Arquitecturas de Fibra hasta la Casa

jrgbish@gigared.com.ar

Agenda

- Motores que impulsan el cambio
- Posibles soluciones y alternativas
- Conclusiones

Motores del Cambio

- Mayor cantidad de dispositivos conectados
- Diferentes hábitos de ver Televisión.
- Uso intensivo de la Internet

Más Dispositivos Conectados

- Décadas del 60 & 70 ➔ 1 Televisor
- Década del 80 ➔ 1 o 2 Televisores
- Década del 90 ➔ 2 o 3 Televisores & 1 PC
- Decada del 2000 ➔ 3 TVs & 1 o 2 PCs
- Decada del 2010 ➔ 3 o 4 Televisores (1 x cuarto)
  2 Computadoras de Escritorio
  Notebook & Tablet (portable)
  Teléfono Inteligente

Diferentes Hábitos de ver TV

- Durante muchos años la modalidad de ver Televisión estuvo dominada por el zapping.
- La digitalización de la señal de TV revoluciona el modo de transmitir y consumir televisión :
  ➔ Posibilidad de transmitir mas señales
  ➔ Posibilidad de transmitir alta definición
  ➔ Posibilidad de encapsular la señal en IP
- La IPTV abre un nuevo paradigma dentro de la TV:
  ➔ Canales o Bibliotecas de Contenido
- El público apunta hoy hacia una TV mas personalizada:
  ➔ Poder elegir que ver en el momento que quiere

Uso Intensivo de Internet

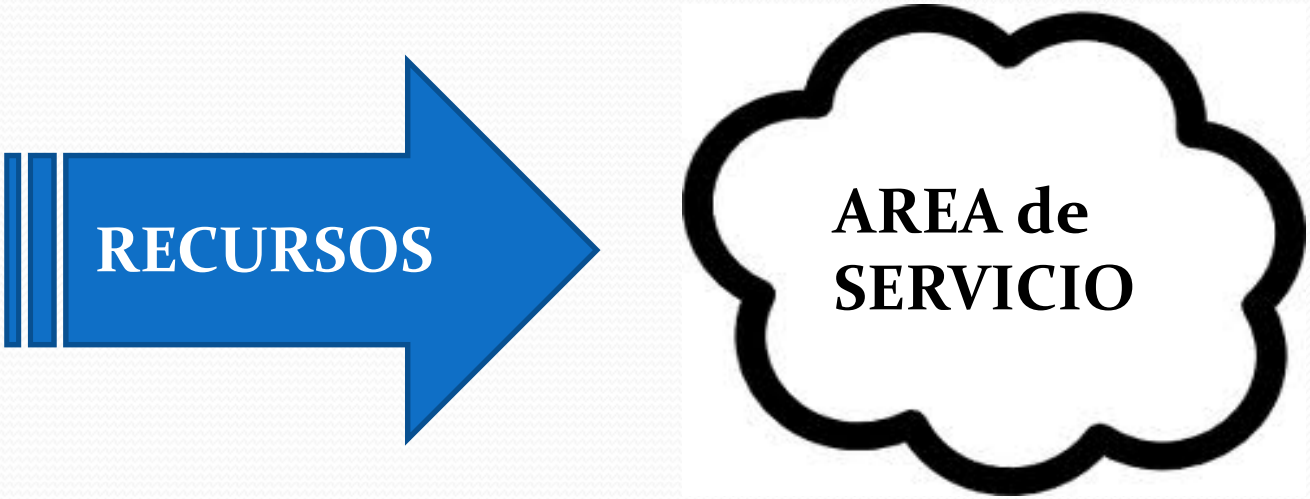
- Predicciones de Cisco para el 2016:
  - ➔ El tráfico global anual superara 1 Zettabyte (10^{21} Bytes)
  - ➔ El tráfico global se multiplicó por 8 en los últimos 5 años y se multiplicará por 4 en los próximos 5 años
  - ➔ Cada usuario tendrá como promedio tres dispositivos conectadados a la red
  - ➔ Creciente tráfico de Internet que no proviene de PCs: tabletas, smart phones, TVs y M2M (machine to machine)
  - ➔ El tráfico de los dispositivos inalámbricos excederá al de los dispositivos cableados
  - ➔ El tráfico pico crecerá mas rápido que el tráfico promedio
  - ➔ El video representara mas del 55% del tráfico global
  - ➔ El tráfico de Internet de Video al TV se multiplicara x 6

http://www.cisco.com/en/US/solutions/collateral/ns341/ns525/ns537/ns705/ns827/VNI_Hyperconnectivity_WP.html

Asignación de Recursos

Canales Analógicos
Canales Digitales
Canales de Down CM

Nodo
Grupo de Nodos

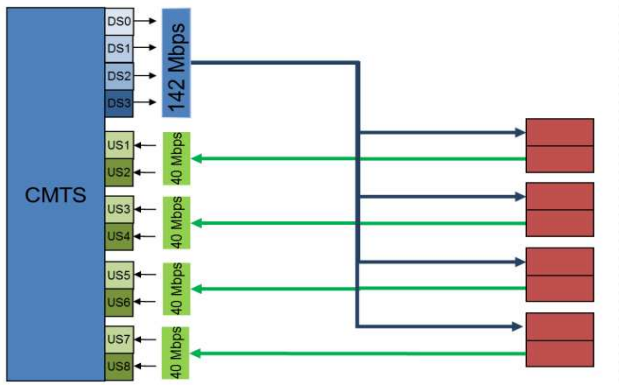


Durante muchos años trabajamos reduciendo el tamaño del area de servicio.
Estamos en una situación límite al única solución lógica es aumentar los recursos

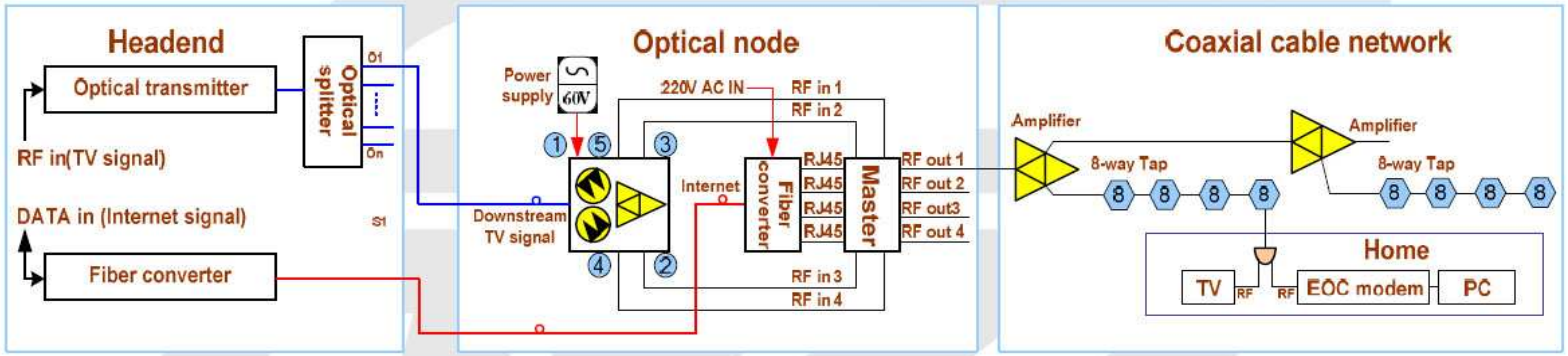
La necesidad de contar con mas canales para downstream de CM y TV digital en muchos casos obligará a una reducción en la cantidad de canales analógicos .

Soluciones Tecnológicas

- Docsis 3.0 ➔ Channel Bonding = Agrupa Canales
  Mas Downstreams x Área de Servicio



- EOC ➔ Ethernet Over Coax



Soluciones Arquitectónicas

HfC → HFc

- Hay que asignar mucho mas peso a la planta de Fibra Óptica.
- Reducir el tamaño del Nodo:
  - ➔ Fiber Deep
  - ➔ Nodo mas Cero
- Fibra a la Casa = FTTH :
  - ➔ RFoG = RF over Glass
  - ➔ Active Ethernet
  - ➔ GePON / GPON

En que consiste la arquitectura RFoG ?

- **RFoG** = **R**adio **F**recuency **O**ver **G**lass
- RFoG es una distribución óptica totalmente pasiva que llega con un cable de Fibra Óptica directamente a la casa.
- El tramo de distribución con cable coaxil queda reducido al interior de la vivienda.
- Constituye una herramienta competitiva de los cableros para enfrentar al FTTx de las compañías telefónicas.
- El esquema de distribución es muy similar al que teníamos con cable coaxil pero reemplazando :
  ➔ cable coaxil por cable de fibra óptica
  ➔ pasivos de RF por taps y divisores ópticos

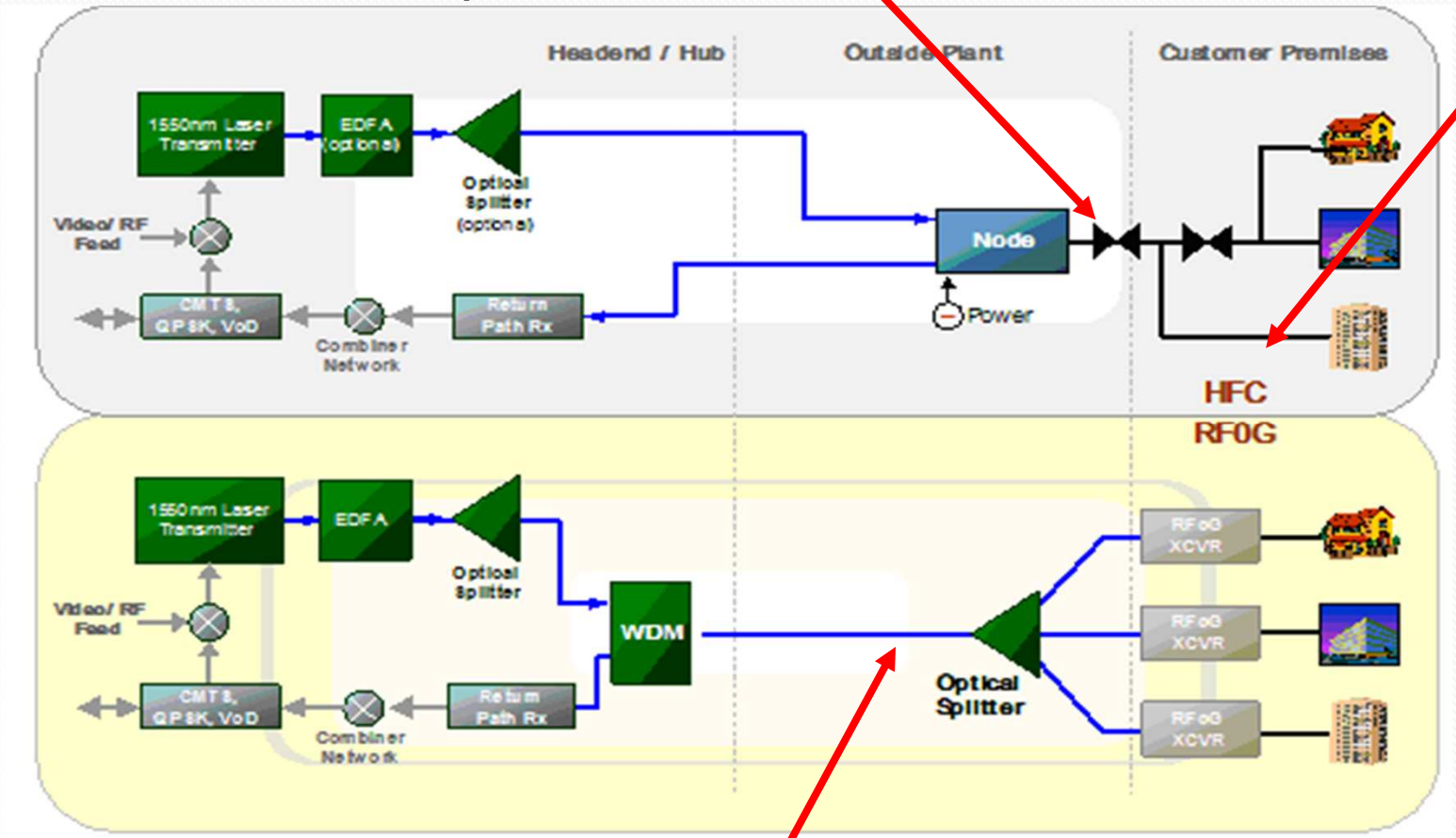
Comparación HFC vs RFoG

- La distribución con cable coaxil del HFC se reemplaza ahora por un cable de Fibra Óptica.
- Constituye una distribución óptica totalmente pasiva .
- Utiliza una única fibra con diferentes longitudes de onda para las transmisiones de downstream y upstream.
- Downstream ➔ 1550 nm
- Upstream ➔ 1590 nm o 1310 nm
- El uso de 1590 nm para upstream permite soportar simultaneamente aplicaciones de tipo xPON que operan en 1490 nm / 1310 nm

HFC vs RFoG: Esquema de Distribución

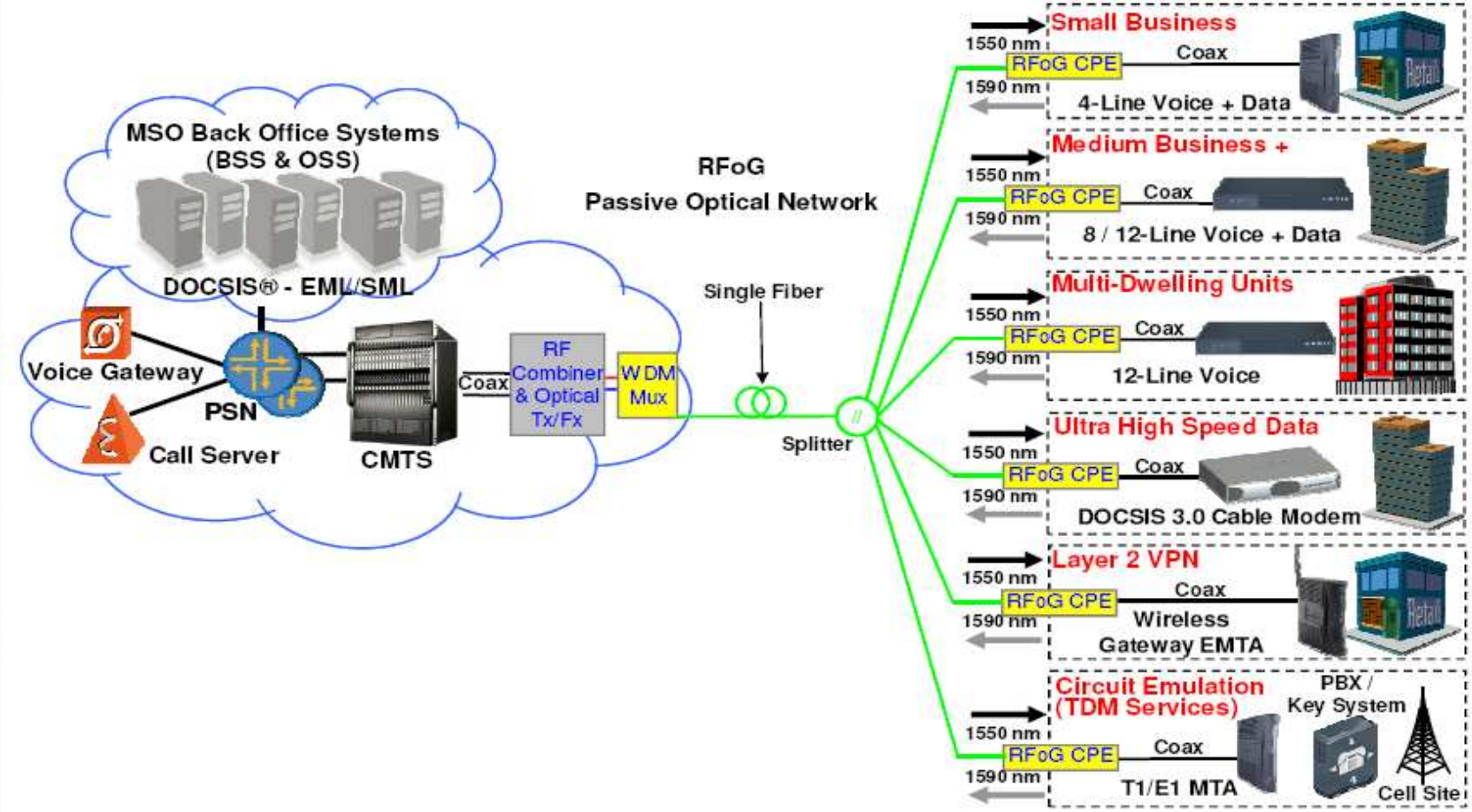
Cascada de Amplificadores

Red de cable coaxil



Red pasiva de Fibra Óptica

Docsis sobre RFoG



Como se evitan las colisiones

- Las aplicaciones son quienes controlan cuando transmite cada CPE, ejemplo Docsis para los Cable Modems.
- El transmisor de retorno de cada NIU trabaja en modo burst y esta normalmente apagado.
- El transmisor de retorno solo se activa cuando tiene exitación, o sea cuando un CPE del cliente necesita transmitir.

OBI = Optical Beat Interference

- RFoG parte de la base de que la aplicación es quien controla el acceso al medio y no existirán colisiones.
- Esto solo se cumple en los siguientes casos:
  - Existe una sola aplicación que requiere el uso de una transmisión de retorno.
  - Estamos trabajando con Docsis 1.1, 1.1 & 2.0 con un solo canal de upstream que utiliza TDMA
- Existe posibilidad de colisión en el dominio óptico en los siguientes casos:
  - Más de una aplicación en el retorno: ej. STBs & Docsis
  - Docsis utilizando modulación S-CDMA
  - Varios canales TDMA no sincronizados : ej. Docsis 3.0
  - Fuerte ingreso de interferencia en una casa dispara el TX

OBI = Optical Beat Interference

- En el dominio de RF cuando dos o mas portadoras inciden sobre un dispositivo alineal se generan batidos e intermodulaciones.
- En el dominio óptico se produce un proceso similar cuando dos o mas señales inciden sobre el fotodiodo de un receptor óptico, el cual es en esencia un dispositivo alineal de segundo orden.
- **Señales que no colisionan en el dominio de RF si pueden colisionar en el dominio óptico.**

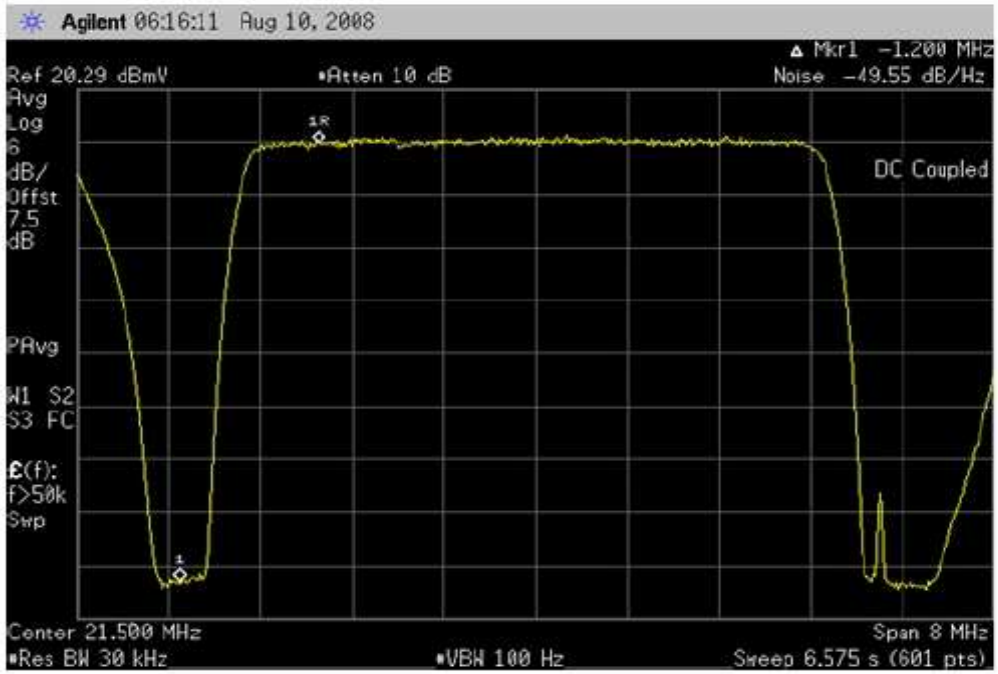
Efecto Separación Portadoras en CNR

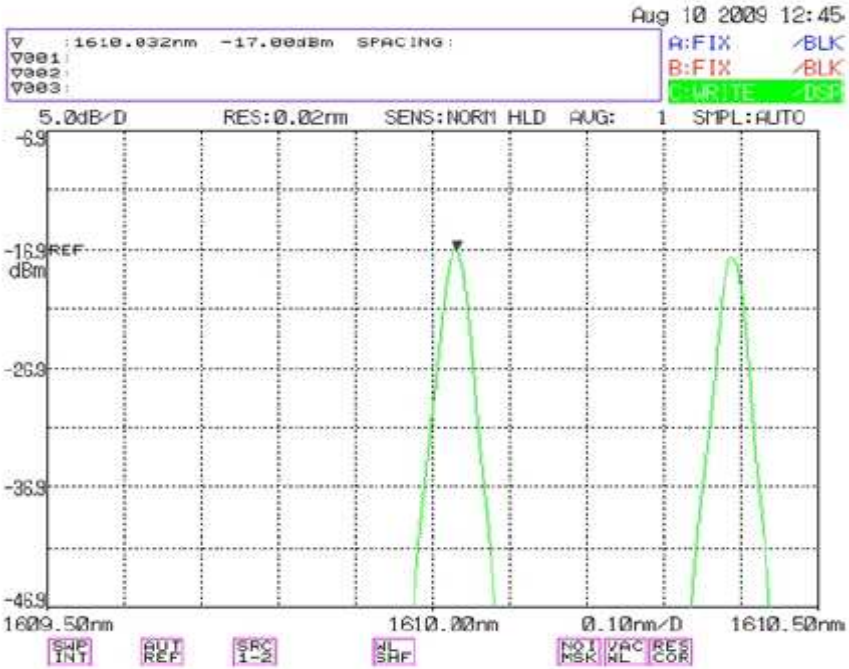
Cuanto mas pura sea la portadora óptica y mas distanciada este de otras señales tanto menor resultará la incidencia del OBI .

Table 9. BER Performance for 64-QAM Signal at Different Separations between Wavelengths of DFB Transmitters

Wavelength Separation (GHz)	BER (pre-FEC)	BER (post-FEC)	MER
> 10	10E-12	10E-12	43.1
3 - 5	10E-9	10E-12	34.7
< 1	No Sync	No Sync	No Sync

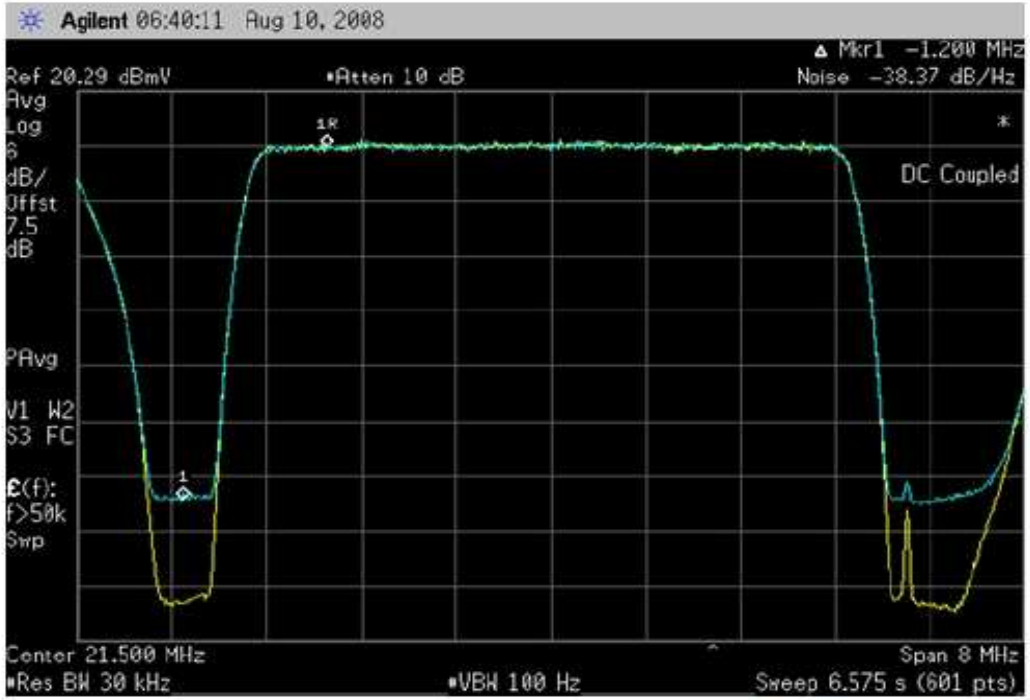
Efecto Separación Portadoras en CNR

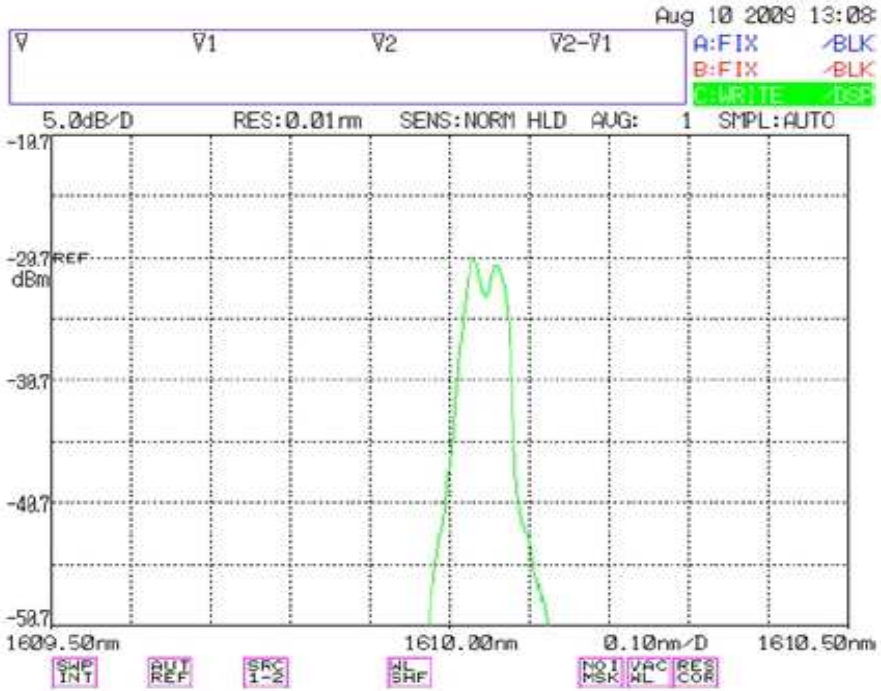




(a) >10 GHz Wavelength Separation

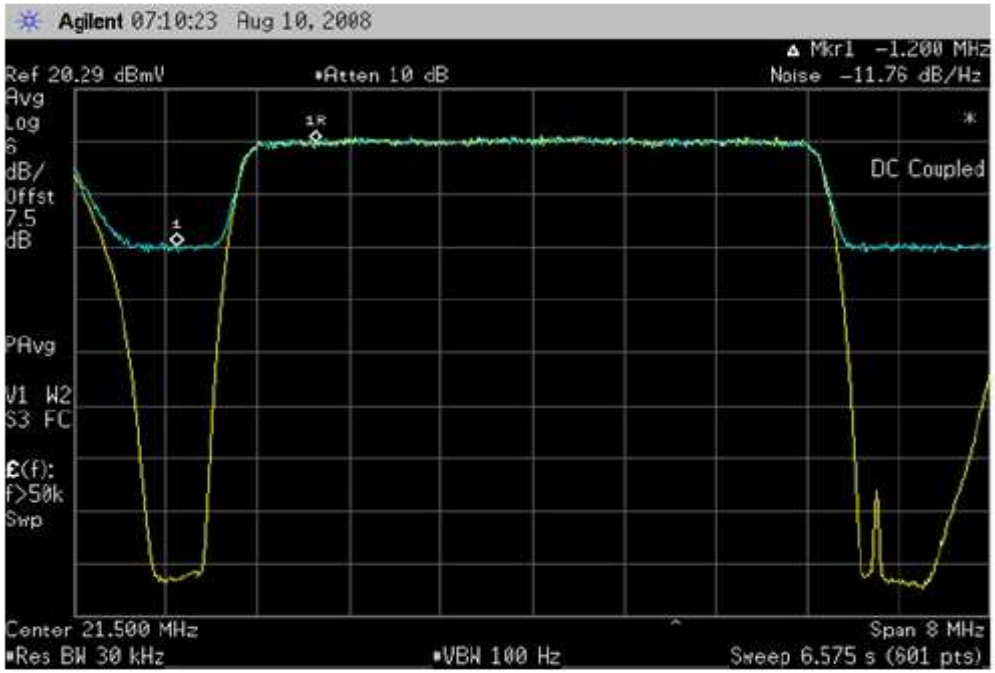
Efecto Separación Portadoras en CNR

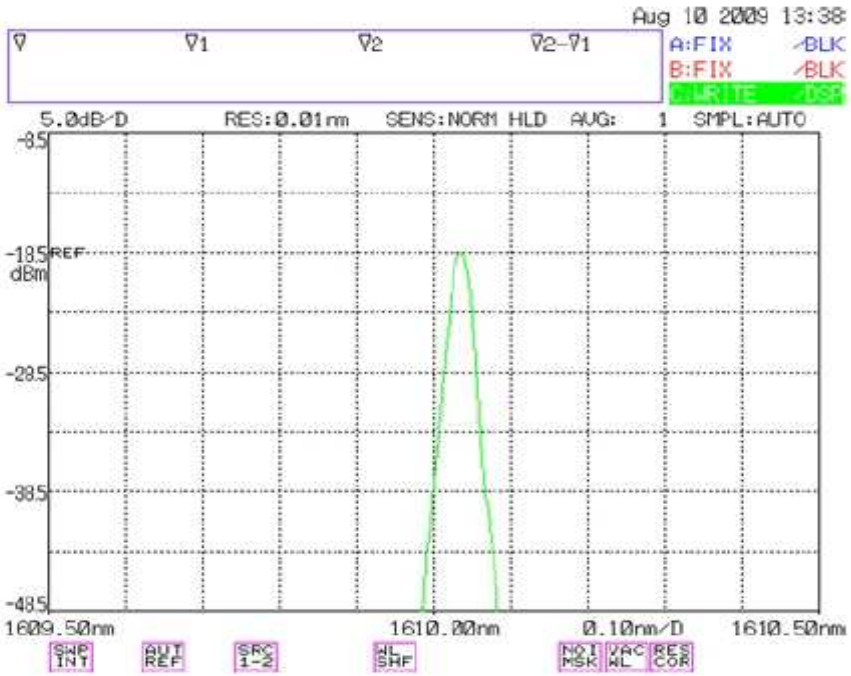




(b) 3 - 5 GHz Wavelength Separation

Efecto Separación Portadoras en CNR





(c) < 1 GHz Wavelength Separation

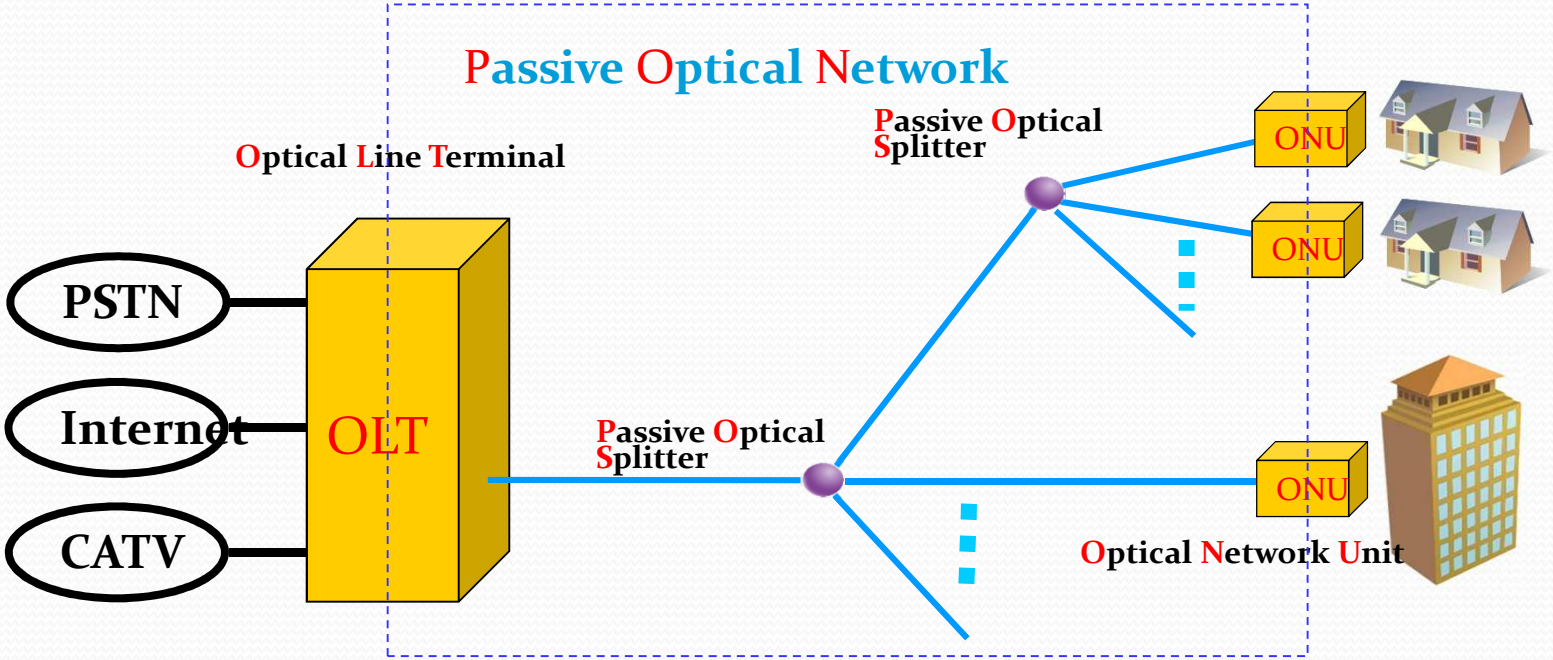
Principales Ventajas RFoG

- Se mantienen los equipos en ambos extremos :
  ➔ Headend : TX & RX Laser, moduladores, CMTSs, etc
  ➔ Equipamiento del cliente: Set Tops, Cable Modems, MTA
- Comparte los mismos sistemas de aprovisionamiento y administración que el HFC.
- Menor ingreso de interferencias en el retorno:
  ➔Permite utilizar la banda de 5 a 20 MHz y trabajar con 64 QAM
- Mayor capacidad de downstrem : Aplicable a IPPV, VOD & CM
  ➔ 1 GHz sin problemas de cascada y espaciamiento
- Un mismo headend puede alimentar nodos HFC y RFoG.
- Costo competitivo en zonas de baja densidad

Principales Desventajas RFoG

- Sigue vinculado con la misma canalización de 6 MHz heredada del mundo analógico lo cual adolece de las mismas limitaciones, sobre todo para el caso de transmisiones digitales (datos e IPTV)
- El CPE (Customer Premises Equipment) que debe instalarse en la casa de cada cliente es un mininodo ➔ Elevado costo por cliente
- Su aplicación en zonas de alta densidad resulta mas cara que el HFC
- El OBI puede llegar a ser un problema en casos de alta interactividad

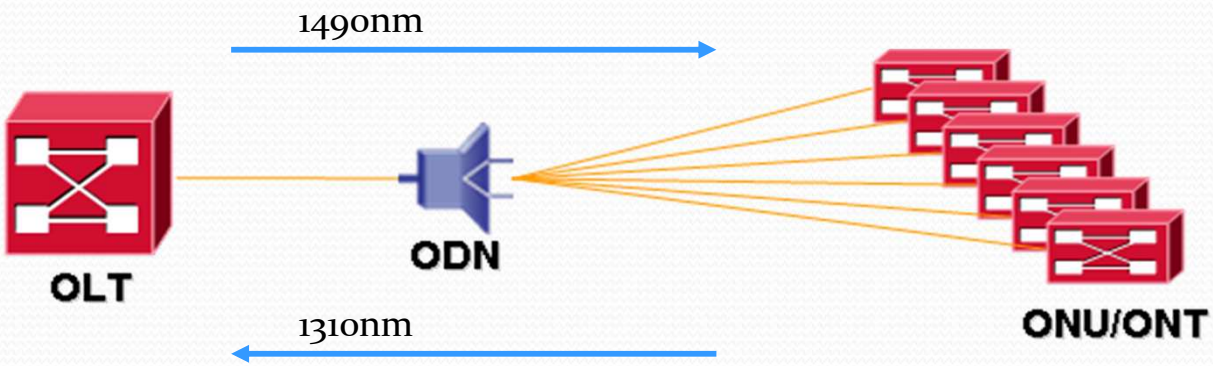
Otras Redes Ópticas Pasivas



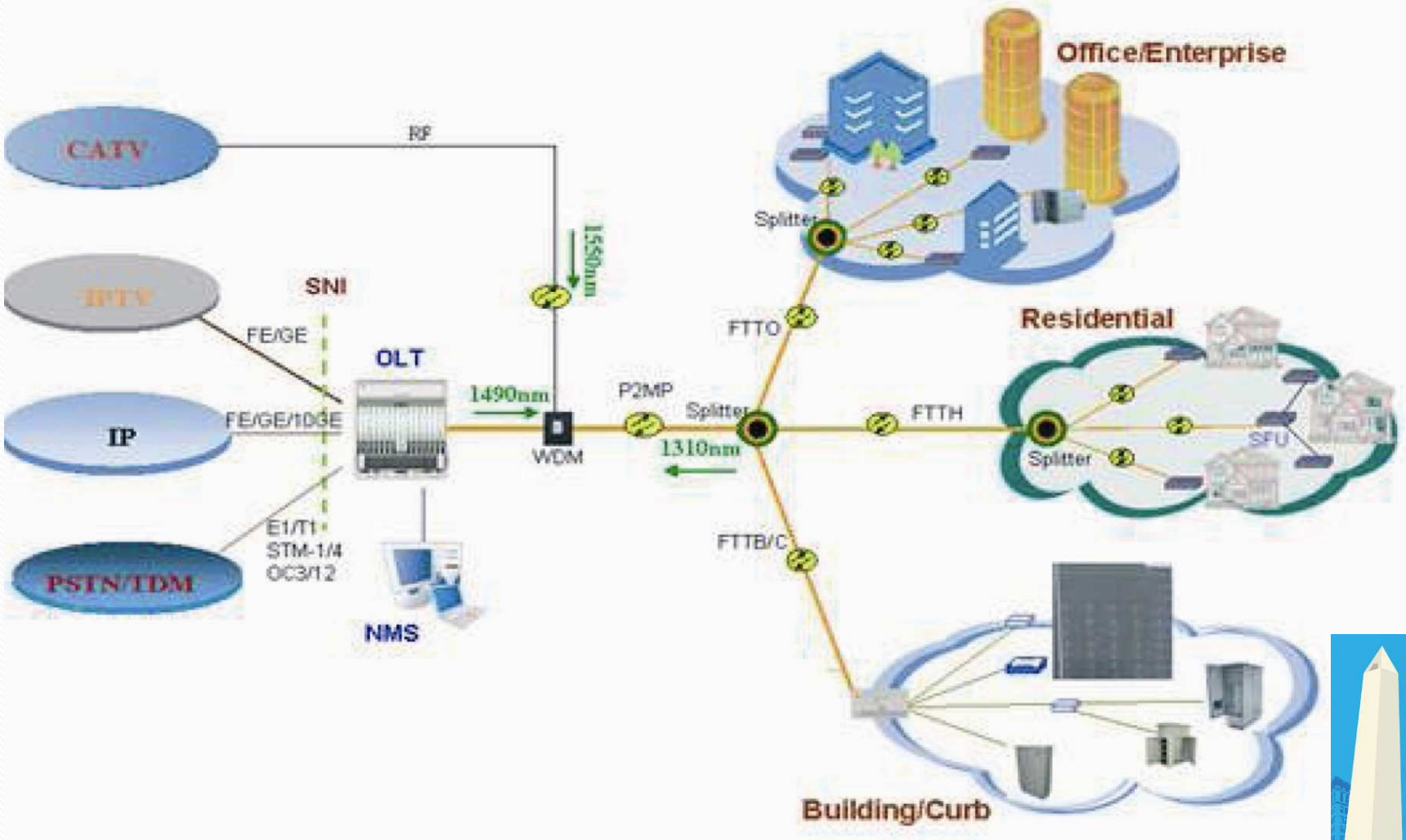
- PON = Red de Distribución Óptica Pasiva
  ➔ Solo utiliza fibra óptica / multiplexores / divisores ópticos
- Los equipos activos se sitúan en los extremos de la red :
  Lado Central ➔ OLT = Optical Line Terminal
  Lado Cliente ➔ ONU = Optical Network Unit

Principio de operación

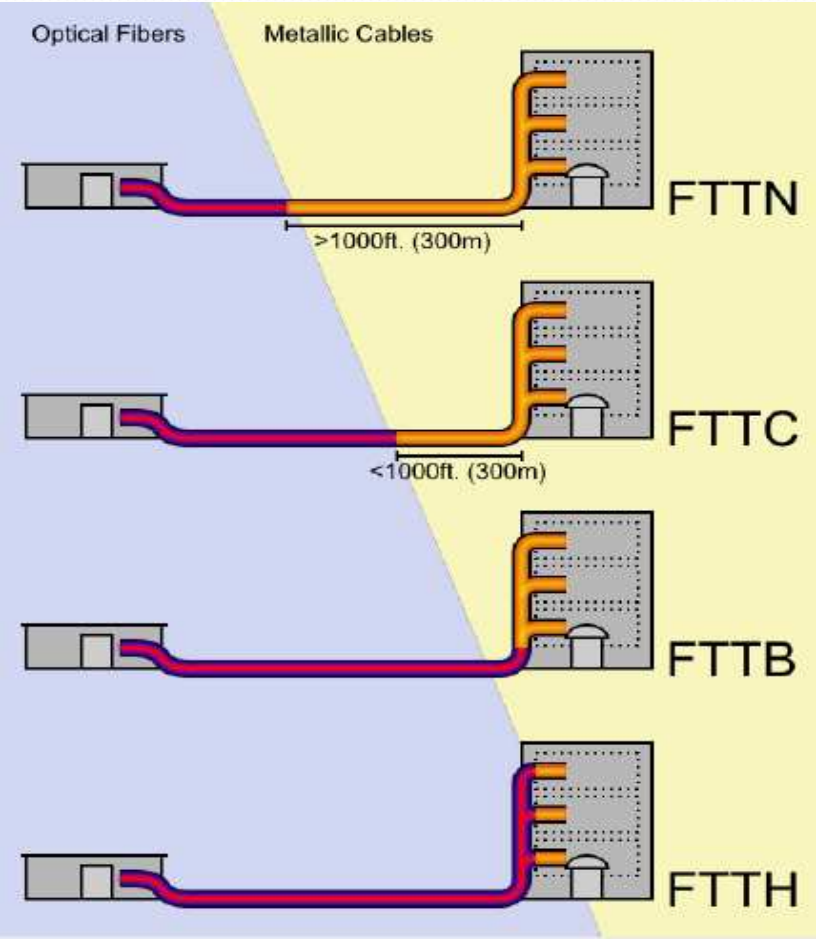
- Se basa en una arquitectura Punto a Multipunto
- Utilizando diferentes longitudes de onda transporta sobre una misma fibra las señales de downstream & upstream:
  Downstream ➔ 1490 nm
  Upstream ➔ 1310 nm
- Trabaja con diferentes técnicas de multiplexación :
  Downstream ➔ Broadcast / TDM
  Upstream ➔ TDMA



Arquitectura PON



Topologías de Redes xPON

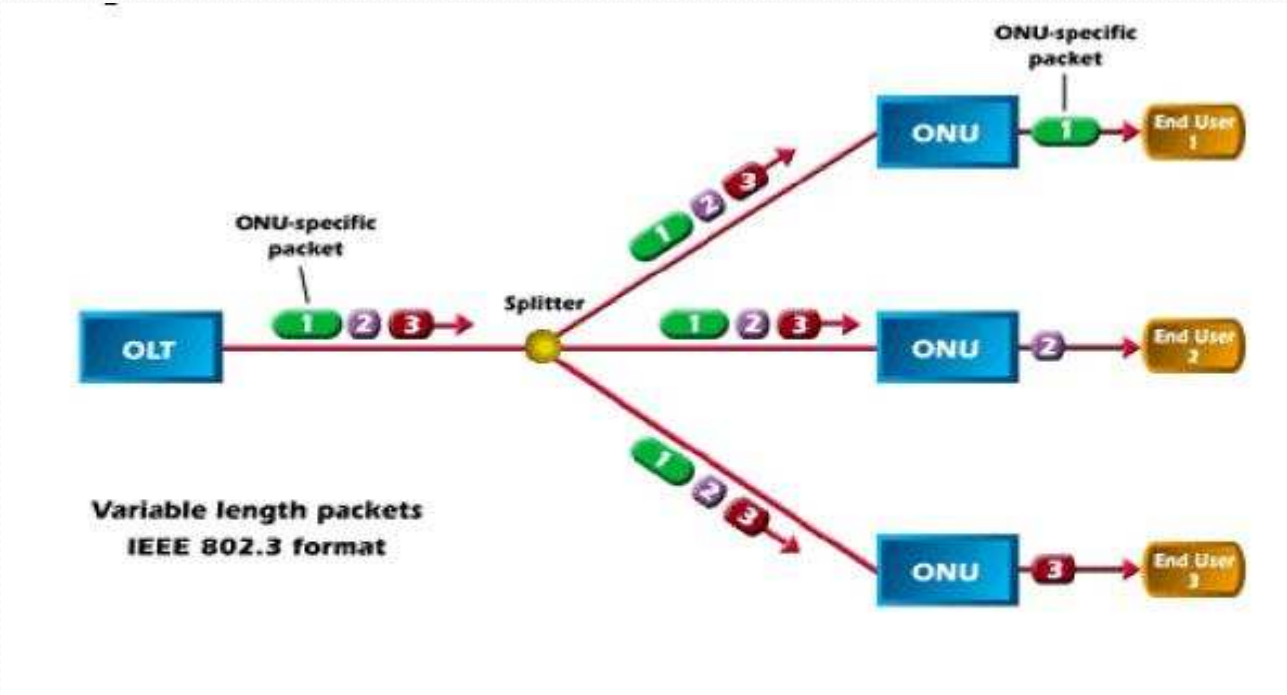


- Fibra al Nodo
  Acceso con Fibra Óptica & Cable Coaxil
  200 a 500 hogares por fibra
  Velocidades hasta 30 Mbps
- Fibra hasta el Gabinete
  Acceso Fibra Óptica & Par de Cobre (exterior)
  10 a 100 hogares por fibra
  Velocidades hasta 50 Mbps
- Fibra hasta el Edificio
  Acceso Fibra Óptica & Par de Cobre (interior)
  32 hogares por fibra
  Velocidades hasta 100 Mbps
- Fibra hasta la Casa
  Acceso de Fibra Óptica
  1 Hogar por fibra
  Velocidades superiores a 100 Mbps

Standares Internacionales

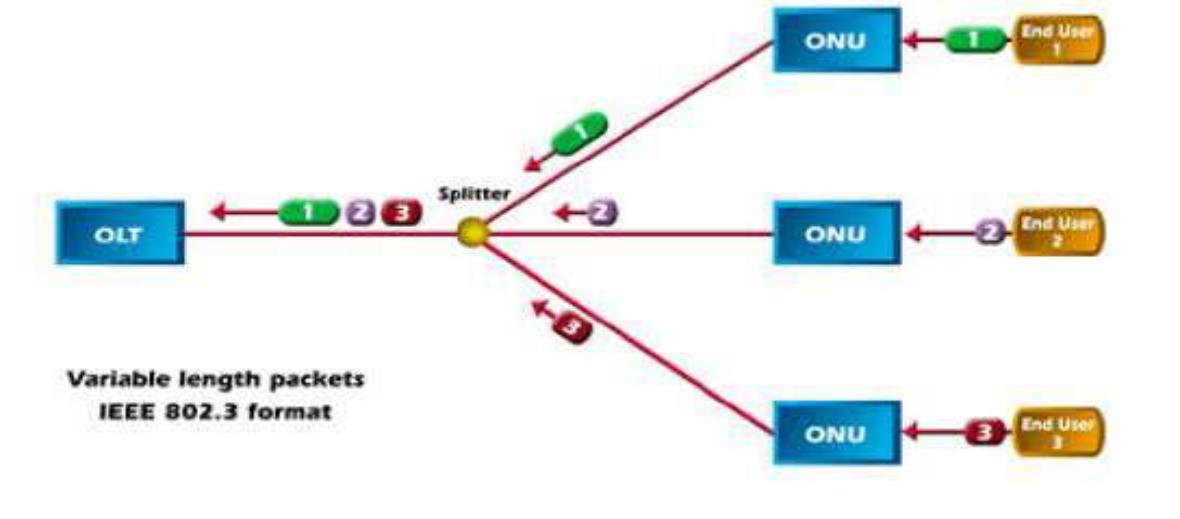
- Hay dos organizaciones internacionales que desarrollaron los standares de comunicación para los protocolos PON.
- **ITU** = International Telecommunications Union ➔ Europa
  Ha desarrollado standares para HDSL, ADSL, SS7, etc . Todos los "carries" del mundo pertenecen y soportan al ITU.
- **IEEE** = Institute of Electrical and Electronic Engineers ➔ USA
  Organización que ha ido cobrando importancia en los últimos cinco a diez años, principalmente en el mercado IT (datos). Pero como datos y telefonía convergen el IEEE hoy esta involucrado en muchos standares de "telecomunicaciones".

xPON – Canal Descendente



La transmisión de downstream es tipo TDM .
Los paquetes de información llegan a todas las ONUs, cada una toma el que le corresponde y descarta el resto.

xPON – Canal Ascendente



La transmisión en upstream utiliza técnicas de TDMA.
Cada ONU tiene una ventana de tiempo para transmitir.
De esta manera se evita que se produzcan colisiones.
Los diferentes paquetes se multiplexan en tiempo
y son recibidos por el OLT.

Diferentes Sabores de PON

- TPON = Telephone over PON (British Telecom)
- APON = ITU-T ATM PON
- BPON = ITU-T Broadband PON
- EPON = IEE802.3ah Ethernet PON
- GPON = ITU-T 1 Gbps capable PON
- GEPON = Gigabit Ethernet PON
- DPON = Docsis PON
- WDM-PON = Wave Division Multiplexing PON
- RFoG = Radio Frequency Over Glass
- 10GEPON = 10 Gigabit Ethernet PON

Standard PON de la ITU-T

- La ITU fue la primer organización en proponer un standard PON
  ➔ APON = Asyncronous Transfer Mode PON
- **APON** nace a mediados de la decada del 90 operando con: - 622 Mbps de downstream en 1550 nm
  - 155 Mbps de upstream en 1310 nm - No prevee transmisión tipo broadcast
- **BPON** = Broadband PON – Año 2001
  - Incorpora la transmisión broadcast de TV analógica
  - Cambia el downstream a 1490 nm - Broadcast ubicado en 1550 nm
- **GPON** es el último standard de la ITU – Año 2003
  - Transporte nativo de ATM, TDM, E1/DS1 y ethernet
  2.488 Mbps de downstream y 1.244 Gbps de upstream

Standard PON del IEEE

- En Noviembre del año 2000 se forma el grupo de estudio para "Ethernet in the First Mile" auspiciado por el IEEE.
- Basado en el protocolo Ethernet.
- Capacidad actual GEPON :
  - Downstream:1.25 Gbps en 1490 nm (algunos ofrecen 2.5 Gbps)
  - Upstream: 1.25 Gbps en 1310 nm
  - Broadcast en 1550 nm
- Capacidad Futura 10 GEPON :
  - Downstream:10 Gbps
  - Upstream: 1 Gbps o 10 Gbps

  Compatible con GEPON

Relación de División Óptica

- La relación de división óptica determina cual es el máximo número de ONUs que podemos conectar a cada fibra.
- No es solo por un problema de atenuación de los pasivos sino básicamente de "timing".
- BPON solo permite un split ratio de 32, o sea que podemos atender entre 1 y 32 ONUs ➔ 1:32
- GPON reconoce que si disponemos de mayor ancho de banda debemos poder atender a mayor cantidad de ONUs y eleva ese límite a 64 ➔ 1:64
- Probablemente en un futuro los nuevos chipset permitirán una relación de split de 128 ➔1:128.

Pérdida de División Óptica

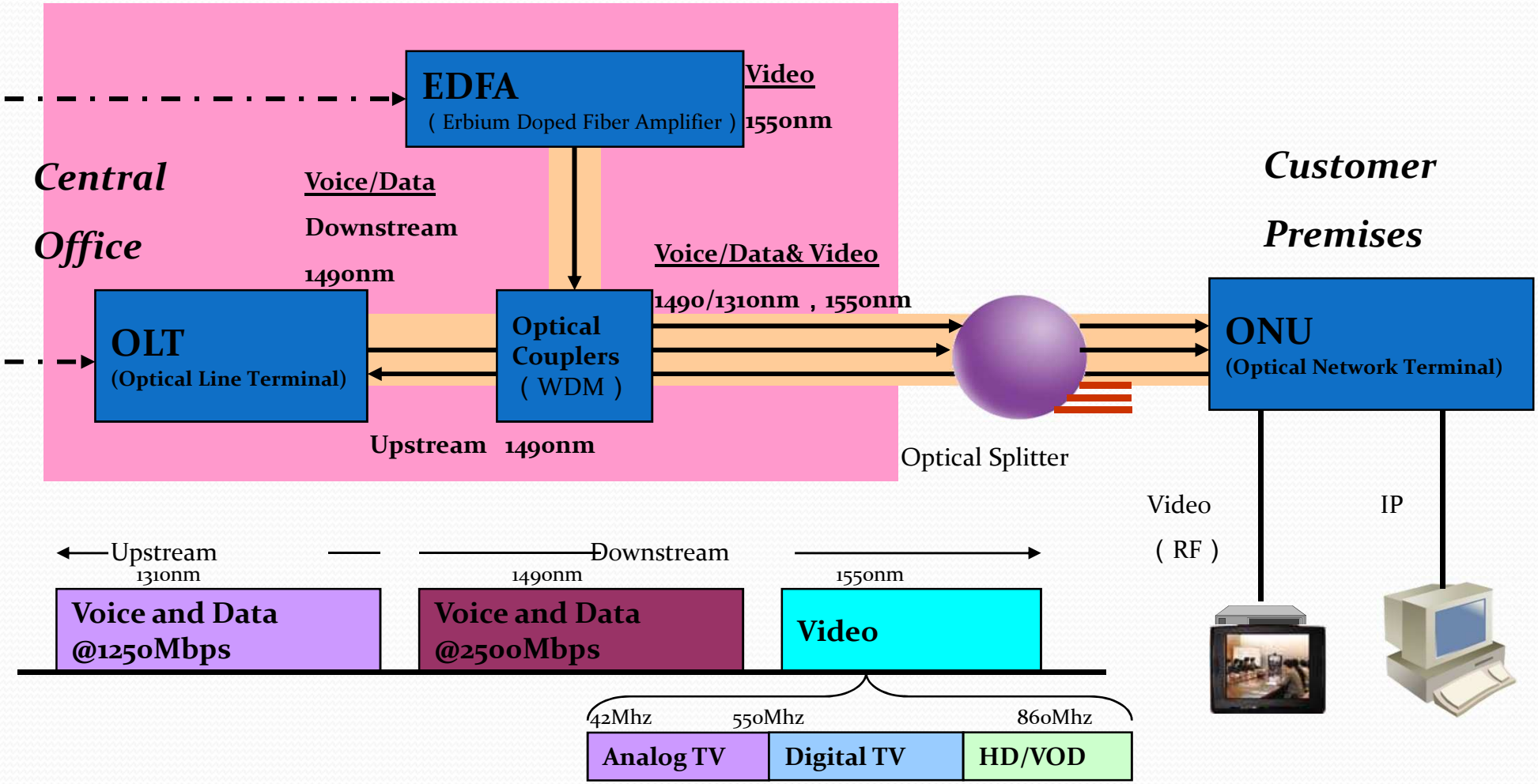
- Los “Splitters Ópticos” son dispositivos pasivos, no requieren alimentación e introducen pérdida o atenuación.
- Las pérdidas típicas para los splitters ópticos incluidos sus conectores son:

  - 1 x 2 = 3.70 dB
  1 x 3 = 5.10 dB
  = 7.25 dB
  = 10.38 dB
  14.10 dB
  = 17.45 dB

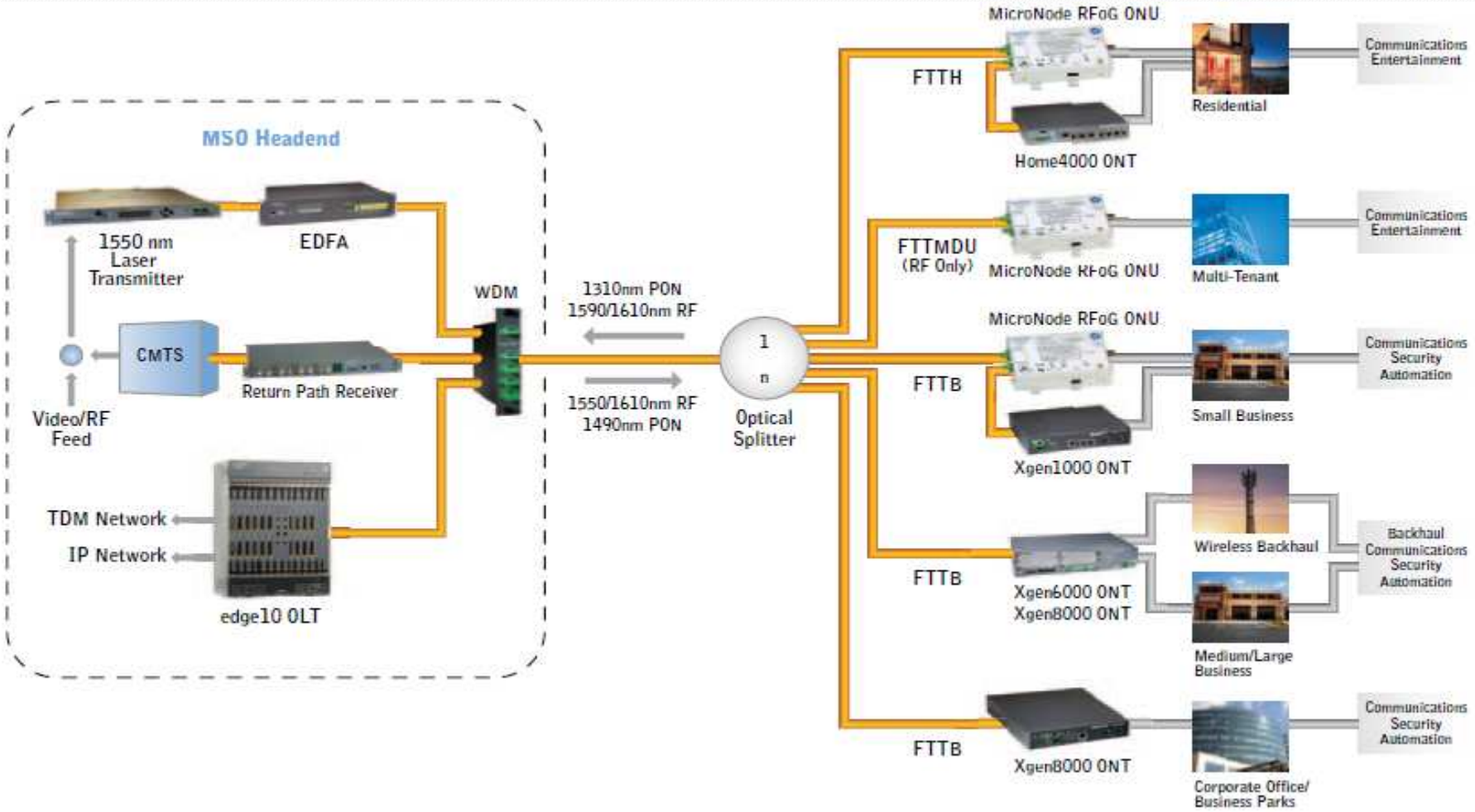
  - 1 x 4
  - 1 x 8
  - 1 x 16 =
  - 1 x 32

- Si queremos llegar a un split de 64 con un div 1x2 y otro de 1x32 tenemos 21.15 dB de pérdida y usando óptica clase B con 26 dB de budget el máximo alcance sería de 17 Km.

Convivencia de Gpon con TV tradicional

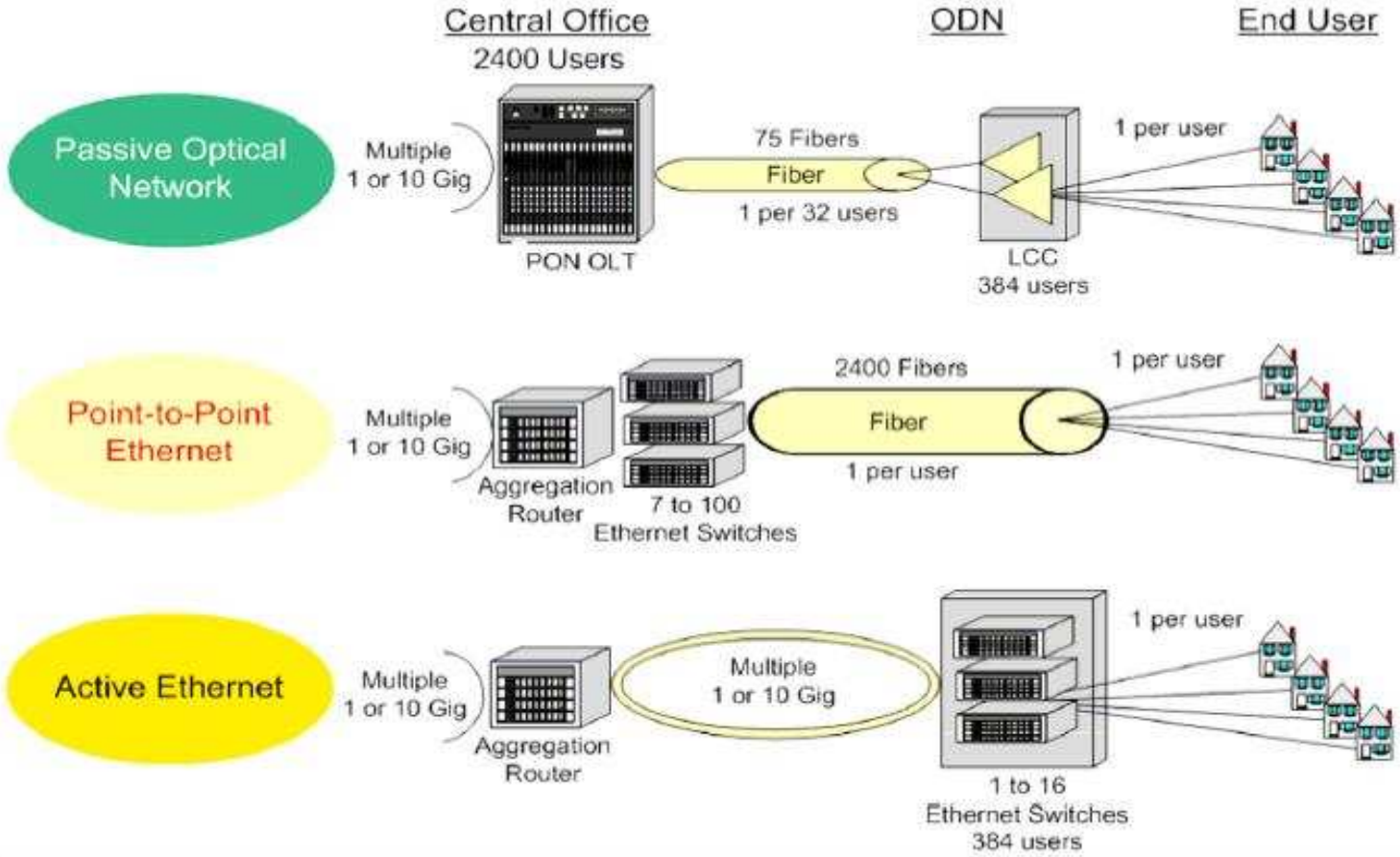


Coexistencia de Epon/Gpon con RFoG



Active Ethernet & Point to Point Ethernet

Trabajando sobre diferentes fibras pueden coexistir Epon/Gpon y Active Ethernet

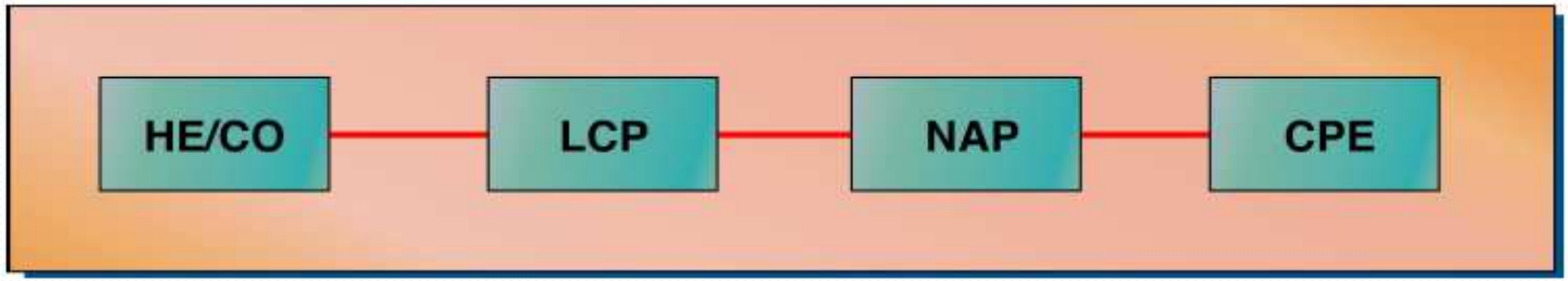


PON
2400 clientes
2400/32=75 puertos OLT
75 fibras opticas troncales
384 clientes/gabinete

P2P Ethernet
2400 clientes
2400 puertos de switch
(100 x 24 puertos)
2400 fibras troncales

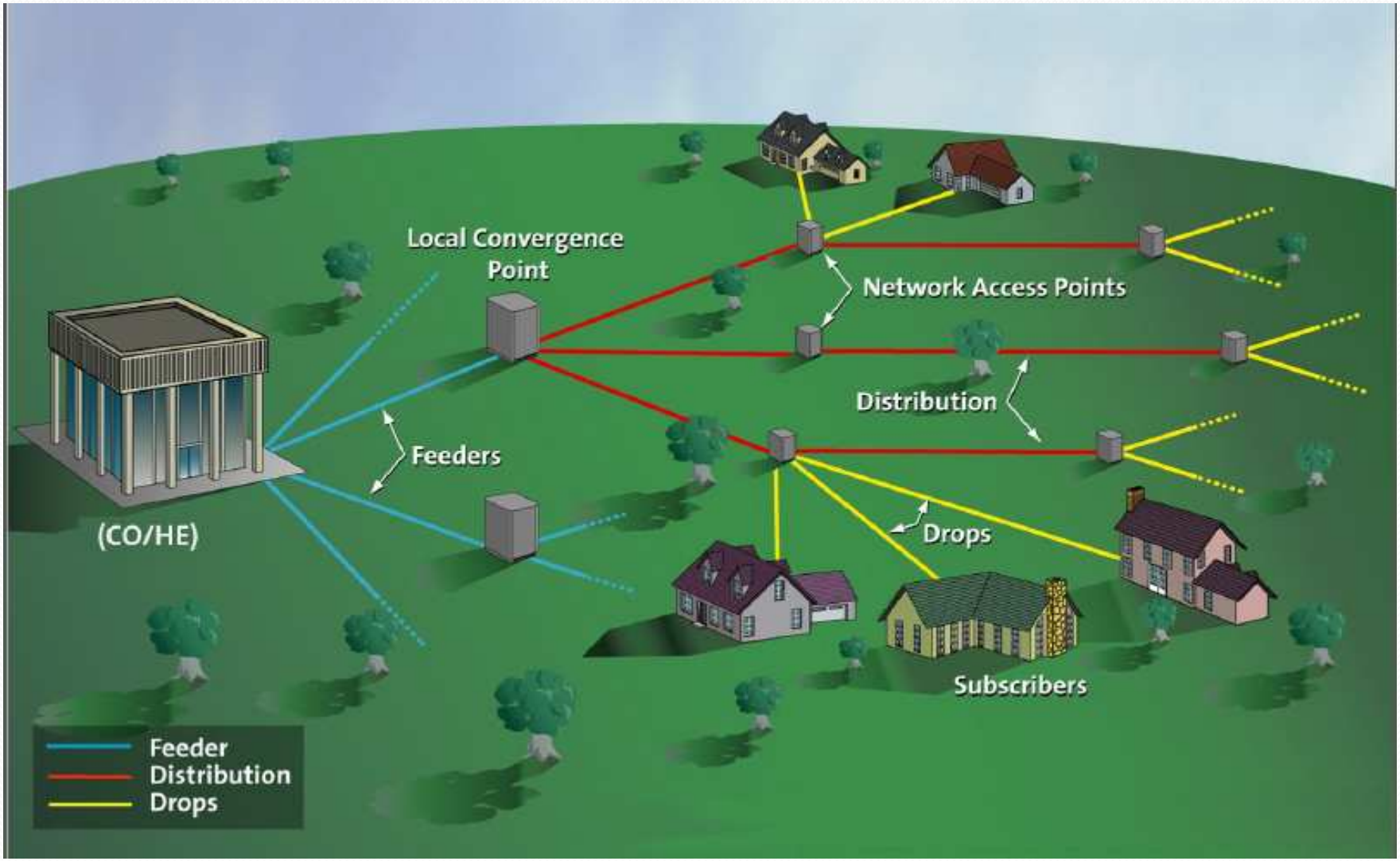
Active Ethernet
2400 Clientes
2400 puertos de switch
384 clientes/gabinete
1 a 16 switch/gabinete
(16 x 24 puertos)
Anillo de 10 Gbps vincula gabinetes (redundancia)

Elementos de una red FTTH



- Dentro de una red FTTH distinguimos cuatro elementos :
  - **HE / CO** = Headend o Central Office
  - **LCP** = Local Convergence Point
  - **NAP** = Network Access Point
  - **CPE** = Customer Premises Equipment
- Tres tipos de cable:
  - **Feeder** = Cables Alimentadores Principales
  - **Distribution** = Cables de Distribución
  - **Drop** = Cable de Acometida Domiciliaria

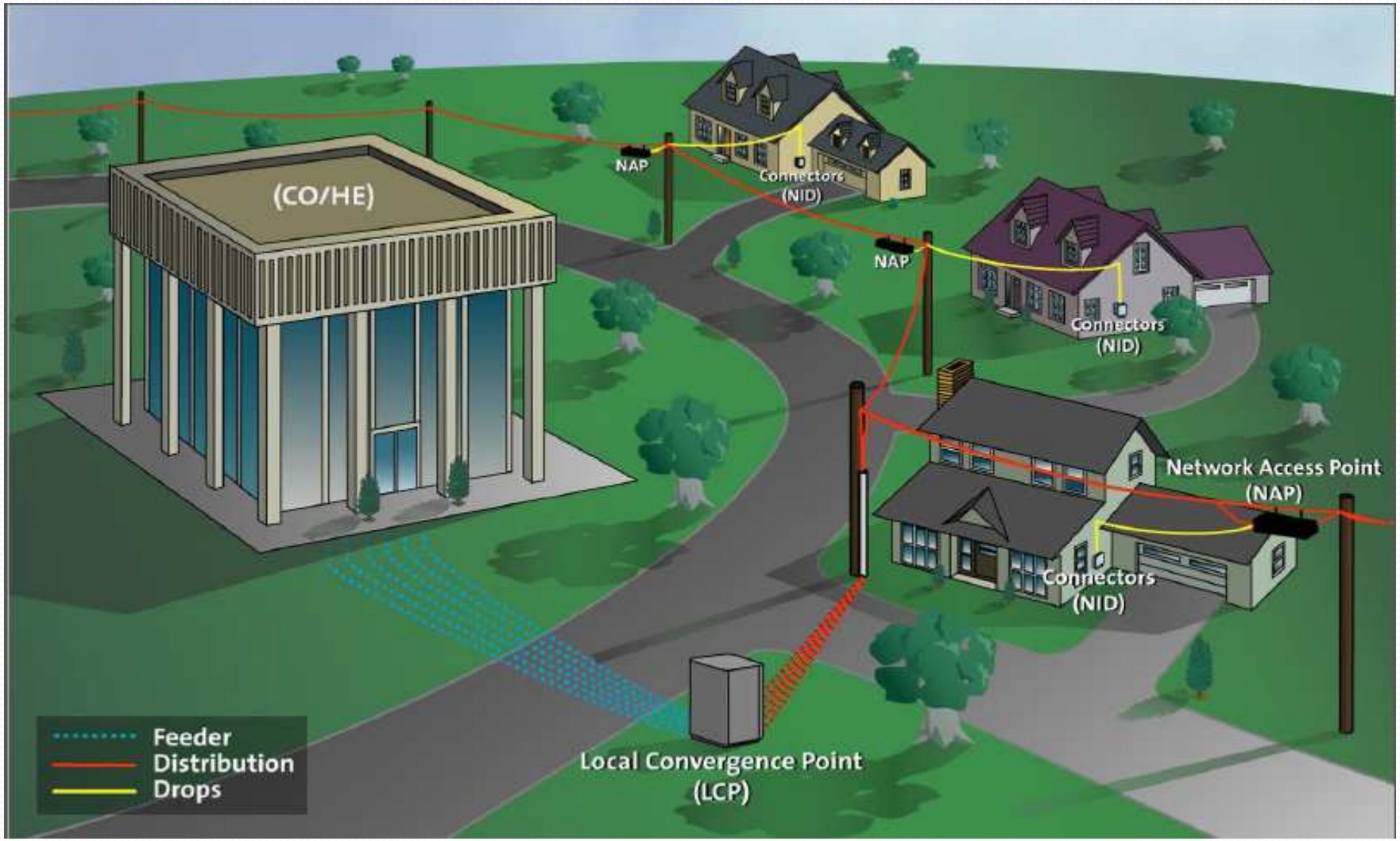
Esquema general de una red FTTH



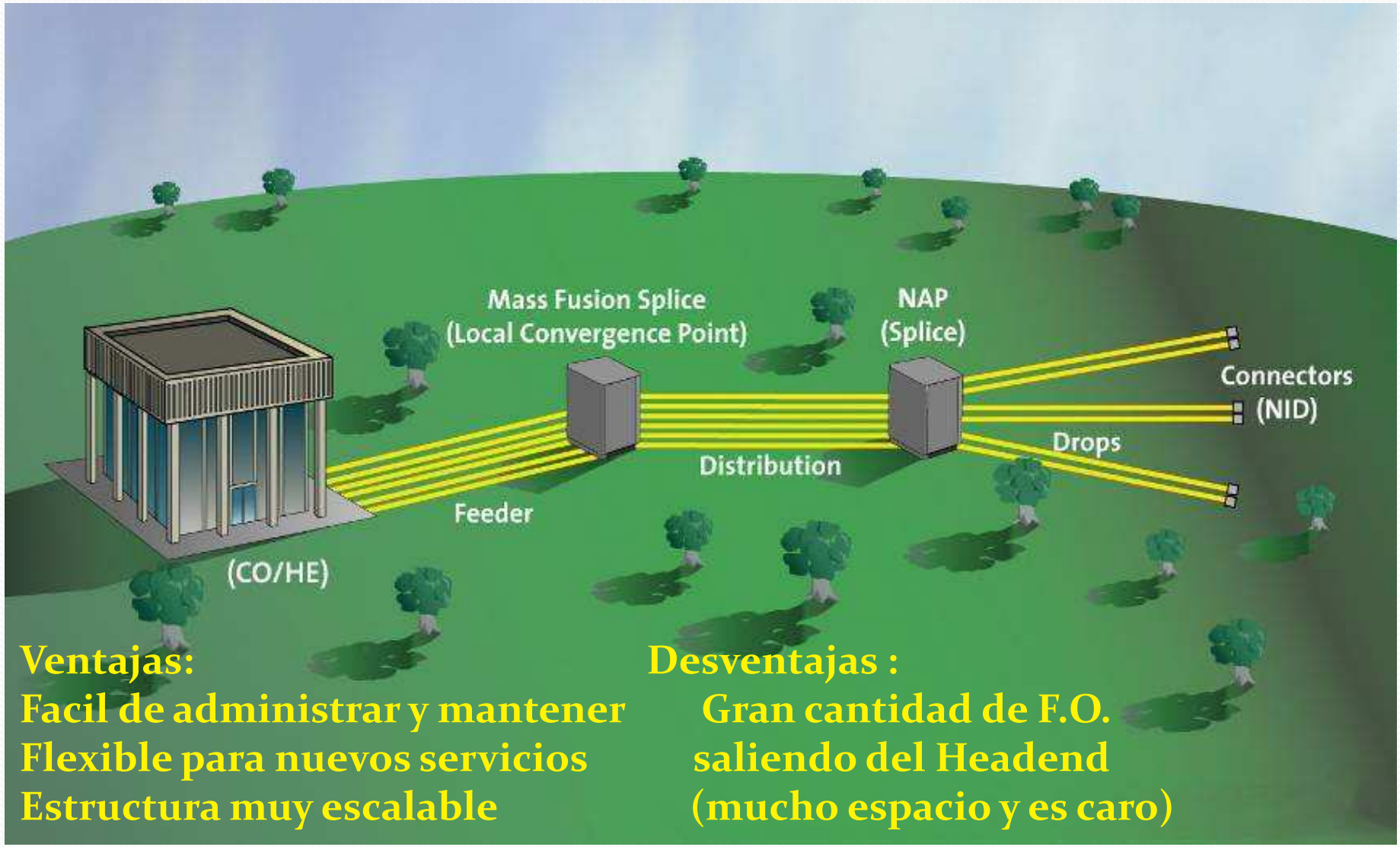
Diferentes Arquitecturas FTTH

- **CSH = Centralized Switch Home Run Architecture**
  - Todas las fibras de los clientes llegan al sitio central
  - Los puntos de acceso y de convergencia son armarios de empalme y conexionado.
  - Los divisores opticos se instalan en el headend o CO.
- **LC = Local Convergence Architecture**
  - La fibra del cliente llega al punto de convergencia local.
  - En el punto de convergencia local se ubican los divisores.
- **DS = Distributed Splitting Architecture**
  - La fibra del cliente llega solo hasta el punto de acceso.
  - Los divisores se instalan en el punto de acceso

Arquitectura Centralizada CSH



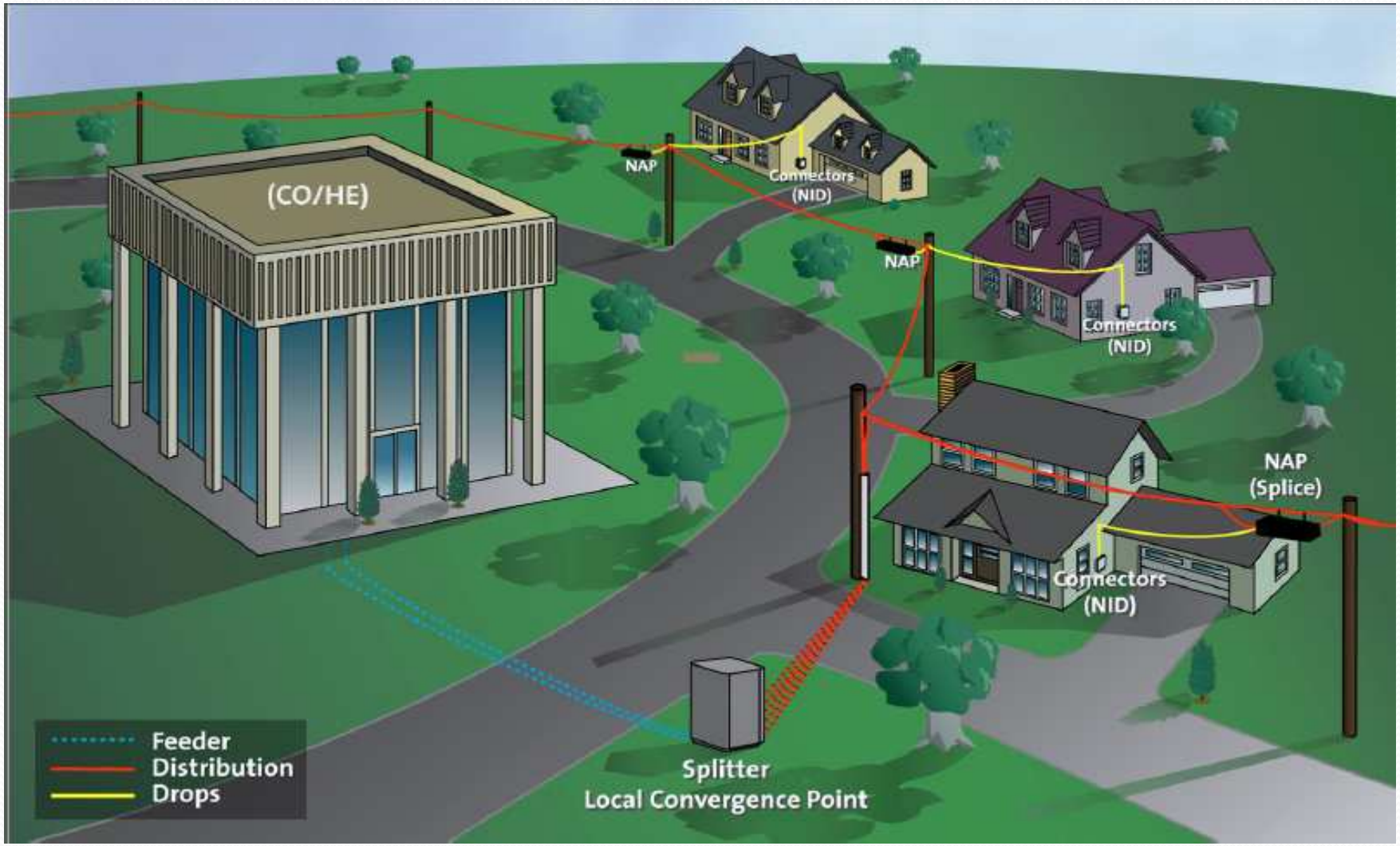
Split Centralizado (CSH)



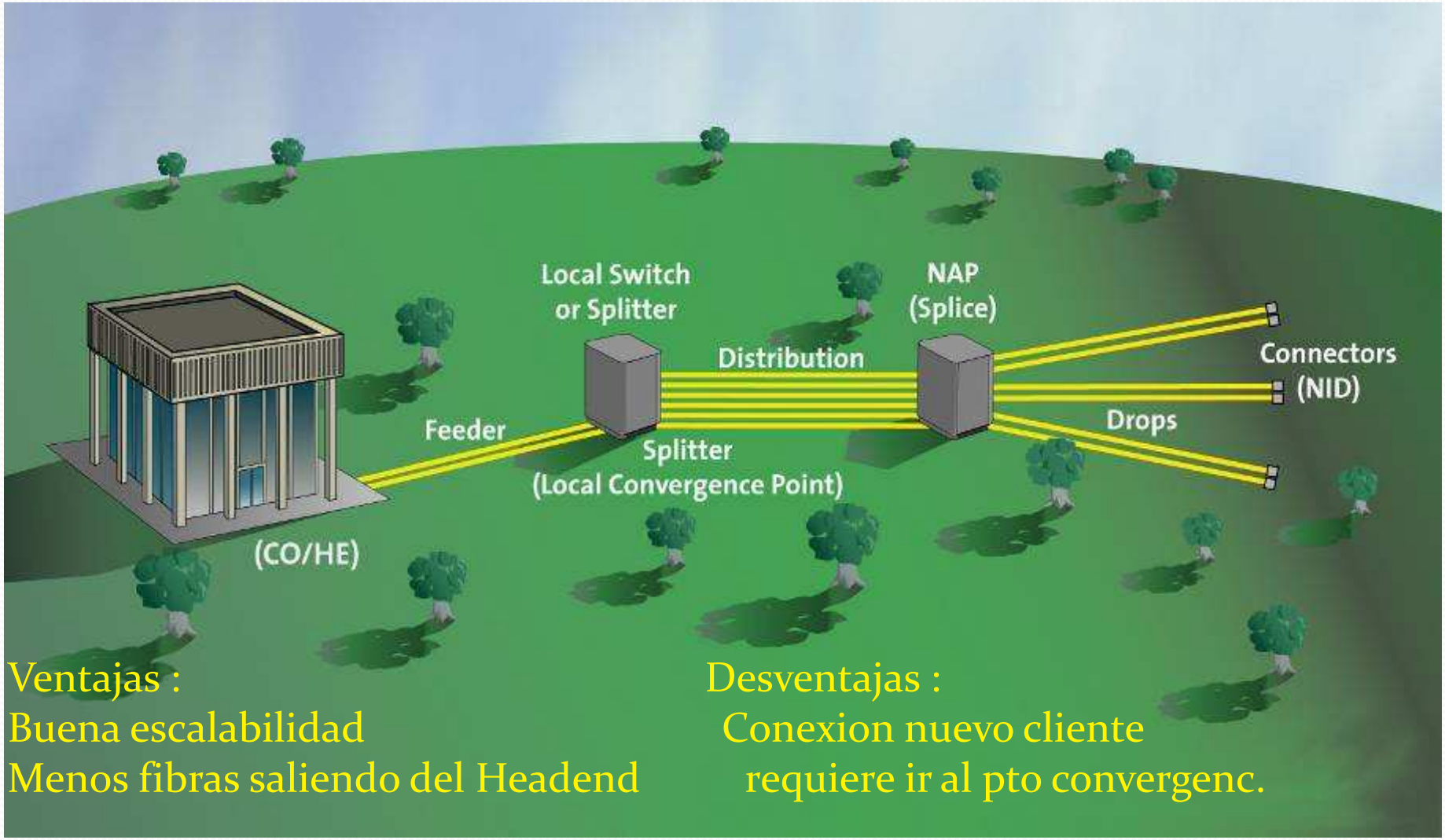
Ventajas:
Facil de administrar y mantener
Flexible para nuevos servicios
Estructura muy escalable

Desventajas :
Gran cantidad de F.O.
saliendo del Headend
(mucho espacio y es caro)

Arquitectura de Convergencia Local



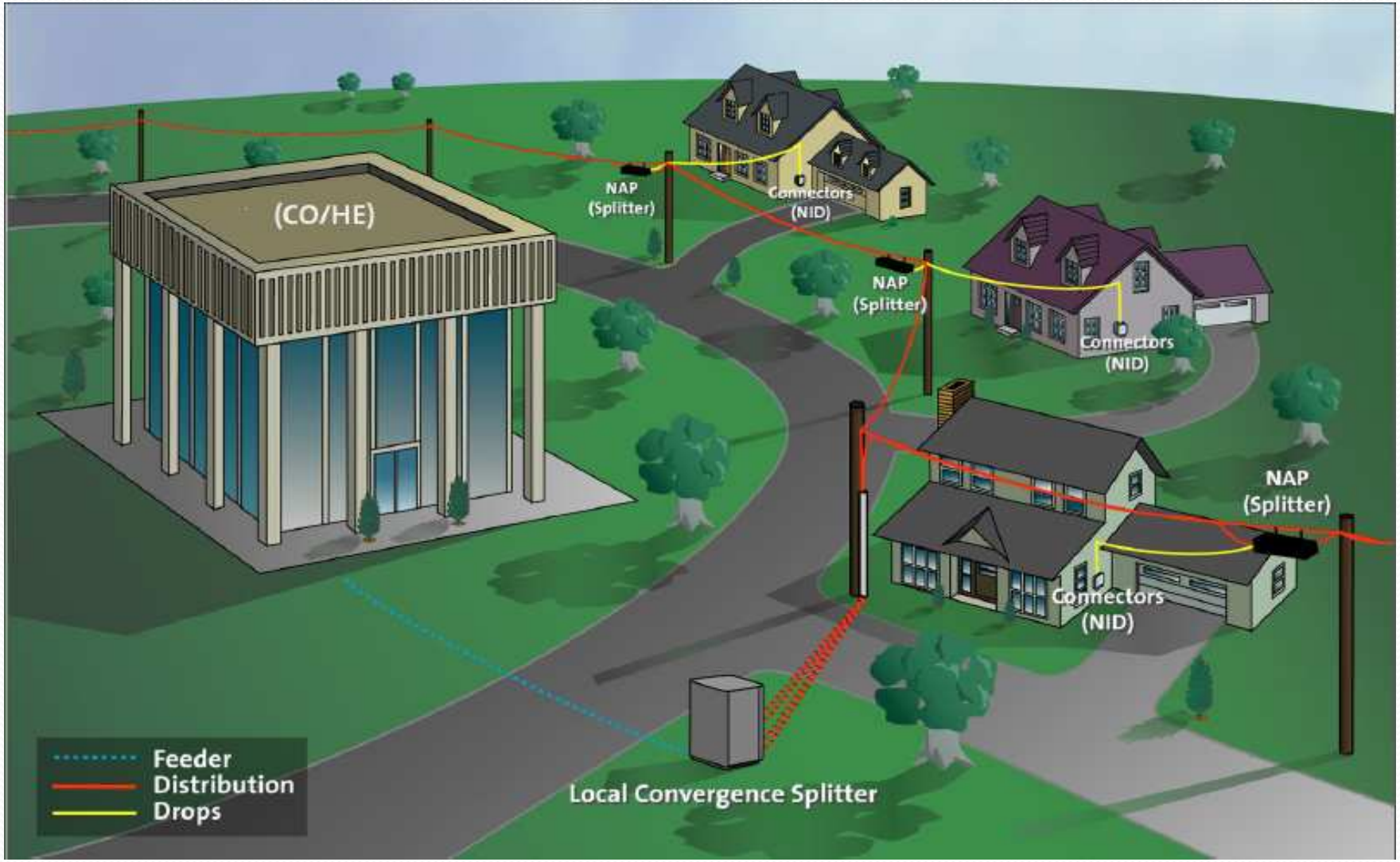
Punto de Convergencia Local (LCP)



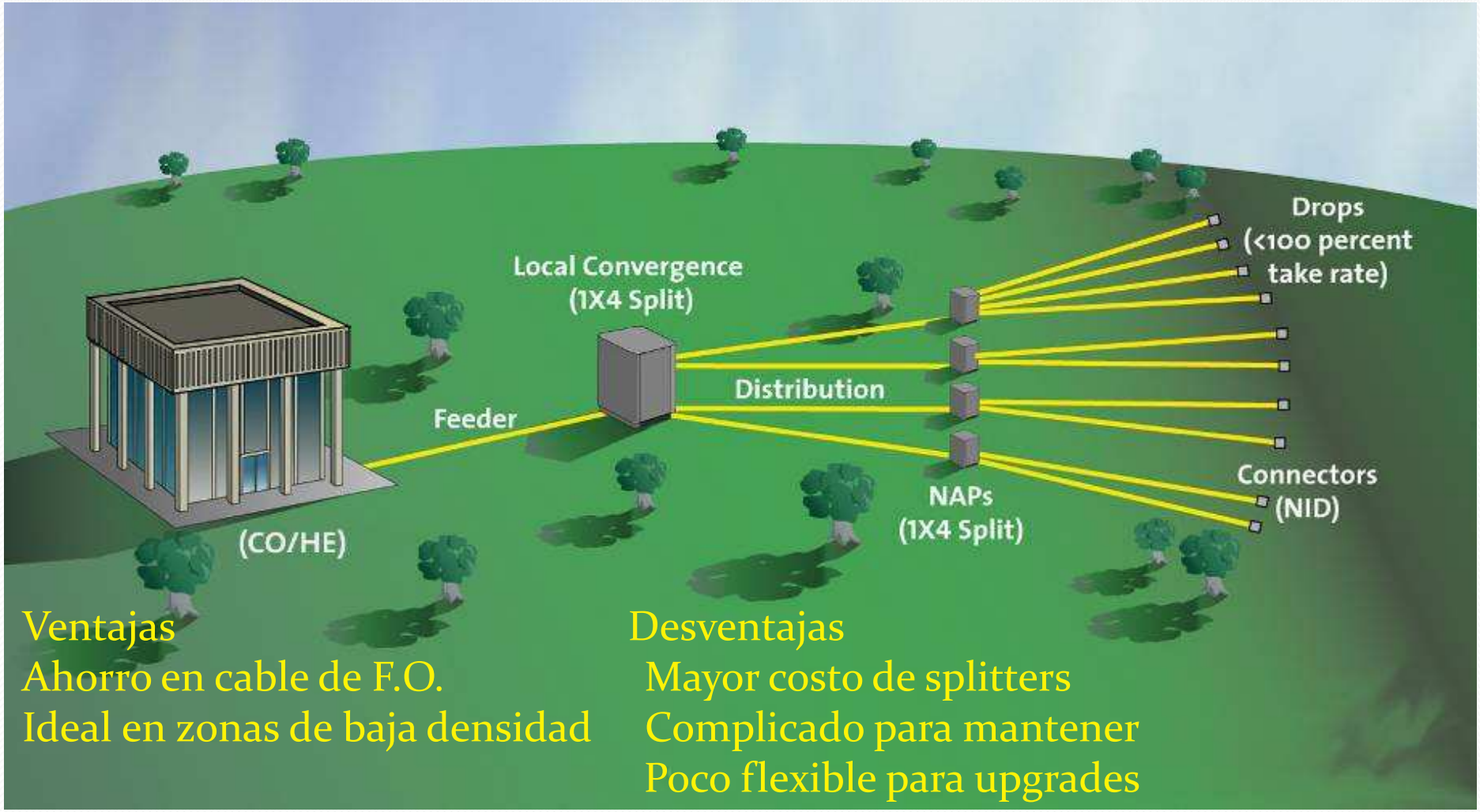
Ventajas :
Buena escalabilidad
Menos fibras saliendo del Headend

Desventajas :
Conexion nuevo cliente
requiere ir al pto convergenc.

Arquitectura de Splitting Distribuido



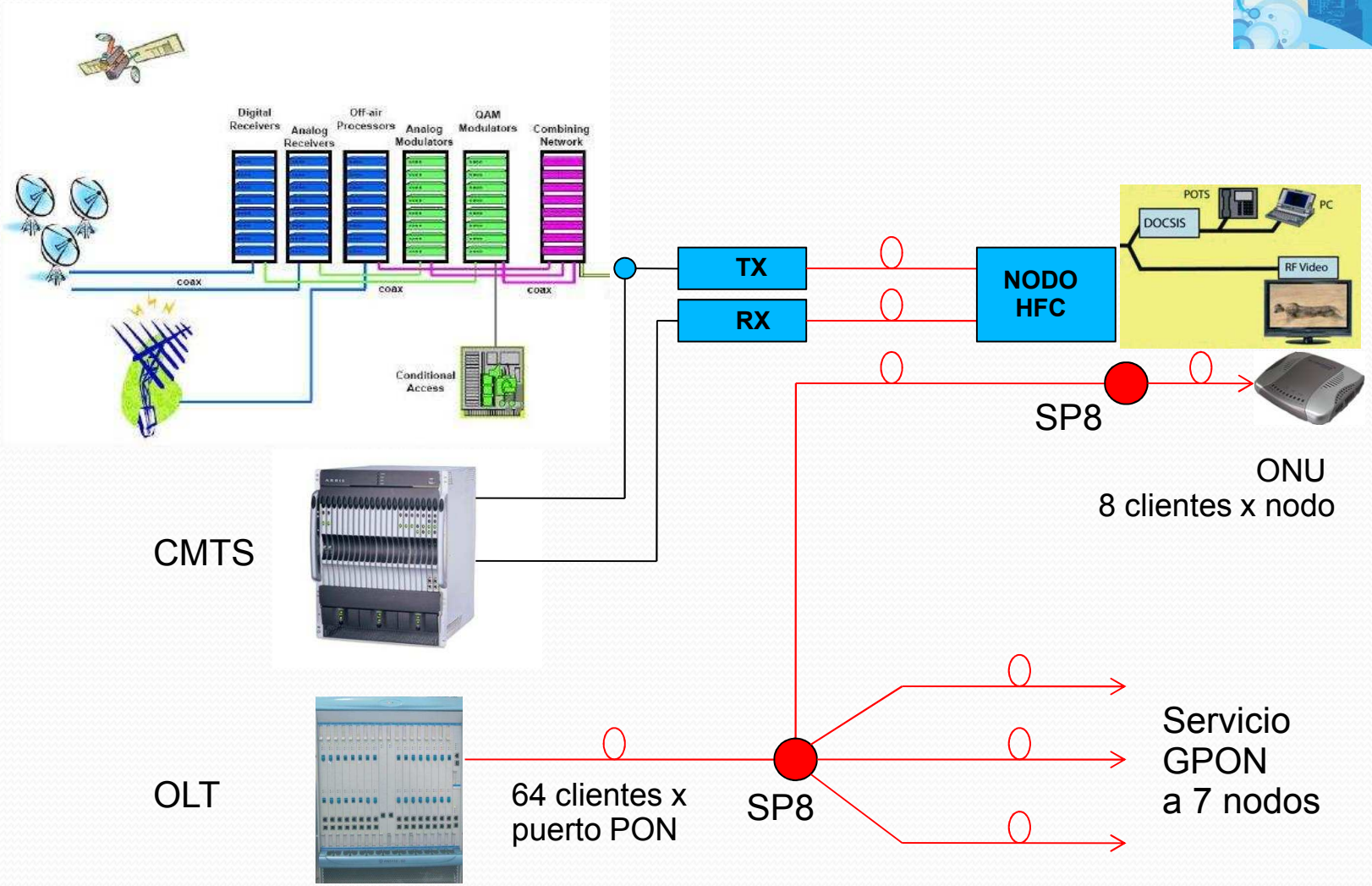
Split Distribuido (DS)



Ventajas
Ahorro en cable de F.O.
Ideal en zonas de baja densidad

Desventajas
Mayor costo de splitters
Complicado para mantener
Poco flexible para upgrades

Superposición GEPon - HFC



16 placas Pon x 2 puertos = 32 puertos x 64 clientes por puerto = 2048 clientes por chasis

Conclusiones

- Los nuevos requerimientos nos están presionando hacia arquitecturas que acerquen más la fibra óptica al hogar.
- Aquellos que operan una red HFC deberían considerar :
  - Reducir el tamaño de los nodos a menos de 500 hogares
  - Migrar hacia Docsis 3.0 y/o EOC.
  - Contemplar una superposición HFC / PON.
- Aquellos que todavía operan una red Tree & Branch según el estado de su red deberían evaluar:
  - Mantener TV en el Tree & Branch y hacer un overlay PON
  - Si el estado de la red es pobre estan obligados a reconstruir.
- Los nuevos entrantes están en la disyuntiva HFC vs PON y dar TV tradicional en 1550nm vs IPTV