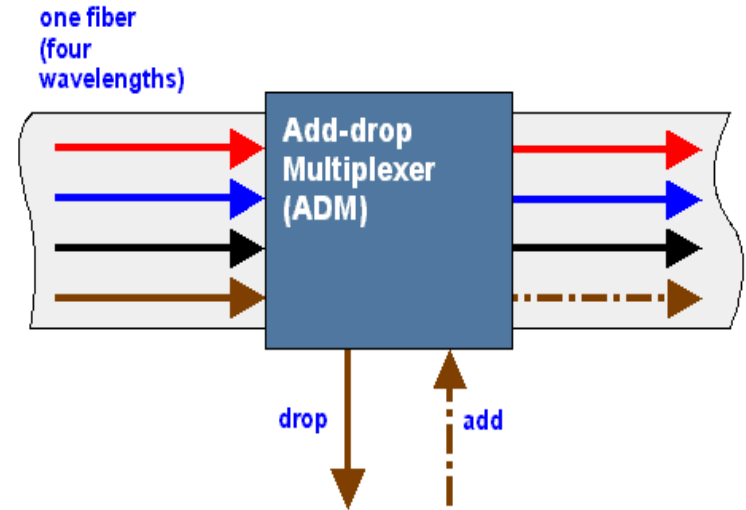
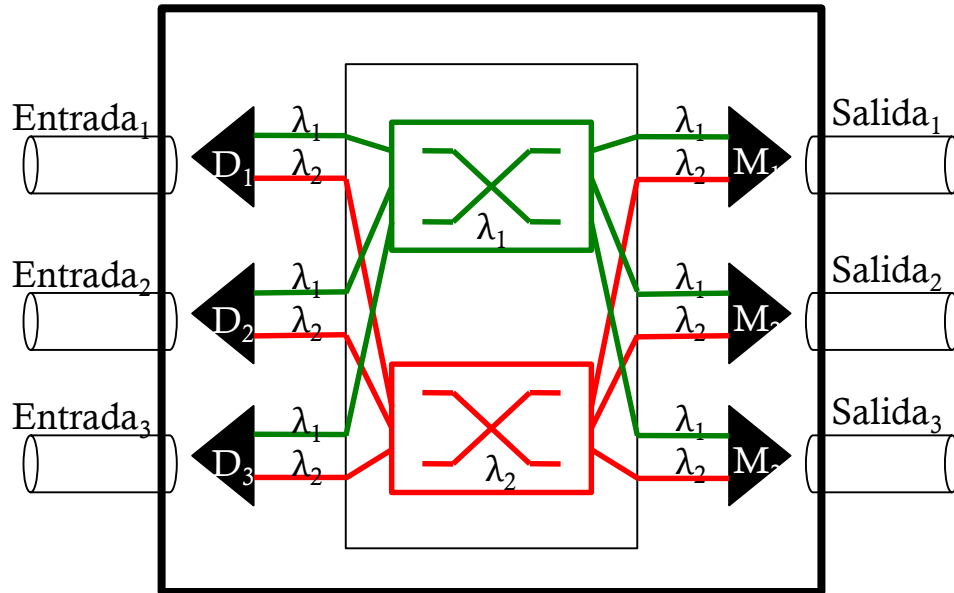


Redes Ópticas WDM

- Restricción de Continuidad de Longitud de onda
- Restricción de utilización de Longitud de Onda

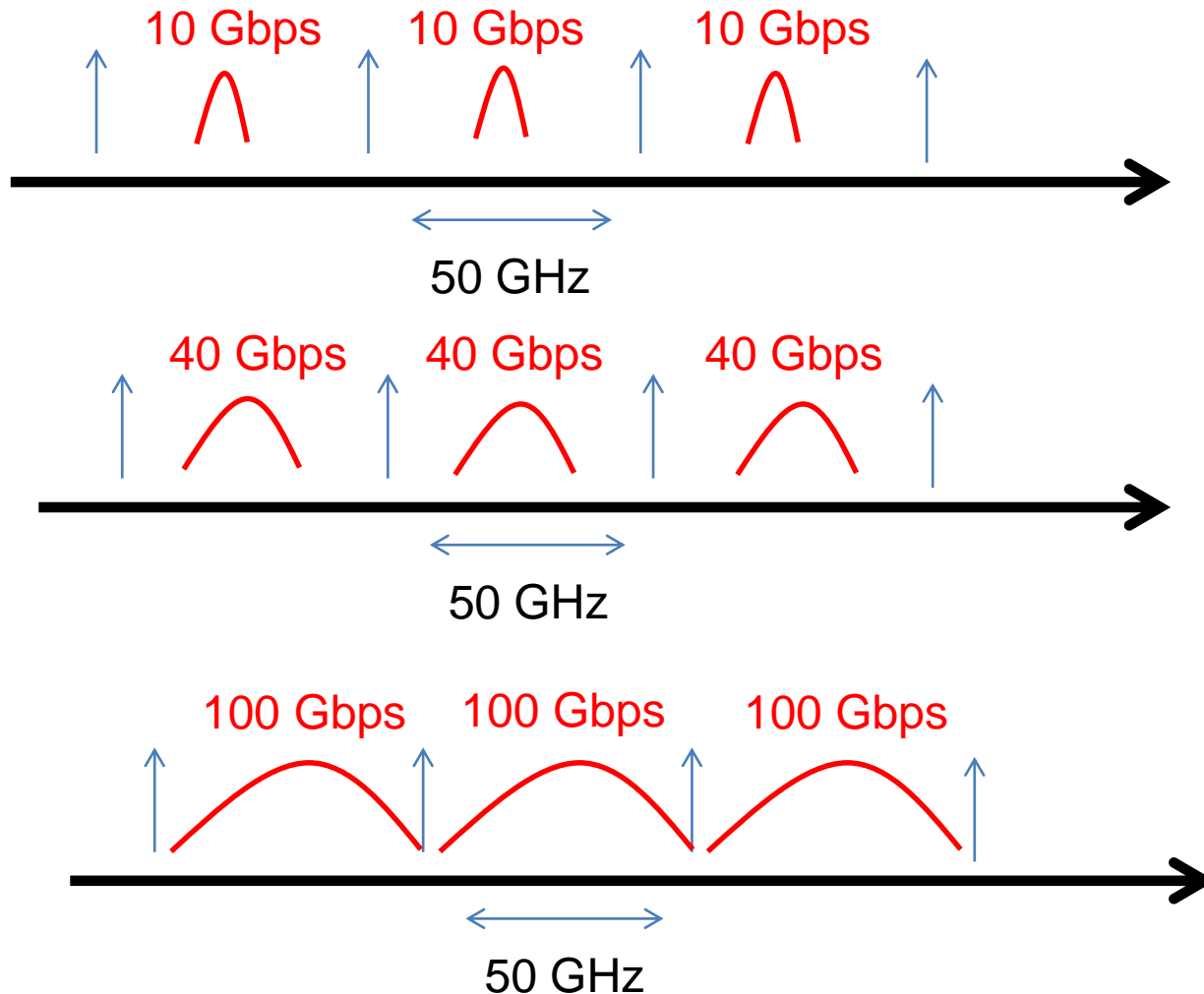


Dispositivos en nodos de una red óptica



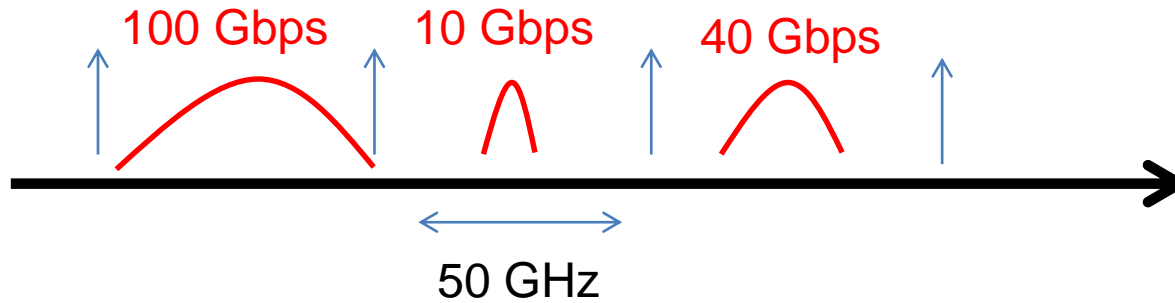
-Dispositivos activos: OXC (conmutadores ópticos) y O-ADM (Optical Add-Drop Multiplexer)

Evolución de las redes ópticas: Single-Line Rate (SLR) WDM networks

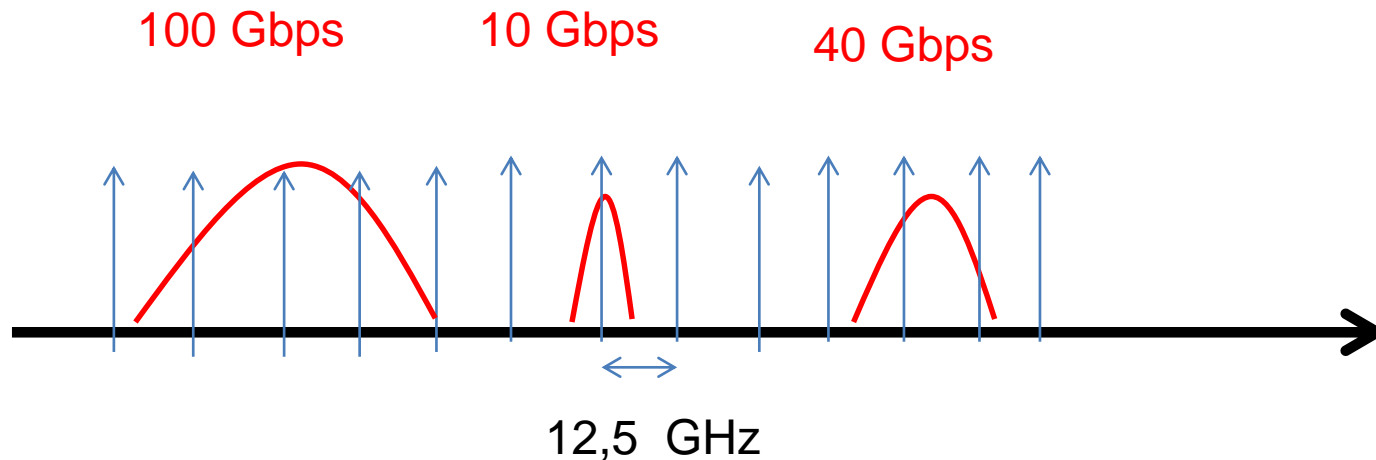


MLR and Elastic Optical Networks

→ Multi Line Rate (MLR)



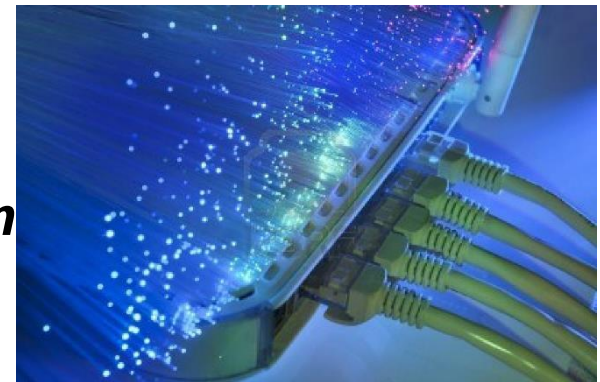
→ Flexible Grid o Elastic Optical Networking



La recomendación ITU-T G-694 (2012) define una grilla flexible con ranuras de frecuencia (FS) de 12.5 GHz

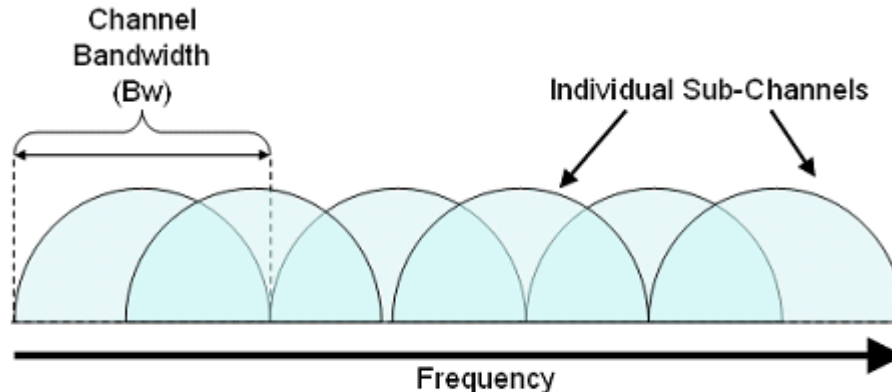
Redes de Grilla flexible o Elastic Optical Network

- Estandarizadas por la Recomendación ITU-T G-694.1 (2012) con FS (ranuras de frecuencia) de 12.5 GHz
- Un transponder puede utilizar una o varias FS dependiendo de su tasa de datos requerida, tipo de modulación y distancias
- Cada par (tasa de datos, tipo de modulación) define una cantidad de FS necesaria y una distancia geográfica máxima (en km)
- Problema de optimización **RSA (Routing and Spectrum Allocation)** similar al problema RWA
(Routing and Wavelength Assignment)
en redes WDM con grilla fija
También denominado:
Routing, Modulation Level and Spectrum Allocation (RMLSA)



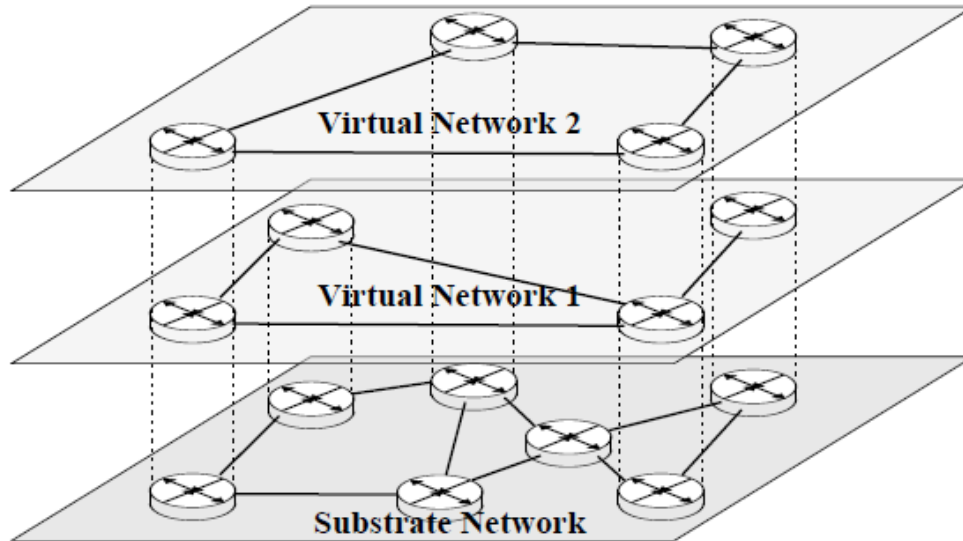
Redes Opticas O-OFDM

- Multiplexado **O-OFDM** (Optical – Orthogonal Frequency Division Multiplexing)
- Se utilizan varios “**Sub-carriers**” con frecuencias ortogonales entre sí
 - Cada Sub-carrier puede modularse en forma independiente
 - Es necesario el uso de “Bandas de guarda”
 - Puede considerarse cada “Sub-carrier” como un “Frequency slot” de EON
 - Desde el punto de vista algorítmico pueden tratarse como redes EON



$$\text{Bandwidth (Bw)} = 1 / \text{Symbol Rate (Rs)}$$

2.- Virtualización de Redes



- *Creación de particiones lógicas AISLADAS y ADMINISTRABLES INDIVIDUALMENTE sobre infraestructuras físicas de redes que pueden COEXISTIR simultáneamente*
- *Network virtualization cubre virtualización de NODOS y de ENLACES*

Building Blocks of Network Virtualization

1.- Virtualización sobre dispositivos ópticos

- *NIC : Hypervisores como VMWare, Xen, Oracle, etc*
- *Virtualización de Routers*
 - a) *Routers sobre virtual OS*
 - b) *Hardware-partitioned routers*

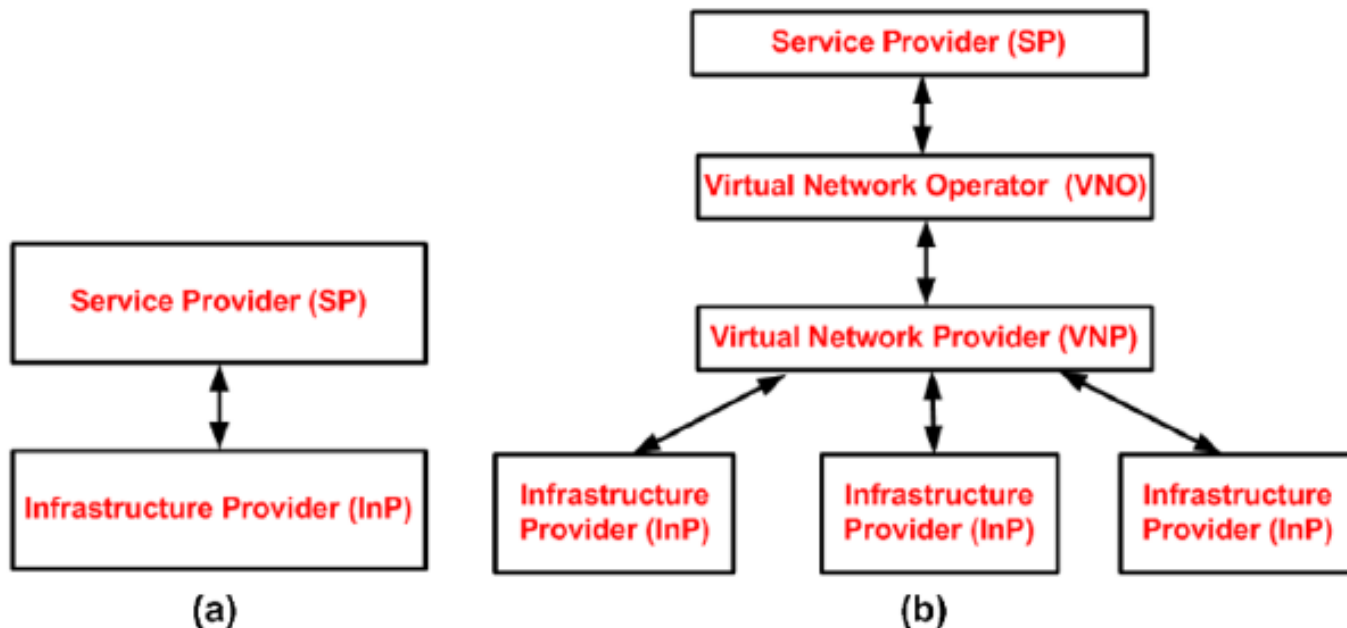
2.- Virtualización de Enlaces

- *Link Multiplexing : TDM, FDM, CDMA*
- *Virtual circuits, SONET channels OC-x*
- *Capas superiores: 802.1q VLANs, Túneles GRE, IPSec*

Justificación - Virtualización de Redes

1.- Herramienta propuesta para la próxima Internet

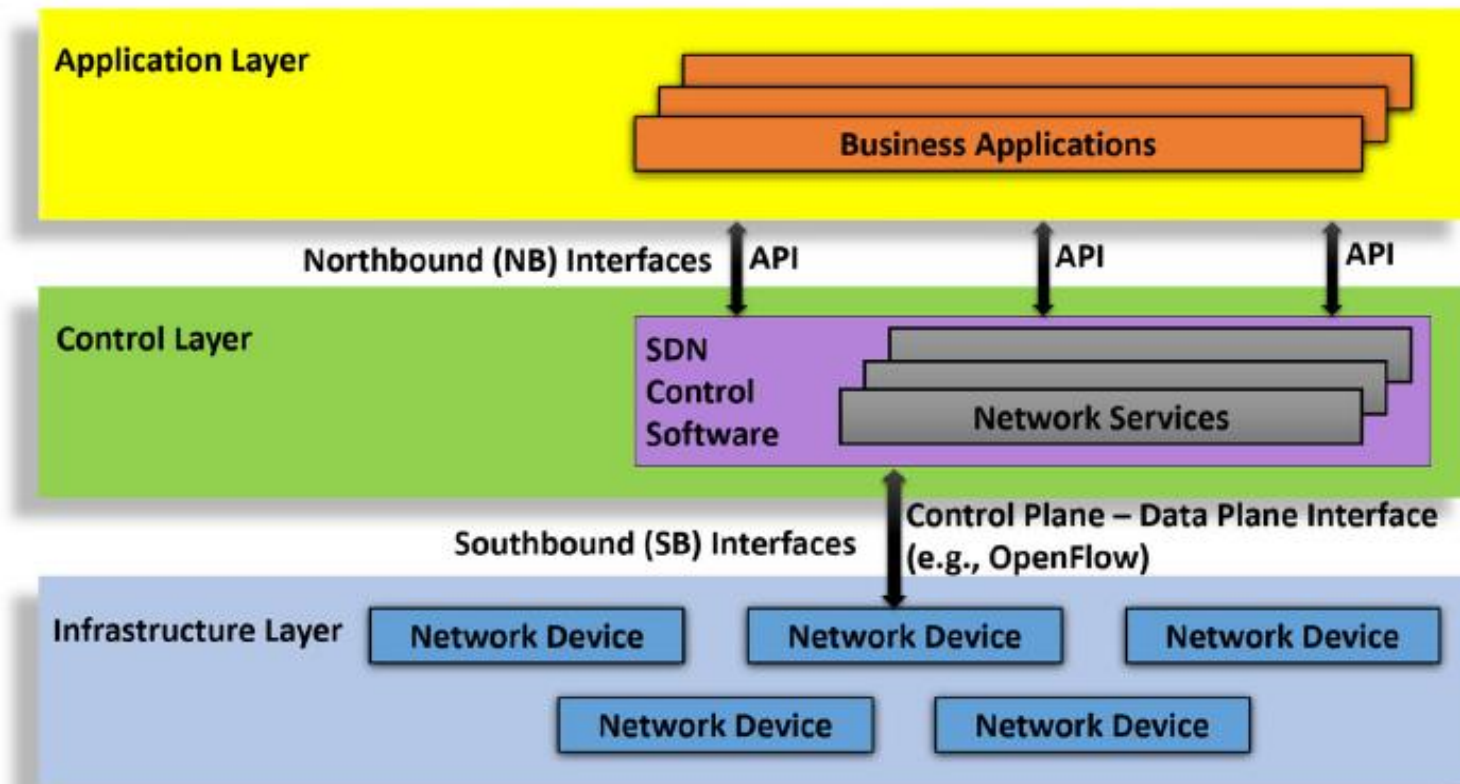
- Fenómeno denominado “Ossification of Internet”
- La virtualización de Redes permitirá proponer y verificar nuevos servicios y protocolos
- El rol del ISP (Internet Service Provider) debe ser dividida en dos roles: “Infrastructure Provider” y “Service Provider”



Justificación - Virtualización de Redes

2.- Software Defined Networks (SDN)

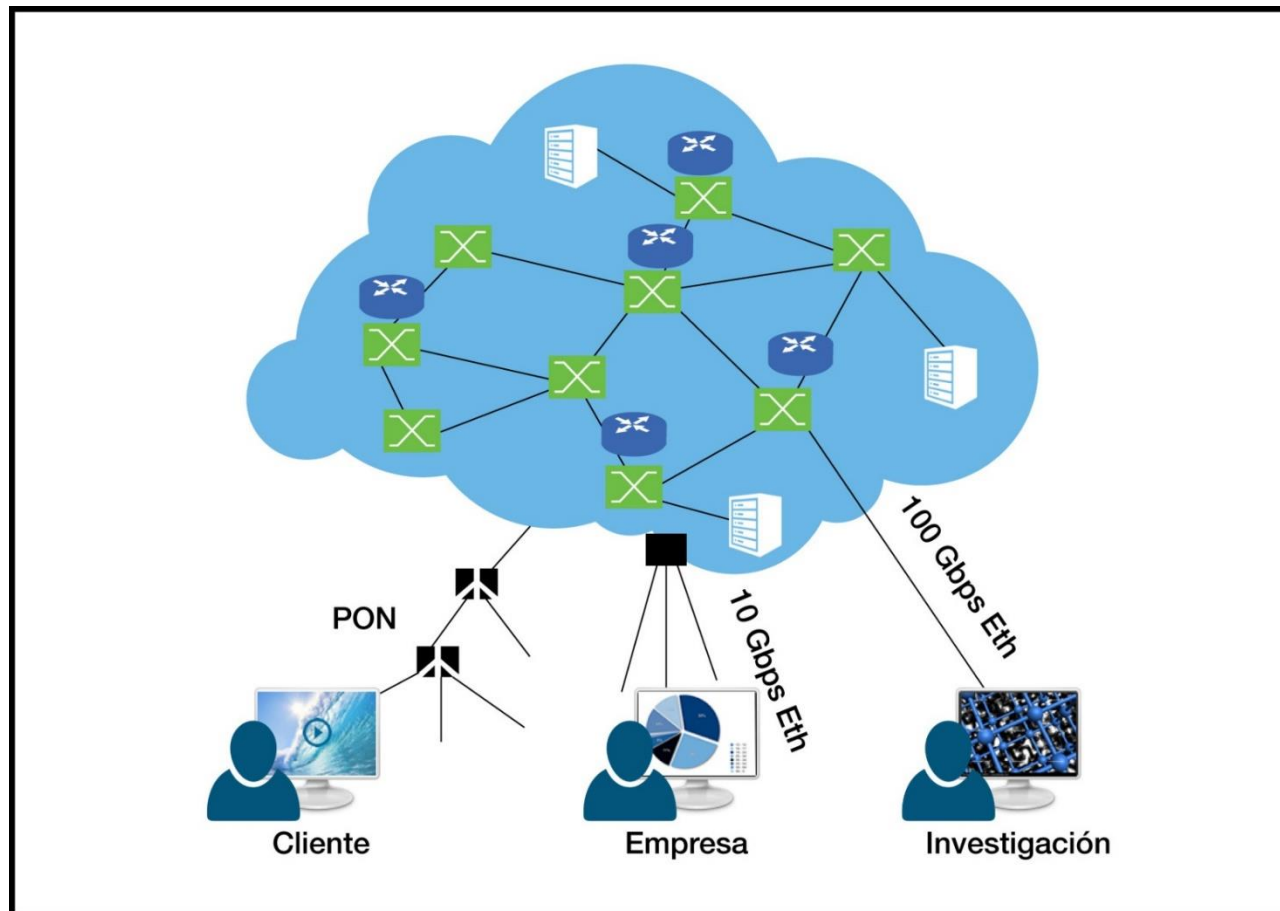
- Propone la separación del “Plano de Control” del “Plano de datos”
- El Plano de Control es administrado centralizadamente – Más eficiente
- Facilita enormemente la Virtualización de Redes



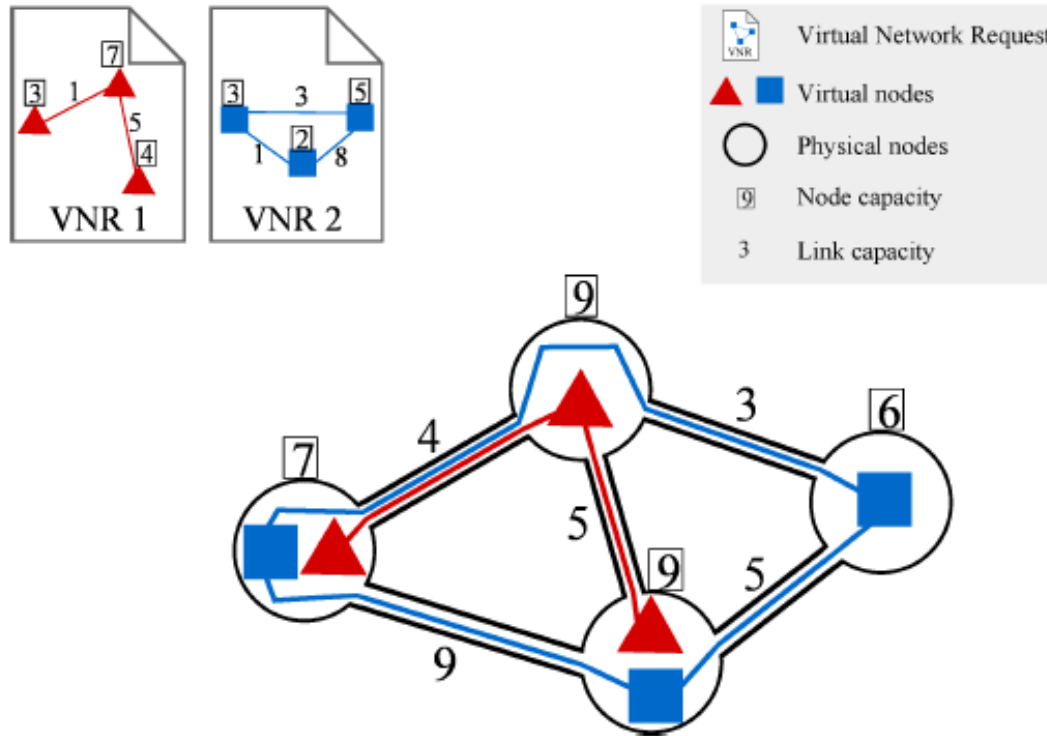
Justificación - Virtualización de Redes

3.- CLOUD NETWORKS

- Modelo de “Cloud Computing” requiere de redes administradas dinámicamente
- Recursos de IT y de Networking proveídos como servicios



3.- Virtual Network Embedding Problem (VNE)

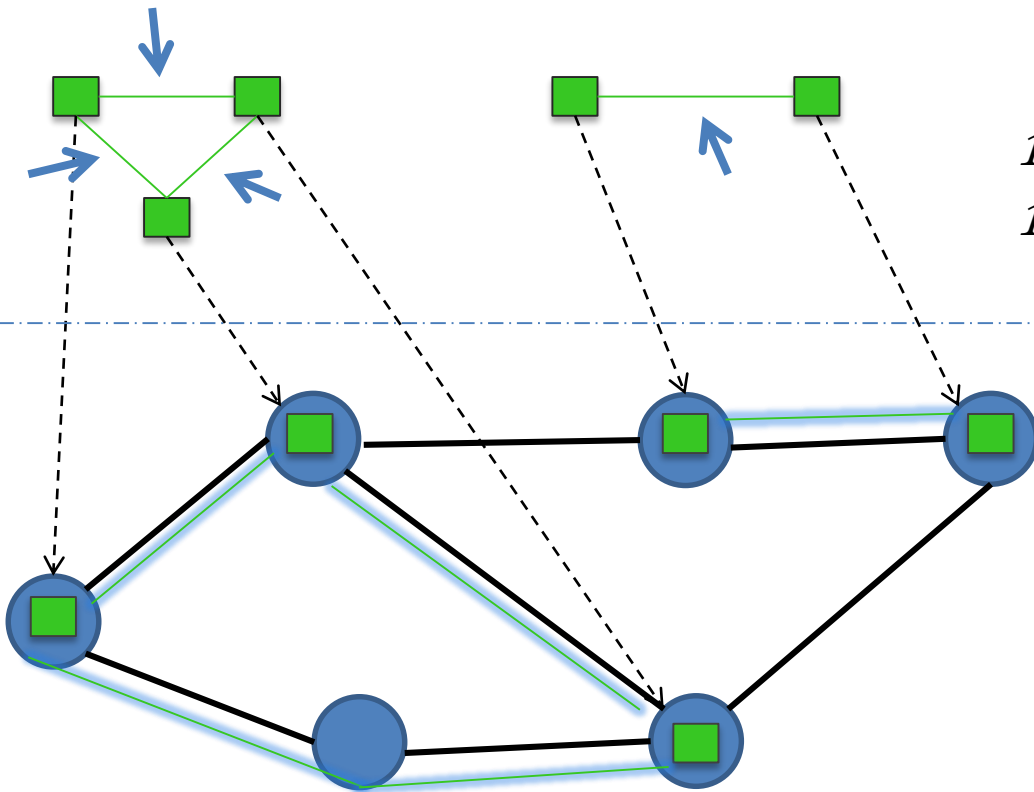


El problema VNE busca el mapeo óptimo en la asignación de recursos a redes virtuales. VNE puede ser dividido en : Virtual Virtual Node Mapping and Virtual Link Mapping

Virtual Network Embedding (VNE)

RED VIRTUAL
1

RED VIRTUAL
2



Función de Mapeo

Red física o de Sustrato
Redes Virtuales $G^v \subseteq G^s$

5. $G^v = (N^v, E^v)$

6. Restricciones $\rightarrow \log(n^v)$

7. $\forall e^v \in E^v \rightarrow dem_i(n^v)$

10. $\forall n^v \in N^v: dem_i(n^v) \leq cap(n^i)$

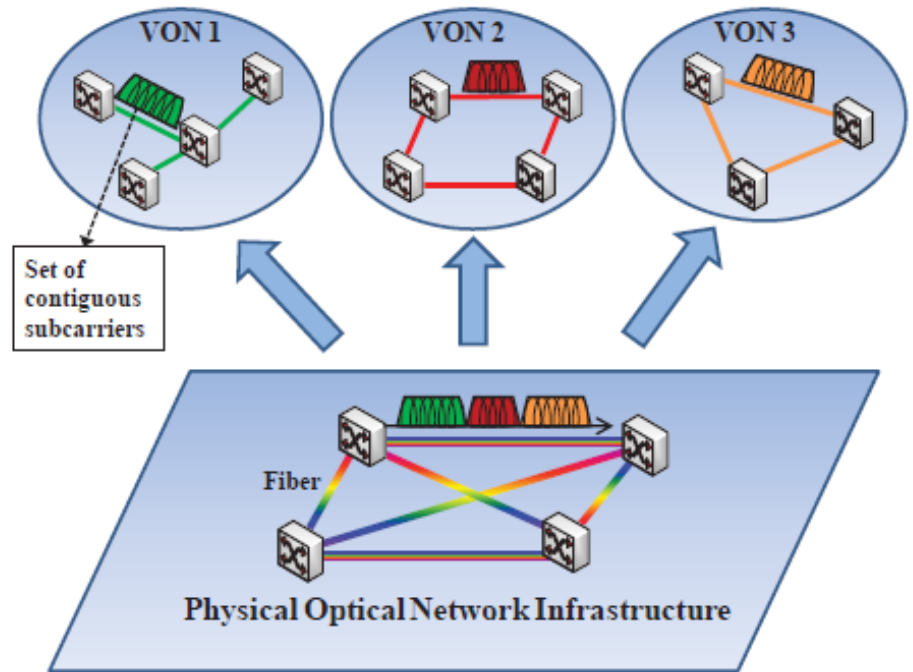
11. $\forall e^v \in E^v: \forall e^s \in g_i(e^v): dem_i(e^v) \leq cap(e^s)$

RED
FÍSICA

4.- Virtual Optical Network Embedding (VONE)

→ *Virtual Network Embedding sobre redes ópticas*

- *Medio analógico (Physical Layer Impairments - Linear or non-linear)*
- *Restricciones - Continuidad de espectro*
- *División del ancho de banda*



Aspectos del Problema VONE

1) **Online (dynamic) vs Offline (static)**

Offline: VNRs conocidos a priori

Online: VNR son mapeados a medida que llegan

2) **Optical Network Technology**

a) Single Line Rate / MLR / Flexible Grid

b) Redes Transparentes / Redes Opacas

3) **Node Mapping**

→ *Metodos de resolución: Heurísticas - ILP / MILP*

→ *Métricas de Desempeño*

Una taxonomía de los enfoques del problema VONE

SLR | MLR | EON] / [Transparent | Opaque] / [Full VONE | VOLM]

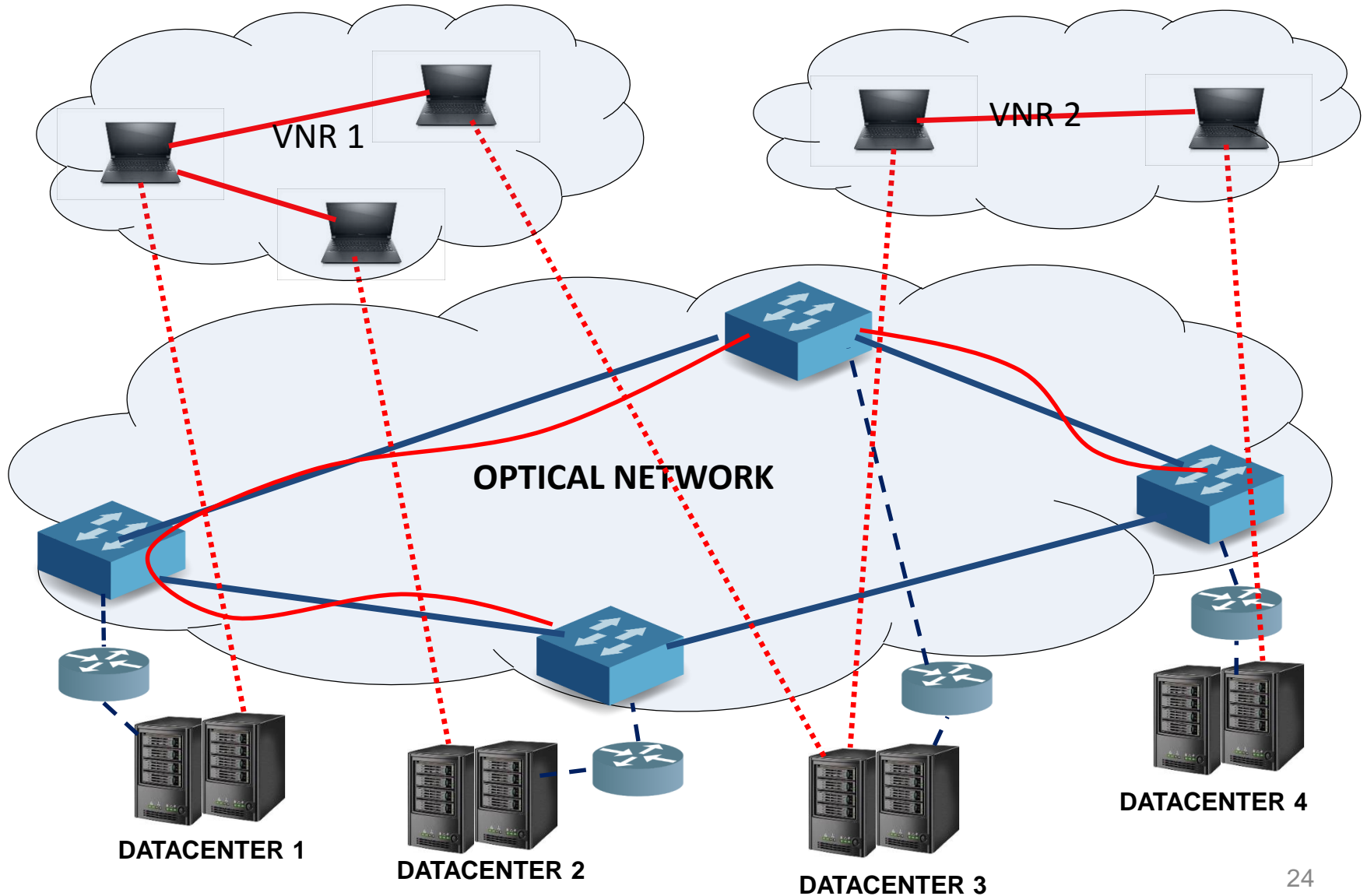
→ *Tipo de Red Optica Física: SLR / MLR / EON - Transparentes / Opacas*

→ *VOLM: Virtual Optical Link Mapping (se omite el mapeo de los nodos virtuales)*

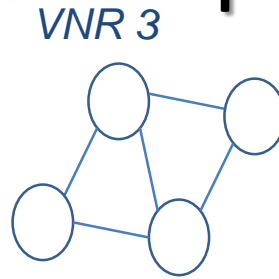
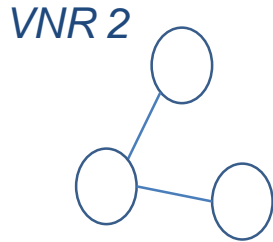
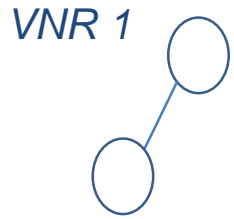
Otros aspectos que considerar

- 1) *Problema dinámico o estático*
- 2) *Supervivencia – o Resiliencia de la red ante fallas físicas (de nodo o de enlace) – (fallas simples o múltiples)*
- 3) *Reconfiguración de redes ópticas virtuales*
- 4) *Estrategia de optimización : ILP / Heurísticas / Metaheurísticas*
- 5) *Redes eficientes en el uso de energía*

El Problema VONE como virtualización conjunta de Recursos de IT y Networking

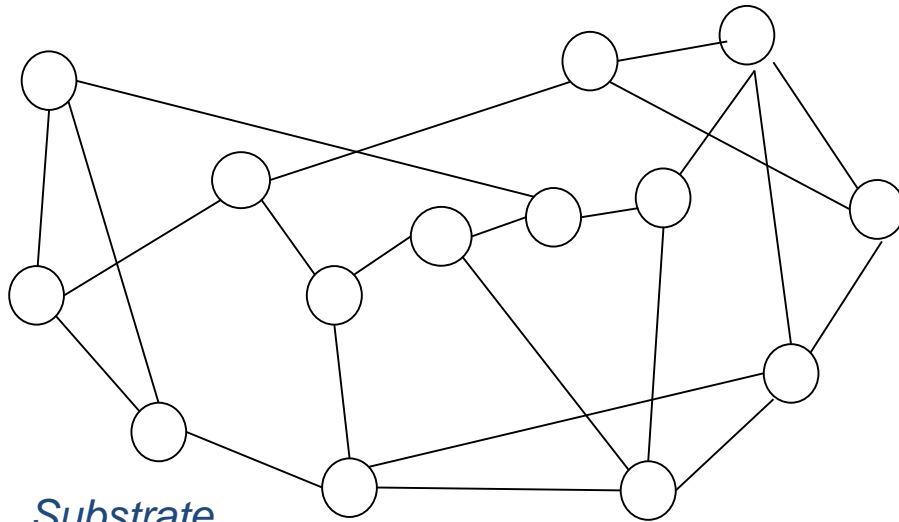


Objetivos individuales vs Métricas de desempeño



Objetivos en cada mapping

- a) Menor costo
- b) Balance de carga



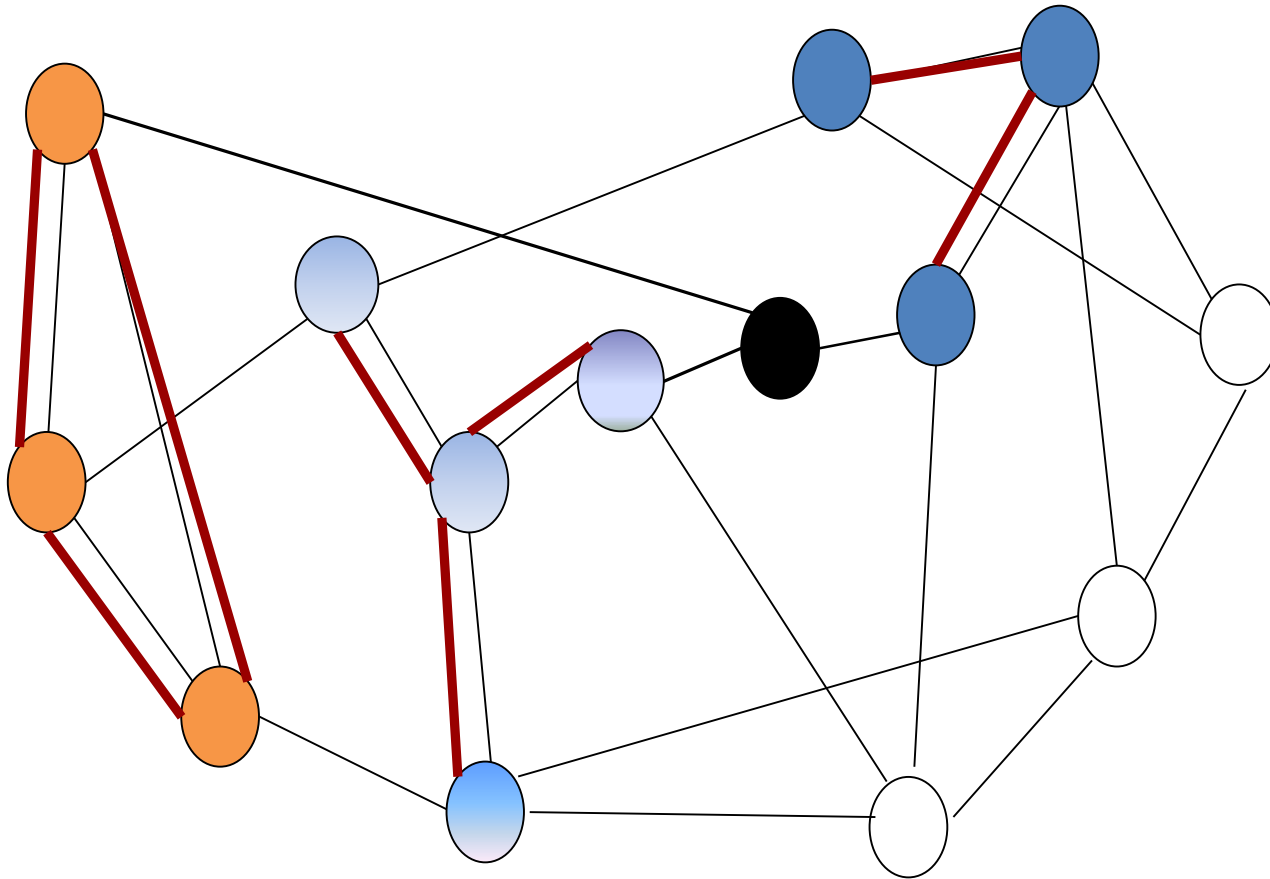
Substrate
Network

Tiempo

Métricas globales

- a) Relación Revenue/Costo (R/C)
- b) Tasa de VNR aceptados

Objetivo: Menor costo (enlaces virtuales)

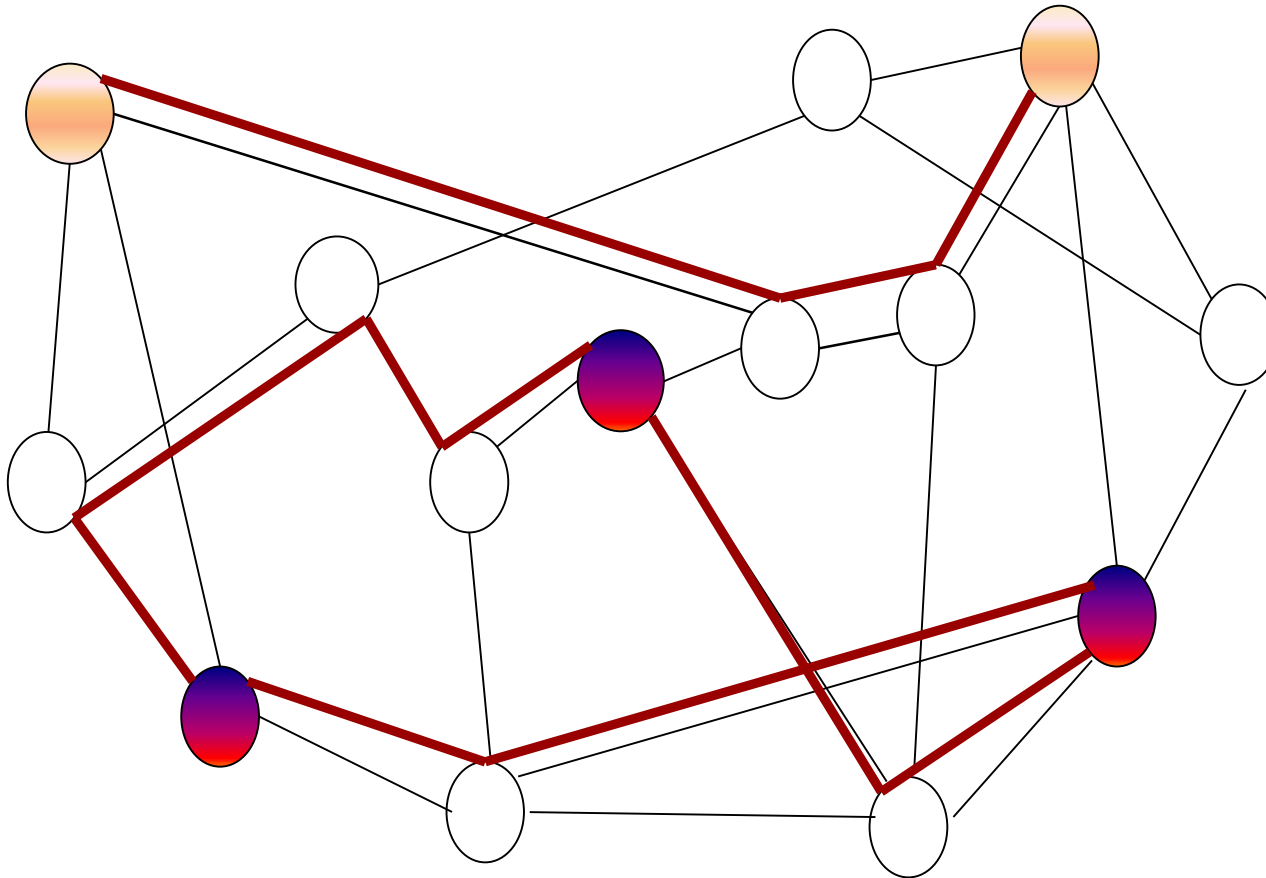


Nodos (o enlaces) aislados !! Aumenta la probabilidad de rechazo

a) Mejora en la métrica $REVENUE/COSTO$

b) Sin embargo, suceden muchos rechazos (Menor $TASA DE ACEPTACIÓN$)

Objetivo: Balance de carga



Nodos más separados → Enlaces más extensos → Mayor COSTO !!

a) Mejora en la métrica TASA de ACEPTACIÓN

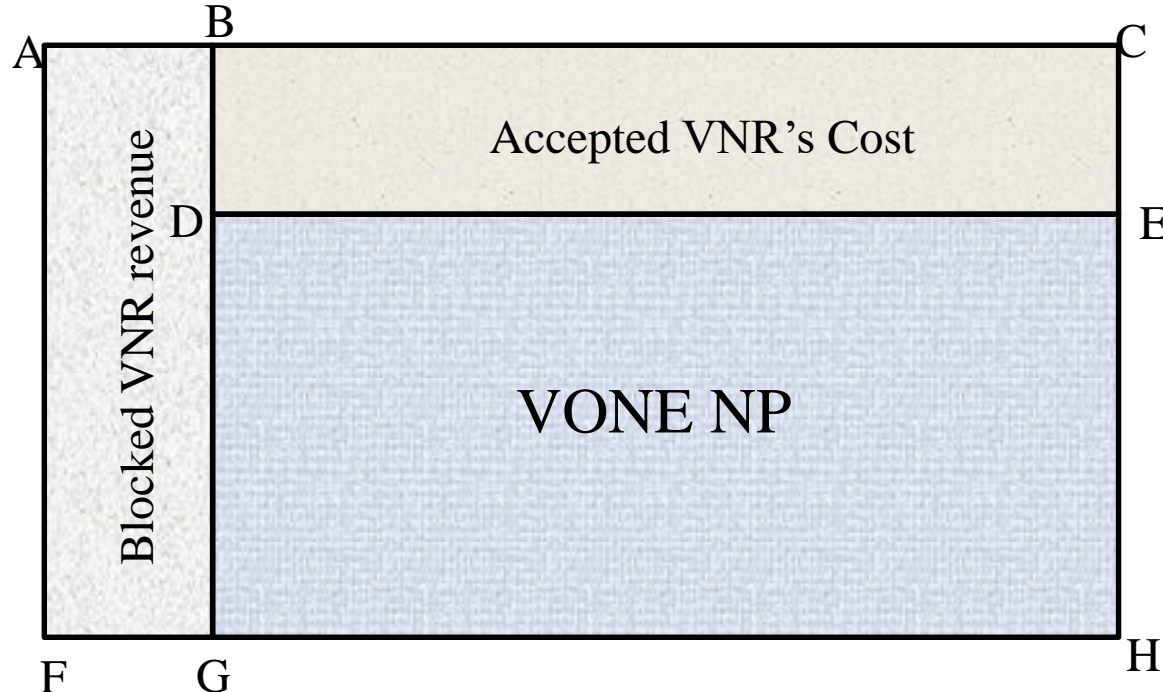
b) Sin embargo, a costa de la relación REVENUE/COSTO

Propuesta: VONE NP (Normalized Profit)

$$Rev^{VNR} = \left[\alpha \sum_{N^V} c_n^V + \beta \sum_{L^V} B_l^V \right] LT$$

$$Cost^{VNR} = \left[\gamma \sum_{N^P} c_n^P + \delta \sum_{L^P} B_l^P \right]$$

$$VONE\ NP = \frac{\sum_{Acc} Rev^{VNR} - \sum_{Acc} Cost^{VNR}}{\sum_{Tot} Rev^{VNR}}$$



5.- Problema: Virtual Infrastructure Planning

- El Requerimiento individual en este caso consiste en
 - a) Nodo origen (service node)
 - b) Un requerimiento de recursos de IT (número de VM o de recursos de computación)
 - c) Un requerimiento de recursos de Red (Ancho de banda requerido)
- Los recursos de IT pueden ser proveídos por diversos Datacenters distribuidos en los nodos de la red
- Se trata de un problema de “Routing Anycast”

6.- Publicaciones sobre VNE / VONE

Publicaciones - Conferencias

1. E. Dávalos, B. Barán, D. Pinto. “A survey on optical network virtualization”. *CCIS 2014*, Octubre 2014
2. E. Dávalos, C. Aceval, V. Franco, B. Barán. “A multi-objective approach for virtual network embedding” *CLEI 2015*, Octubre 2015
3. E.Dávalos, M. Tilería, A. Yu, B.Barán. “Network Virtualization in optical networks with traffic grooming” *CLEI 2015*, Octubre 2015

Aceptado para su publicación en Revistas:

1. E. Dávalos, C. Aceval, V. Franco, B. Barán. “VNE-MOILP: A Multi-objective approach for VNE problem”. Aceptado en “*CLEI Electronic Journal*” – 2016.

Estado actual

- Artículos a ser remitidos a revistas - 1er Semestre 2016
 - 1.- Enrique Dávalos, Benjamín Barán. “A survey on Virtual Optical Network Embedding for Cloud Networks”. En revision
 - 2.- Enrique Dávalos, Marcos Tilería, Aloysious Yu, Benjamín Barán. “Optical Network Virtualization Embedding with traffic grooming”– Versión extendida de trabajo anterior, en redacción
- Tutorías de Tesis – Ingeniería en Informática
 - 4 Grupos de Tesis con temas relacionados a problemas de optimización de redes virtuales sobre infraestructuras ópticas.

Trabajos Futuros

- 1.- Aplicar técnicas de Optimización Multi-objetivo
- 2.- Redes Opticas “Multi – Domain”
- 3.- Tráfico Multicast
- 4.- Redes de bajo consumo de energía

