

# Configuración de servicios de usuario con QoS sobre una red GPON real

**Javier García Tomás**

**Tutor: Víctor Miguel Sempere Payá**

Trabajo Fin de Grado presentado en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación de la Universitat Politècnica de València, para la obtención del Título de Graduado en Ingeniería de Tecnologías y Servicios de Telecomunicación

Curso 2018-19

Valencia, 27 de Marzo de 2019

## **Resumen**

El presente trabajo consistirá en conocer y configurar diferentes servicios de comunicación sobre una infraestructura GPON tanto en la parte de operador OLT como en la de cliente ONT. Para ello se emplearán equipos OLT/ONT del fabricante Telnet, herramientas de gestión según G.984 y aplicaciones informáticas para gestionar los servicios multimedia.

Se configurará la red de fibra óptica los distintos servicios que se pueden encontrar en las operadoras de Telecomunicaciones. Internet, Voz y Televisión serán gestionados por la OLT para así proveer a los usuarios finales.

Aunque en diseño de una red GPON engloba muchos más aspectos que los que se exponen en el trabajo, se considera que es un buen acercamiento ya que se utilizan la gran mayoría de componentes de una red real.

## **Resum**

El present treball consistirà a conèixer i configurar diferents serveis de comunicació sobre una infraestructura GPON tant en la part d'operador ÒLT com en la de client ONT. Per a açò s'empraran equips ÒLT/ONT del fabricant Telnet, eines de gestió segons G.984 i aplicacions informàtiques per a gestionar els serveis multimèdia.

Es configurarà la xarxa de fibra òptica els diferents serveis que es poden trobar en les operadores de Telecomunicacions. Internet, Veu i Televisió seran gestionats per l'ÒLT per a així proveir als usuaris finals.

Encara que en disseny d'una xarxa GPON engloba molts més aspectes que els que s'exposen en el treball, es considera que és un bon acostament ja que s'utilitzen la gran majoria de components d'una xarxa real.

## **Abstract**

The present work will consist of knowing and configuring different communication services on a GPON infrastructure both in the OLT operator part and in the ONT client part. For this, OLT/ONT equipment from the manufacturer Telnet, management tools according to G.984 and computer applications to manage multimedia services will be used.

The fiber optic network will be configured the different services that can be found in the telecommunications operators. Internet, Voice and Television will be managed by the OLT to provide end users.

Although the design of a GPON network encompasses many more aspects than those presented in the work, it is considered to be a good approach since the vast majority of components of a real network are used.

# Índice

Capítulo 1.	Introducción.....	3
Capítulo 2.	Objetivos .....	4
Capítulo 3.	Fibra Óptica y Redes FTTx .....	5
3.1	La fibra óptica .....	5
3.1.1	Multimodo .....	6
3.1.2	Monomodo .....	6
3.2	Arquitectura de las redes FTTx .....	6
3.3	Topologías de la red FTTH .....	7
3.3.1	Punto a punto (P2P) .....	7
3.3.2	Punto a Multipunto (P2MP).....	8
3.4	Código de colores de las fibras ópticas .....	10
Capítulo 4.	GPON. Red Óptica Pasiva con capacidad de Gigabit.....	11
4.1	Ventajas y Desventajas de la red GPON .....	11
4.1.1	Ventajas .....	11
4.1.2	Desventajas .....	11
4.2	Elementos de una red GPON.....	11
4.2.1	OLT (Optical Line Terminal).....	12
4.2.2	ONT (Optical Network Terminal).....	12
4.2.3	Splitter (divisor óptico).....	13
4.2.4	Conectores.....	13
4.2.5	ODN (Optic Distribution Network) .....	14
4.3	Protocolo OMCI y Descubrimiento de nuevas ONT .....	14
4.4	Trama GEM.....	15
4.5	Canal de subida (Upstream) y de bajada (Downstream) .....	16
4.6	Calidad de servicio (QoS) .....	16
4.6.1	Servicios Integrados (Intserv) .....	17
4.6.2	Servicios Diferenciados (Diffserv).....	17
4.6.3	Protocolo 802.1Q (Vlan Tag).....	18
4.7	Nuevos estándares.....	19
4.7.1	XG-PON.....	19
4.7.2	XGS-PON.....	20
Capítulo 5.	Desarrollo del proyecto.....	22
5.1	Esquema del proyecto .....	22

5.2	Equipamiento utilizado .....	23
5.3	Cálculo del presupuesto óptico .....	26
5.3.1	PON 0.....	27
5.3.2	PON 1 .....	28
5.4	Instalación de las herramientas de gestión .....	29
5.4.1	VirtualBox.....	29
5.4.2	TGMS: Telnet GPON Management System .....	33
5.5	Configuración de los menús del TGMS.....	34
5.5.1	Menú de configuración de la OLT .....	34
5.5.2	Menú puertos OLT y Detalles.....	36
5.5.3	Menú de configuración de las ONT.....	37
5.6	Configuración de los parámetros de los servicios.....	38
5.6.1	Vlan Maps .....	38
5.6.2	Bandwidth maps .....	41
5.6.3	VoIP Server.....	43
5.6.4	Configuración del servicio de Televisión IP (IPTV) .....	43
5.7	Crear los servicios.....	45
5.8	Crear los perfiles.....	46
5.9	Configuración en la ONT .....	47
5.9.1	Registro en el TGMS.....	48
5.9.2	Configuración de sus parámetros.....	48
Capítulo 6.	Pruebas de funcionamiento .....	51
6.1	Vlc .....	51
6.2	Servidor SIP.....	52
6.3	Conexión a internet .....	53
Capítulo 7.	Conclusiones .....	55
Capítulo 8.	Bibliografía.....	56
Capítulo 9.	ANEXOS.....	57
9.1	SMART OLT 240 .....	57
9.2	ONT WAVEACCESS 4022.....	59

## Capítulo 1. Introducción

Las PON son redes ópticas que se usan en telecomunicaciones que proporcionan servicios a los usuarios sin elementos activos. En la red solo se utilizan elementos pasivos para transmitir la información y las señales entre los usuarios, así como entre los usuarios y las empresas que operan en las redes de telecomunicaciones.

Con la llegada del triple play, las operadoras de telecomunicaciones vienen implementando nuevas estrategias para ofrecer servicios de Internet, Telefonía fija y TV de la forma más sencilla. Se define como: múltiples servicios, pero solo una red. Esta red es una PON con capacidad de Gigabit (GPON) y se suele prestar estos servicios de triple play sobre una red IP.

Las redes Gigabit Passive Optical Network (GPON) es una variante de las redes PON y permite tener el canal “upstream” y “downstream” por encima de un 1Gbit/s. Este es el tipo de red PON más utilizado en todo el mundo para ofrecer el triple play

En este proyecto se va a implementar una red GPON, utilizando equipos de la marca Telnet (<http://www.telnet-ri.es/>), para suministrar los servicios triple play (telefonía, internet y TV) y veremos las herramientas y mecanismos que se pueden usar para garantizar el correcto funcionamiento de todos.

El proyecto consta de cuatro partes diferenciadas:

- La primera se presenta de forma teórica la fibra óptica. También se muestran las diferentes topologías y arquitecturas que se usan en las instalaciones reales. También, queda un apartado para explicar el estándar de colores que siguen las fibras de cara a la implementación.
- La segunda parte también se presenta de forma teórica, pero esta vez las redes ópticas con capacidad de Gigabit (GPON). Se muestran sus ventajas e inconvenientes, los elementos que forman la red y las principales características. Por último, se explica los protocolos de QoS que se usan.
- La tercera se explica el esquema del proyecto y los equipos que se han utilizado. Además, se explica con detalle la herramienta de gestión la cual será la parte fundamental del trabajo. En ella se configurarán todas las características que la red GPON debe tener para su correcto funcionamiento.
- Por último, se verán las pruebas de funcionamiento dentro de toda la instalación. Se va a probar que los servicios Triple Play (Televisión, Voz, Datos) cumple con los requisitos de marcado y de ancho de banda.

## Capítulo 2. Objetivos

Los objetivos del presente trabajo, partiendo de una instalación física en el laboratorio que se detallan en los puntos 5.1 y 5.2 son:

- Profundizar en el manejo de la herramienta de gestión TELNET GPON Management System (TGMS).
- Configurar y desarrollar los distintos perfiles Triple play para los clientes conectados a la red. la VLAN a la que pertenece y los servidores de Voz IP y Televisión IP.
- Comprobar que los flujos de tráfico que recibe la OLT llevan asignados su VLAN correspondiente y su prioridad, verificando que un usuario final tiene disponible todos los servicios mediante pruebas de funcionamiento.

## Capítulo 3. Fibra Óptica y Redes FTTx

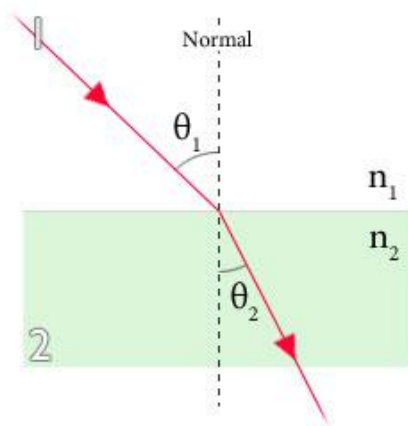
### 3.1 La fibra óptica

La fibra es, a día de hoy, la tecnología más usada en la transmisión de datos a nivel global. Consta de un hilo de vidrio muy fino cubierto de un revestimiento que varía en función del tipo de fibra que es. Para enviar información, se mandan pulsos de luz electromagnéticos que se transmiten a través de las fibras.

Está compuesta por:

- Núcleo: es por donde se propagan los pulsos
- Revestimiento: protege las fibras y es necesaria para que se propague la información.

La propagación de la información por las fibras se basa en la diferencia de índice de refracción entre el núcleo y el buffer que hay en la figura 1. Este fenómeno lo explica la ley de Snell



### Ley de Snell

$$n_1 \text{ sen } \theta_1 = n_2 \text{ sen } \theta_2$$

Donde:

$n_1$  : Índice de refracción del medio 1

$n_2$  : Índice de refracción del medio 2

Figura 1. Ley de Snell

Donde el medio 1 es el núcleo y el medio 2 es el buffer. Existe un ángulo el cual hace que el rayo de luz no pase al medio 2, quedándose así dentro del núcleo y propagándose por la fibra óptica. A ese ángulo se le llama ángulo de refracción total.

Dentro de las fibras ópticas están las fibras monomodo y las fibras multimodo.

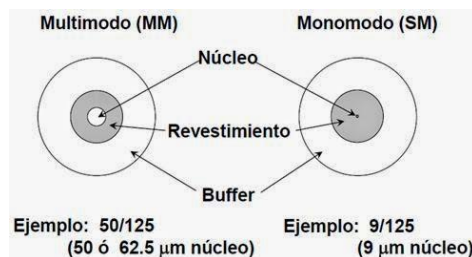


Figura 2. Tipos de fibras

### **3.1.1 Multimodo**

Las fibras multimodo, como su nombre indica, propagan en su núcleo varios modos de luz. Viendo la figura 1, se puede ver que el núcleo de esta fibra está entre los 50 y los 62.5 micras de ancho. Debido a eso, la luz va menos confinada y hay más dispersión que en las fibras monomodo. Este tipo de fibras son más convenientes instalarlas en distancias menores a un kilómetro.

Existen varios tipos de fibras multimodo, entre las que destacan las de salto de índice fijo y las de salto de índice gradual.

### **3.1.2 Monomodo**

Estas fibras propagan un solo modo. A diferencia de la fibra multimodo, el núcleo es más pequeños (de unas 9 micras según la figura 1). Al tener el núcleo más pequeño, la luz viaja más confinada y tiene menos atenuación.

Se utiliza para distancias más largas, ya que puede tener un ancho de banda muy grande (100Ghz-Km).

## **3.2 Arquitectura de las redes FTTx**

Existen distintos tipos de arquitecturas de las redes de fibra dependiendo de dónde termina la conexión de fibra óptica. Las más destacables son:

- Fibra hasta el Nudo (FTTN): Se trata de un sistema que en su primer tramo es de fibra hasta un cierto punto denominado nodo, puede ser un armario rack, por ejemplo. A partir de ahí, la "última milla" se usa cable de cobre o también una conexión inalámbrica que le llega al usuario.
- Fibra hasta la acera (FTTC): Es muy parecida a FTTN, sólo que ésta utiliza más fibra óptica, por lo que está más cerca del usuario final. Se suele usar DSL, pero también es posible usar Ethernet para llevar la señal desde la fibra al usuario.
- Fibra hasta el edificio (FTTB): En este caso, la instalación de fibra óptica llega hasta el bloque de edificios. Pero el tramo desde el principio del edificio hasta el equipo del usuario no está incluido en esta arquitectura, se usa un medio físico.
- Fibra hasta la casa (FTTH): Aquí, la instalación de fibra es casi completa. Desde el operador que da el servicio hasta el hogar donde se encuentra el equipo de usuario. A partir de ahí, se puede usar otro medio físico como el cobre.

Además, hasta hace unos años se ha ido más allá de la FTTH, llegando hasta el equipo de usuario con fibra óptica. En este caso, sólo se utiliza fibra óptica en la instalación.



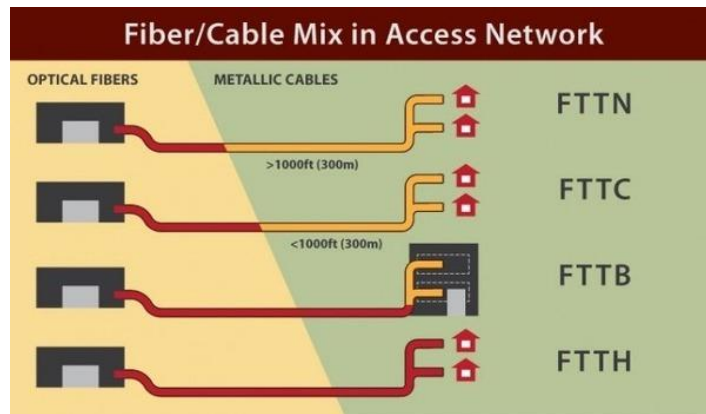


Figura 3. Tipos de redes FTTx

### 3.3 Topologías de la red FTTH

El tipo de arquitectura que se va a usar va a ser la última descrita en el apartado anterior, FTTH o fibra hasta el hogar. Con el fin de reducir los costes en la instalación, que es una de las mayores ventajas de la fibra óptica, es necesario que la topología sea sencilla y cuente con pocos componentes.

Para ello, se usa la red PON, o GPON, que básicamente se trata de una red óptica pasiva donde la mayoría de los equipos que se usan no requieren de alimentación externa para funcionar.

Las topologías que normalmente se usan son las siguientes.

#### 3.3.1 Punto a punto (P2P)

Esta topología usa un enlace individual para cada equipo. Se usa principalmente para las conexiones en la calle y no para llegar a los usuarios finales. Al tener una conexión dedicada para cada uno, aumenta drásticamente el coste de la instalación si se usase para los usuarios.



Figura 4. Enlaces punto a punto

Este servicio se suele usar para la conexión entre sucursales de empresas que requieren este tipo de servicios.

### 3.3.2 Punto a Multipunto (P2MP).

Esta topología consiste en la conexión de varios equipos de usuario en un mismo enlace. Para ello, se usan dispositivos que reparten o dividen la señal para cada uno.

A diferencia de la P2P, la punto a multipunto sí que se usa para llevar la señal a los hogares ya que reduce considerablemente el coste de la instalación. Mediante un splitter, que se verá más tarde en el proyecto la señal es distribuida a cada equipo de usuario.

Existen varias distribuciones, siendo las más comunes la topología en estrella, en bus y en anillo.

#### 3.3.2.1 Topología en estrella

La topología en estrella es la más utilizada por los operadores. Es la que presenta mejores características, es fácil de modificar la estructura, añadiendo o disminuyendo el número de divisores ópticos y es la arquitectura que menos costes conlleva.

Consiste en un enlace que sale de la ONT el cual es dividido con un splitter para llegar a los usuarios. Así, se reparte la señal entre todos los usuarios finales.

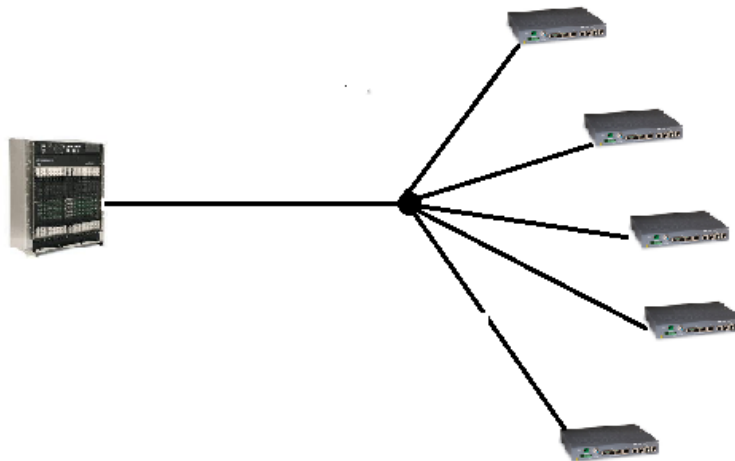


Figura 5. Topología de estrella

Pese a las ventajas, el mayor inconveniente es que presenta una debilidad frente a roturas de fibra, ya que si la fibra principal (antes del divisor óptico) se rompe, deja a todos los usuarios sin servicio.

#### 3.3.2.2 Topología en bus

En esta arquitectura, del nodo central (la OLT en este caso) sale un enlace el cual se comparte entre todos los equipos de usuario que existen en la red.

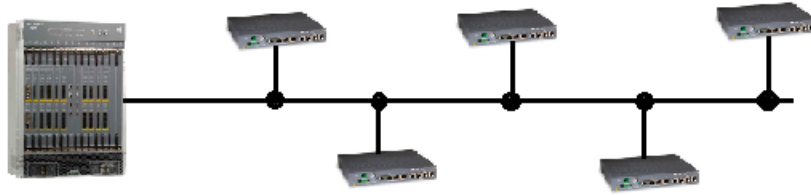


Figura 6. Topología de bus

Sobre el mismo enlace se transmiten tanto el canal de bajada como de subida. Es función de las ONT y OLT leer el tráfico y determinar si es suyo o por lo contrario descartarlo.

En esta distribución hay un inconveniente, y es que una rotura de ese enlace conllevaría que todos los usuarios conectados se quedarán sin servicio. En la de estrella, sin embargo, si se rompe una división del splitter sólo perdería servicio dicho cliente.

### 3.3.2.3 Topología en anillo

Esta arquitectura, como su nombre indica, se trata de formar un anillo con el enlace creado del cual cuelgan los usuarios. Este tipo de distribución se suelen usar principalmente para crear un primer “anillo” en una población cubriendo la parte más principal.

A partir de ahí, sacar “ramas” que van a otras zonas o distritos que el anillo principal no llega. Para esas ramas se utiliza la topología en estrella que se ha visto antes.

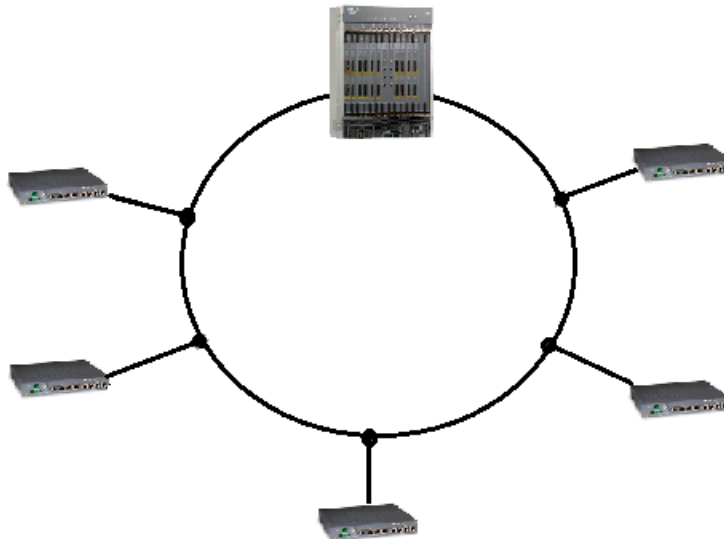


Figura 7. Topología de anillo

Además, la topología en anillo es muy robusta frente a los fallos. Existen mecanismos de protección que hacen que si el enlace se corta por algún lago no afecte a los usuarios. Uno de ellos es enviar la información por los dos sentidos del anillo de modo que pueden actuar cada parte de forma individual.

### 3.4 Código de colores de las fibras ópticas

Un tema importante y que a veces no se le da la importancia necesaria es el código de colores dentro de las fibras óptica que se instalan tanto en los edificios como subterráneo. Sirve de gran ayuda para facilitar la comprensión entre los técnicos que manipulan estos tubos de fibra óptica y los ingenieros que realizan los planos de instalación en una localidad.

Código de color de la fibra óptica para Tubo holgado, Tubo estrecho(TIA/EIA-598)

Posición	Colores
1	Azul
2	Anaranjado
3	Verde
4	Café
5	Plateado (Gris)
6	Blanco
7	Rojo
8	Negro
9	Amarillo
10	Violeta
11	Rosa (Rosado)
12	Aqua (Celeste)

Esto es posible gracias al estándar EIA/TIA-568 que trata el cableado comercial para productos y servicios de telecomunicaciones.

En un tubo de fibra de 12, cada fibra llevará un recubrimiento con los colores de la figura 7, y siempre se usarán en el orden que se muestra.

Figura 8. Código de colores estándar

Por otra parte, cuando los tubos de fibra exceden estos colores se recubre en grupos de 12 con los mismos colores y en el mismo orden. Como se ve en el trozo de fibra óptica de la figura 8, por ejemplo, dentro del tubo naranja, hay 12 fibras que respetan los colores de la figura 7. Así se puede crear fibras de 144 fibras con los colores estándar que impone EIA/TIA-568.

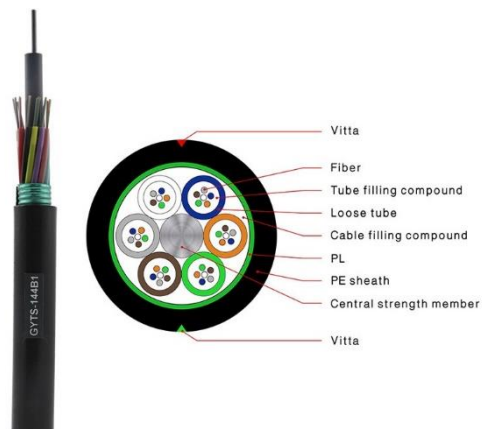


Figura 9. Fibra con colores estándar

## Capítulo 4. GPON. Red Óptica Pasiva con capacidad de Gigabit.

### 4.1 Ventajas y Desventajas de la red GPON

En este apartado se va a ver las principales ventajas e inconvenientes de usar la tecnología GPON frente a las demás.

#### 4.1.1 Ventajas

- La más importante, en cuestión de instalación, es el hecho de que se usan elementos pasivos en la red, por lo que se consigue reducir notablemente el coste de las infraestructuras. Además, otra ventaja de los equipos pasivos es su poco mantenimiento frente a los equipos activos.
- Las redes GPON admiten un ancho de banda muy elevado. Se alcanzan los 2.5 Gbps en el canal de bajada. Después se verá que hay otras tecnologías que nos permiten llegar a los 10 Gbps. Son capaces de proporcionar al cliente final el servicio Triple Play, algo muy necesario hoy día.
- Gracias a la multiplexación por WDM, se puede gestionar por un mismo canal el tráfico de la red. El servicio de vídeo pasar por la longitud de onda de tercera ventana (1550nm) mientras que el servicio de voz lo hace por segunda ventana (1310nm). Con esta tecnología ambos viajan a la vez.

#### 4.1.2 Desventajas

- De la misma forma que los elementos pasivos son una ventaja. También ofrecen inconvenientes en cuanto a potencia y seguridad. Un splitter lo que hace es dividir la señal entre sus salidas, por lo que se reduce la eficiencia en la red.
- Por otra parte, en cuanto a la seguridad, es cierto que se encripta mediante AES. Pero al viajar por un mismo canal toda la información, puede ser más vulnerable a ataques.
- También, es muy sensible a averías. Si un splitter se rompe, todas las ONT conectadas perderán el servicio. Una medida para ello es crear canales duplicados desde la OLT para así cubrirse de posibles averías.
- Aunque sea una tecnología escalable, existe un número máximo de usuarios que la red puede soportar. Esta limitación viene dada por la atenuación. Cada vez que se crea una etapa de división óptica, aumenta la atenuación. Normalmente se suelen conectar un máximo de 64 usuarios, que en algunas tecnologías posteriores puede llegar a los 128 usuarios.

### 4.2 Elementos de una red GPON

Los elementos que engloban una red de fibra óptica pasiva se pueden dividir en dos categorías. Por un lado, están los componentes pasivos, los cuales no necesitan de un sistema de alimentación para funcionar. El ejemplo más claro es el Splitter o Divisor óptico.

Y por el otro lado están los componentes activos, que sí que la necesitan. Aquí se encuentra la OLT y la ONT que explicaremos su funcionamiento.

El componente más básico es la propia fibra óptica, de la que ya hemos hablado antes mencionando los tipos que hay y sus distribuciones más comunes. Ahora vamos a ver los elementos más importantes en el desarrollo de este proyecto

#### **4.2.1 OLT (Optical Line Terminal)**

La OLT es el elemento más importante de la instalación. En ella se conectan los servidores que proveen el servicio Triple Play, la cual mandará a los clientes. De ella parte el cable principal de fibra y se encarga de gestionar tanto el tráfico de bajada como de subida. Es el punto donde se transforman las señales eléctricas a ópticas

Cada OLT tiene la capacidad de proporcionar un servicio a cientos usuario. Por cada puerto PON se puede conectar un máximo de 64 usuarios, aunque se está trabajando para que sean capaces de conectar 128 usuarios.

Este elemento tiene como objetivo el unificar los datos de tres fuentes diferentes de información, pero sabiendo en todo momento a que fuente pertenecen dichos datos mediante herramientas de QoS de las que hablaremos más adelante. Esas fuentes son:

- Video bajo demanda (VoD), como por ejemplo youtube, Netflix y otras plataformas similares.
- Servicio de telefonía básica RTB (red telefónica básica)
- Conexión a internet, la cual podría englobar tanto el servicio de datos (navegar por páginas web en general) y el servicio de voz por ip (VoIP), como por ejemplo Skype, Discord y Zoiper.

#### **4.2.2 ONT (Optical Network Terminal)**

El ONT es el elemento que se encargará de recibir y analizar la información procedente de la OLT que es destinada a un usuario. Además, también cumple la función inversa, manda información a la OLT para que ésta redireccione a la red correspondiente. En ese punto las señales pasan de ser ópticas a eléctricas y son los elementos que normalmente instala un técnico en las casas de los clientes para poder conectarse.

Cuando una ONT tiene integrado un router para la conexión en el hogar (vía Wifi o por cable) se le suele denominar ONU (Optical Network Unit). A modo de ejemplo, podríamos decir que el router que instala un técnico en el hogar es un ONU.

Existen varios tipos de ONU según el número de clientes. Los más importantes son:

- Single Family Unit (SFU): Es la ONU más común y puede ubicarse en interior y exterior. La potencia la suministra el suscriptor y puede incorporar batería de backup. También incorpora un puerto RJ45 o un switch y una o dos conexiones para teléfonos analógicos (puertos POTS). Este tipo de ONU es gestionada o conjuntamente por el suscriptor, por el protocolo OMCI o por un Access control server (ACS).
- Multi Dwelling Unit (MDU): Es la ONU que sirve para un pequeño número de suscriptores residenciales (típicamente entre 8 y 24). Es siempre parte de la red de telecomunicaciones (ODN) esto significa que el mantenimiento, la gestión y la alimentación es responsabilidad del operador.

- Small Business Unit (SBU): Es un equipo orientado a pequeños negocios, puede soportar algunos servicios TDM como T1 o E1. Una variación de la SBU es la MTU (Multitenant Unit) que puede ser compartida por varios pequeños negocios geográficamente cercanos. La MTU aísla servicios en términos de tráfico, los puertos Ethernet son completamente independientes.

### **4.2.3 Splitter (divisor óptico)**

Uno de los componentes fundamentales, junto con ONT y OLT, que se usan en las redes GPON son los divisores ópticos. Los splitter distribuyen la potencia óptica de entrada equitativamente entre sus salidas. Existen varios tipos en función de sus salidas, por ejemplo 1:2, 1:8, 1:16... Como es de esperar, a mayor número de salidas menor será la potencia de salida en cada una de ellas.

Son dispositivos puramente pasivos que funcionan sin alimentación de energía tal y como hemos mencionado antes, por lo que necesitan menos mantenimiento y los hace ideales para ser instalados en cajas en la calle.

Existen dos tipos de divisores ópticos, aunque ambos casos realizan la misma operación:

- Los FBT (Fused Biconical Taper) son fabricados calentando fibras enrolladas entre sí, hasta fundirse. Después se comprimen en un extremo, quedándose en común
- Los PLCs (Planar Lighthwave Components) son fabricados mediante líneas de silicio litográficas sobre un sustrato metálico de silicona.

Los splitter ofrecen pérdidas al sistema, de las cuales hablaremos en el desarrollo del proyecto.

### **4.2.4 Conectores**

Un conector de fibra óptica termina el extremo de un cable de fibra y permite la conexión y desconexión más rápidas que si hiciésemos un empalme. Son utilizados en las conexiones con ONT, OLT y en los splitters suelen estar ya integrados.

Existen más de 100 tipos de conectores de fibra en el mercado, pero los más importantes y usados son:

- Suscriptor Conector(SC): son los tipos de conectores que están presentes en nuestra instalación. El perfil cuadrado exterior junto con su mecanismo de acoplamiento rápido permite una mayor densidad de empaquetamientos del conector en instrumentos y paneles de conexión.
- Lucent Conector (LC): Es un conector push-pull, de formato pequeño, que usa una férula de 1.25mm, la mitad del tamaño del SC. Es ideal para conexiones de alta densidad y transceptores SFP y SFP+.
- Ferrule Conector (FC): Es un conector redondo y roscado. Se aplica para fibra óptica monomodo, pero está en desuso. Está siendo reemplazado por los dos anteriores debido a su alta pérdida de inserción.
- Straight Tip (ST): Este conector fue desarrollado por AT&T poco después de la llegada del FC. Se puede confundir con FC por su similitud externa, pero ST usa una montura de bayoneta que no sea una rosca.



Figura 10. Tipos de

conectores

#### 4.2.5 ODN (Optic Distribution Network)

La red de distribución óptica engloba todos los componentes de la instalación, desde el canal de bajada de la OLT hasta el canal de subida de la ONT. Su alcance suele ser de unos 20 km para así asegurar que la potencia que les llega a los usuarios está dentro de los márgenes.

Dentro de la ODN, el cable de fibra, los conectores, los divisores ópticos pasivos colaboran entre sí.

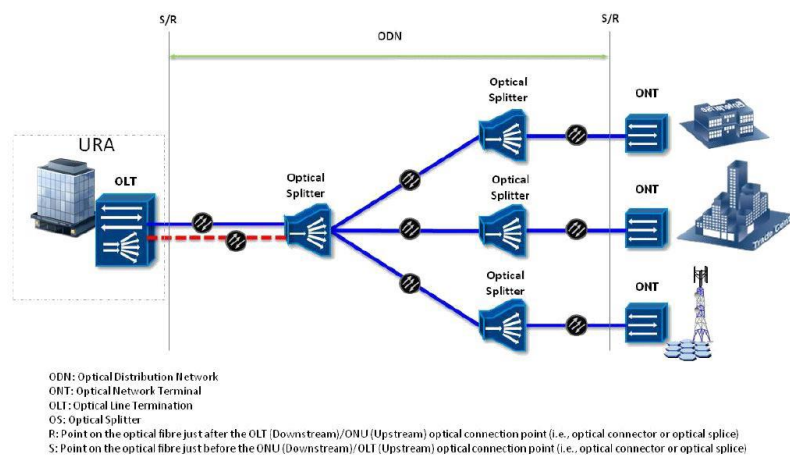


Figura 11. ODN

#### 4.3 Protocolo OMCI y Descubrimiento de nuevas ONT

El protocolo OMCI (ONT Management and Control Interface) es el protocolo encargado en la GPON de controlar las ONT por parte de la OLT. Este protocolo permite:

- Solicitar información de configuración y estadísticas a las ONTs, así como realizar actualizaciones de firmware a los dispositivos.
- Abrir o cerrar puertos físicos en las ONT



- Recoger información sobre eventos en la instalación, como por ejemplo falta de potencia por uso de un cable defectuoso.

Este protocolo se ejecuta sobre una conexión GEM, de la que hemos hablado anteriormente, entre la OLT y el ONT y es establecido durante la fase de arranque del equipo de cliente. Es un protocolo asimétrico, por un lado, está el equipo maestro (OLT) y por otro lado el esclavo (ONT). Los requerimientos de la OMCI se encuentran en la recomendación ITU-T 984.4.

Cuando una ONU/ONT se anuncia por primera vez en la red, su distancia y retardo son desconocidos y deben descubrirse sin afectar al tráfico en la PON. La OLT de manera periódica difunde un permiso que autoriza a cualquier ONU no activada a transmitir su identidad. Como el round trip time (RTT) no se conoce, la OLT abre una ventana de descubrimiento durante la cual solo pueden transmitir ONUs desactivadas. Para evitar colisiones la ONU introduce un retardo aleatorio en su respuesta.

En la figura siguiente se ve cómo se abre la ventana de silencio para el descubrimiento de las ONUs.

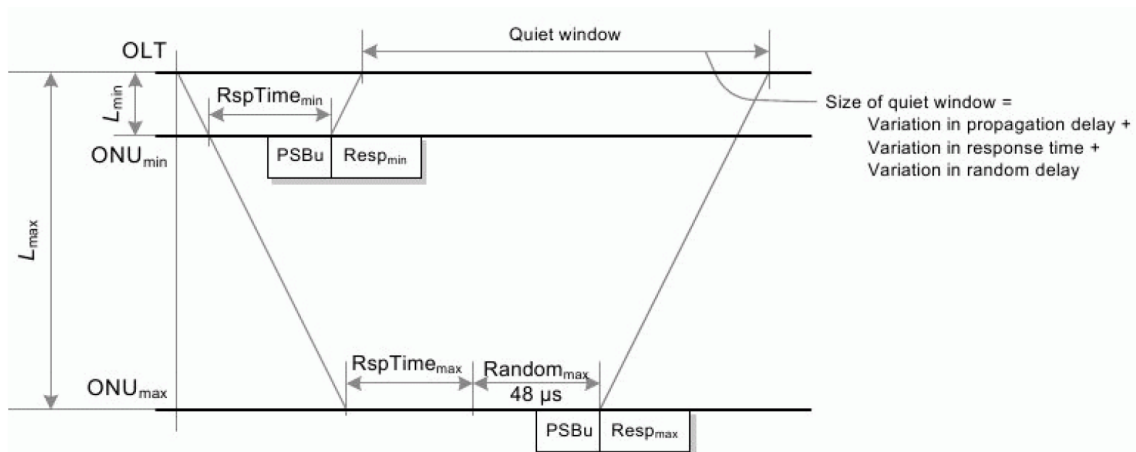


Figura 12. Ventana de descubrimiento.

#### 4.4 Trama GEM

La trama GEM tiene la siguiente estructura

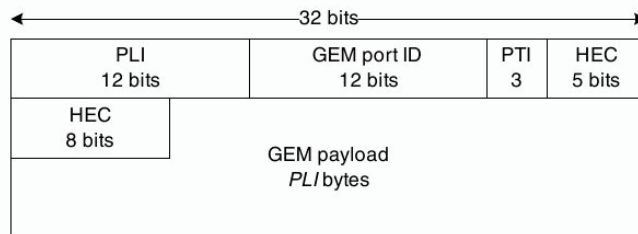


Figura 13. Trama GEM

Payload Length Information (PLI): longitud en bytes de los datos de usuario transportados. Máximo 4095, min 1 byte. Si ocupan más se trocean en varias tramas GEM.

GEM Port ID: identifica un flujo de tráfico sobre la PON. Hasta 4096 canales posibles.

Payload Type Information (PTI): informa sobre los datos transportados (fragmentados, información OAM) "redundante poco uso, hereda de ATM"

HEC: permite detectar y corregir errores en la cabecera GEM además de llevar a cabo tareas de sincronismo. Para decodificar cada una de las tramas GEM, se necesita conocer con exactitud PLI y comenzar en un instante sincronizado.

## 4.5 Canal de subida (Upstream) y de bajada (Downstream)

En el canal de subida, la red actúa como una red punto a punto. Las ONT envían las tramas (voz, datos...) hacia la OLT. Todas estas tramas usan la tecnología TDMA (Time Division Multiple Access) para poder ser transmitidas.

La OLT, por su parte gestiona los intervalos de tiempo los cuales puede transmitir cada ONT para así evitar colisiones de tramas.

Por otro lado, en el canal de bajada, la OLT es la que transmite la información a las ONT a través de broadcast. Por lo que la red sería una punto a multipunto.

Para unir todas las tramas de los servicios y poder enviarlos por la fibra óptica, se usa la tecnología WDM (Wavelength Division Multiplexing). Al tener una transmisión de voz en segunda ventana y una de vídeo en tercera, es necesario usar WDM.

Además de enviar la información procedente de Triple Play, también se usa (TDM Time Division Multiplexing) en el que la OLT asigna las ranuras de tiempo a la ONT y les dice cuándo pueden enviar.

## 4.6 Calidad de servicio (QoS)

El término calidad de Servicio hace referencia a las diversas tecnologías que garantizan una cierta calidad para los distintos servicios de la red. Es un conjunto de requisitos que la red debe cumplir para asegurar un nivel de servicio adecuado para la transmisión de los datos.

Con el continuo crecimiento de internet en general, redes totalmente distintas se fusionan en una red IP. No es extraño hoy día encontrar servicios de vídeo bajo demanda, como es YouTube y servicios de telefonía por IP en el caso de Discord, Zoiper. Es por ello que se permite que los nodos de internet se comporten de forma distinta en función de los diferentes tipos de servicios.

Existen ventajas en tener redes compatibles con QoS.

- Capacidad de priorizar el tráfico y, por consiguiente, permitir que los flujos importantes sean utilizados antes que los flujos de menor prioridad.
- Mayor fiabilidad en la red, gracias al control de la cantidad de ancho de banda que puede utilizar una aplicación.

Para implementar un buen servicio de QoS, se tienen en cuenta una serie de parámetros que hay que satisfacer.

- El ancho de banda
- El retardo
- El Jitter, que es la variación de tiempo entre dos paquetes consecutivos.

#### 4.6.1 Servicios Integrados (Intserv)

Los servicios integrados, llamados Intserv, es un mecanismo de calidad de servicio que consiste en la reserva de recursos a lo largo de los nodos que configuran la conexión. Los hosts informan de sus necesidades de QoS a la red. El protocolo que utiliza es el Resource Reservation Protocol (RSVP)

RSVP es un protocolo de control que trabaja sobre UDP e IP y separa el tráfico en flujos, su funcionamiento es el siguiente:

- El host que va a transmitir, informa a los demás nodos del trayecto los requisitos que va a requerir la aplicación
- El host que va a recibir, realiza la reserva de los recursos.
- Los nodos intermedios, empezando por el final hasta el transmisor, reservan también los recursos que se van a utilizar.

En la figura siguiente se ve de forma gráfica el funcionamiento de Intserv.

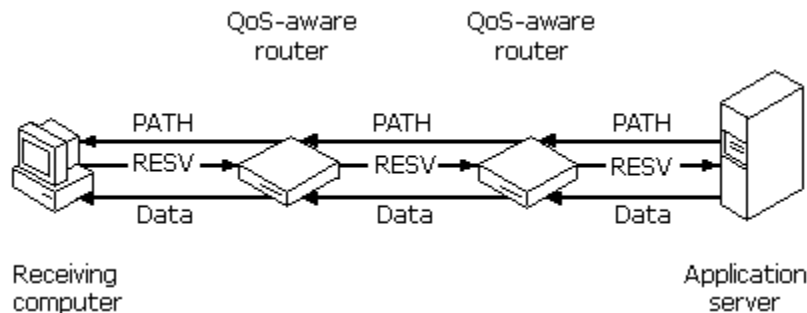


Figura 14. Intserv

Para establecer dicho camino (Path) todos los equipos implicados deben tener recursos suficientes para satisfacer los requerimientos de QoS, si esto se cumple, se reservan dichos recursos (Resv) y se comienza la transmisión.

Esta reserva de recursos hace que Intserv tenga problemas de escalabilidad, ya que los elementos de la red deben guardar una gran cantidad de información de estado de las diferentes conexiones.

#### 4.6.2 Servicios Diferenciados (Diffserv)

Los servicios diferenciados es otro mecanismo que se basa en la clasificación de paquetes en clases de servicio. En DiffServ no existe señalización extremo a extremo ni entre vecinos, cada router trabaja de manera independiente aplicando un proceso de clasificación y dando un tratamiento local específico a cada tipo de tráfico. Esto se conoce como Per-Hop Behavior (PHB).

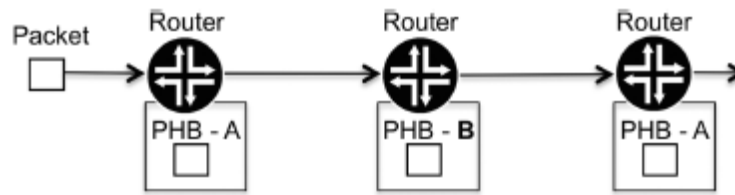


Figura 15. Per-Hop Behavior

De este modo, no se tiene que hacer ninguna reserva de recursos como en Intserv, sino que se les asigna a los paquetes una prioridad y/o etiqueta que hace que sea tratado de forma diferente por cada router con respecto a otros paquetes.

Al no hacer esa reserva que se ha comentado, este mecanismo es mucho más escalable y puede ser implantado en redes con grandes cantidades de tráfico.

#### 4.6.3 Protocolo 802.1Q (Vlan Tag)

El protocolo 802.1Q es utilizado para el marcado de paquetes en las Vlan. La etiqueta se conforma de los siguientes campos:

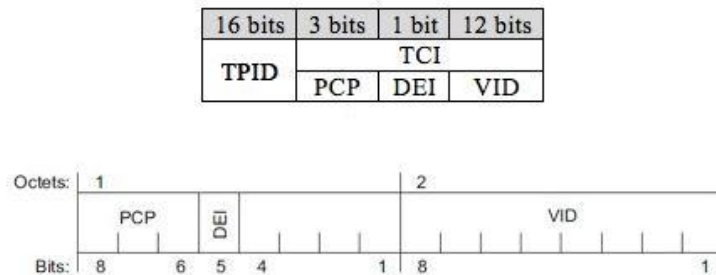


Figura 16. Etiqueta 802.1Q

Los dos primeros octetos de la etiqueta son el campo TPID (Tag Protocol Identifier), 8100 Hex indica que la trama es etiquetada. Los otros dos octetos pertenecen al campo TCI (Tag Control Information) el cual se divide en 3 campos: PCP (Priority Code Point), DEI (Drop Eligible Indicator), y VID (VLAN Identifier).

El campo PCP se marca la prioridad de las tramas para que reciban un tratamiento diferenciado en los diferentes nodos de la red. Tiene 3 bits, por lo que acepta hasta 8 niveles de prioridad.

PCP	Prioridad	Acrónimo	Tipo de tráfico
1	0 (baja)	BK	Background
0	1 (por defecto)	BE	Best Effort
2	2	EE	Excellent Effort
3	3	CA	Critical Applications
4	4	VI	Vídeo, < 100 ms latencia y fluctuación
5	5	VO	Voz, < 10 ms latencia y fluctuación
6	6	IC	Internetwork Control
7	7 (más alta)	NC	Network Control

Figura 17. Priority Code Point

El campo DEI es un bit cuyo valor indica cuándo una trama puede ser descartada (1) o no (0) por parte de la red en caso de congestión. Introduce distintos niveles de prioridad entre tramas con el mismo valor de PCP, es decir, dos tramas marcadas con un valor de PCP igual y ambas marcadas con distinto valor del bit DEI pueden ser tratadas de forma distinta en las funciones de clasificación y colas de los nodos.

Por último, el campo VID que permite crear VLAN para la clasificación de servicios.

La etiqueta 802.1Q (VLAN Tag) se inserta en los switches de acceso, aunque existe la posibilidad de etiquetar el tráfico desde el origen y será tarea del administrador de la red decidir si dicho etiquetado se acepta o es rechazado y sustituido por una nueva etiqueta.

Si se acepta, el valor del campo VLAN ID debe ser compatible con la configuración del interfaz Ethernet del switch al que está conectado el ordenador, es decir, el interfaz debe pertenecer a la misma VLAN o ser de tipo "trunk".

## 4.7 Nuevos estándares

A pesar de que GPON es un estándar que ofrece un ancho de banda considerable de 2,5 Gbps, a medida que pasan los años se requieren mayores capacidades. Cada vez los canales de televisión tienen más resolución y necesitan mayor ancho de banda, las conexiones a internet se buscan cada vez más rápidas y la red de fibra óptica es sobradamente capaz de aumentar estas capacidades. Por ello se han creado nuevos estándares para suplir la gran demanda de ancho de banda que se necesita. Entre ellos destacan XG-PON Y XGS-PON

### 4.7.1 XG-PON

XG-PON (también conocido como 10G-PON) es un estándar que surgió después de GPON, capaz de ofrecer velocidades de acceso compartido a Internet de hasta 10 Gbit/s en el canal descendente y 2.5 Gbit/s en el ascendente. sobre las instalaciones de fibra existente. Esto supone una gran ventaja a la hora de implementarla. Se recoge en el estándar G.987, tiene las mismas características que las redes GPON y una de las ventajas es que pueden coexistir ambas tecnologías

A medida que la demanda de velocidad de la red sigue creciendo, se generan nuevas y más rápidas tecnologías a partir de los estándares existentes. XG-PON es la capacidad ultrarrápida de última generación para los proveedores de GPON, diseñada para coexistir con los equipos de usuario de GPON instalados en la misma red.

Los servicios de triple play sobre IP de vídeo, datos y voz se citan a menudo como el motor de la demanda de los usuarios de un mayor uso de la banda ancha, lo que justifica la inversión de PON. Aunque la superposición de RF ha sido popular en algunos países y minimiza la congestión causada por el uso de servicios de vídeo, la convergencia de la HDTV y la IPTV, y el crecimiento de los servicios en la nube de Internet podrían crear una demanda de ancho de banda que exceda la capacidad de los servicios de gigabit en el futuro. El teletrabajo y las videoconferencias son otras aplicaciones que demandan estas capacidades de triple play.

Entre los ejemplos de aplicaciones con uso intensivo de ancho de banda se incluyen IPTV, videoconferencia, vídeo interactivo, juegos interactivos en línea, redes peer-to-peer, karaoke-on-demand, videovigilancia IP y aplicaciones en nube en las que el almacenamiento remoto y los recursos informáticos proporcionan servicios en línea bajo demanda a los usuarios con sistemas locales de cliente ligero. Las aplicaciones en la nube podrían aprovechar el alojamiento de contenido en el país, y XG-PON puede fomentar el desarrollo explosivo de servicios innovadores que se vuelven factibles a medida que los usuarios se mueven hacia conexiones más rápidas.

Los sistemas de continuidad del negocio también pueden aprovechar XG-PON para permitir la copia de seguridad/recuperación/replicación en tiempo real de los sistemas críticos del negocio a través de múltiples sitios. Otras empresas pueden necesitar simplemente conectar varios sitios como una red privada virtual, efectivamente una oficina virtual, o pueden tener servicios de comercio electrónico que requieren que los socios comerciales tengan suficiente conectividad para tener acceso constante a la base de datos.

A pesar de que GPON y XG-PON son compatibles, las longitudes de onda utilizadas en los canales upstream y downstream son distintas, en la siguiente tabla se muestra las longitudes.

Tecnología	Canal	Longitudes de onda	Velocidad
GPON	Ascendente	1260 – 1360 nm	1.2 Gbps
	Descendente	1480 – 1500 nm	2.5 Gbps
XG-PON	Ascendente	1260 – 1280 nm	2.5 Gbps y 10 Gbps (XGS-PON)
	Descendente	1575 – 1581 nm	10 Gbps

Tabla 1. Bandas empleadas

#### 4.7.2 XGS-PON

En el estándar G.9807.1 se describe un sistema de red óptica pasiva simétrica (XGS-PON) con capacidad de 10 Gigabits en una red de acceso óptico para aplicaciones residenciales y comerciales. Este sistema funciona sobre una infraestructura de acceso óptico punto a multipunto a una velocidad de datos nominal de 10 Gbit/s tanto en sentido descendente como ascendente. Al igual que pasa con XG-PON, XGS-PON también puede coexistir con las redes GPON. Gracias a esto, se puede realizar una migración a ésta última de forma gradual y aprovechar así toda la ODN ya instalada.

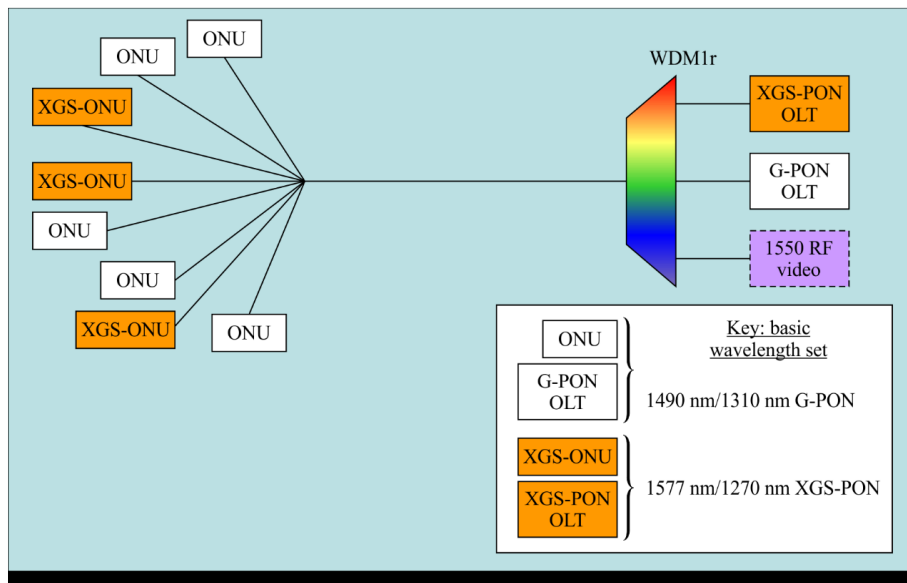


Figura 18. Coexistencia GPON y XGPON

En la figura anterior se puede ver cómo pueden implementarse dentro de la misma red ambos estándares, aun teniendo esa diferencia de bandas.

A día de hoy son muchas las empresas que aumentarán la velocidad de su fibra con XGS-PON durante este año, pero de momento ambos estándares coexistirán unos años más.

## Capítulo 5. Desarrollo del proyecto

Una vez dada una introducción teórica de los distintos componentes de la red GPON, se va a implementar en el laboratorio una red a pequeña escala para así analizar las diferentes fases de análisis y despliegue de esta infraestructura. Analizaremos las diferentes herramientas y métodos de configuración que el fabricante TELNET pone a nuestra disposición en el desarrollo de la red.

### 5.1 Esquema del proyecto

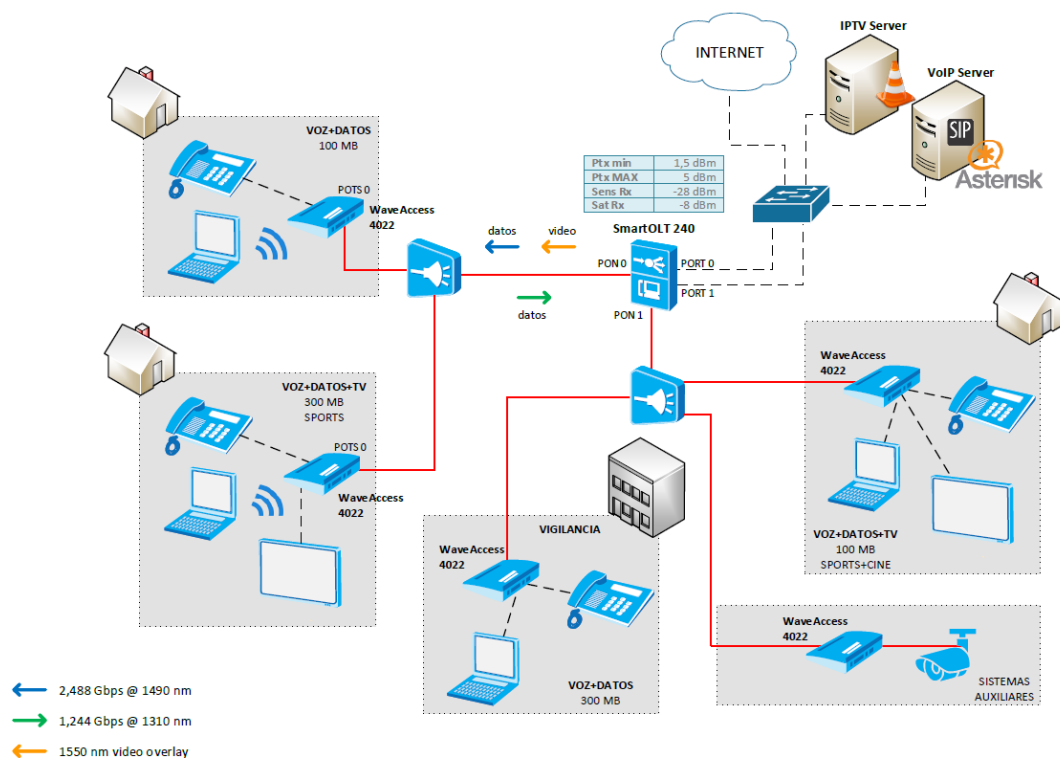


Figura 19. Esquema de red GPON

Tal y como se muestra en la figura XX, se va a diseñar una red GPON con dos PON distintas. La primera estará conectada en la PON 0, la cual tendrá dos usuarios conectados. En la segunda estarán conectados tres usuarios.

Se ha puesto distintos escenarios para así realizar más pruebas. Por ejemplo, no todos los usuarios tienen los mismos servicios contratados, así como sus velocidades de subida y bajada. Además, hay un usuario dedicado a la video vigilancia en la cual conectaremos una cámara IP.

Por otra parte, tenemos un servidor SIP de Asterisk para telefonía, un ordenador con el reproductor de medios VLC que simulará canales de televisión y una conexión a internet. Estos tres servicios irán conectados a un router o un switch y éste a los interfaces de transporte de la OLT.



## 5.2 Equipamiento utilizado

Este apartado sirve para mostrar el equipamiento que hemos estado utilizando en el laboratorio.

- OLT



Figura 20. OLT

Ésta es la OLT, de marca telnet. En el anexo están sus especificaciones. A modo de resumen, tiene a la izquierda los puertos PON en los cuales se conecta la fibra óptica. Los 4 puertos centrales son los puertos de transporte, dónde se conectará el router/switch y por donde pasarán los servicios configurados. A la derecha está el puerto de configuración que conectaremos al ordenador para así hacer uso de la herramienta TGMS de la que hablaremos más adelante en el proyecto.



Figura 21. Puertos OLT

Aquí podemos observar, de izquierda a derecha:

- 4 Puertos Pon
- 4 Puertos de transporte 1Gb Ethernet
- 1 Puerto de gestión FastEthernet
- 1 Puerto de consola
- 1 Puerto Usb

- **ONT**



Figura 22. ONT

De la ONU cabe destacar los últimos dos LEDs de la derecha:

- Alarm:

Si está apagado: Nivel de potencia dentro de los niveles establecidos o alarma GPON.

Rojo fijo: Nivel de potencia óptica por debajo del umbral fijado y no alarma GPON.

- LOS :

Si está apagado: Nivel de potencia dentro de los niveles establecidos.

Rojo fijo: Nivel de potencia óptica por debajo del umbral fijado.



Figura 23. ONT y teléfonos

De la misma forma, éstos son las ONT (también de marca Telnet) que van conectadas por el puerto PON a la OLT. Sus especificaciones también están en los anexos. También, hay 2 teléfonos antiguos que hemos usado para hacer pruebas con el servidor IP Asterisk que tenemos. Las ONT's tienen, aparte de la conexión de fibra, 4 puertos LAN para conectar así ordenadores y TV para tener el servicio de IPTV que describiremos después. Además, cuentan con 2 puertos POTS para conectar los teléfonos fijos.

- **Splitters**



Figura 24. Splitter 1:8

Éste es el splitter 1:8 de la PON 3. La salida de abajo va conectada a la OLT, mientras que las salidas de arriba irán conectadas a las ONT correspondientes. El splitter 1:4 de la PON 0 es del mismo modelo.

- **Conector SFP**



Figura 25. Conector SFP

Estos conectores están ubicados en los puertos PON de la OLT como se detalla en la figura 21.

- **Atenuador**

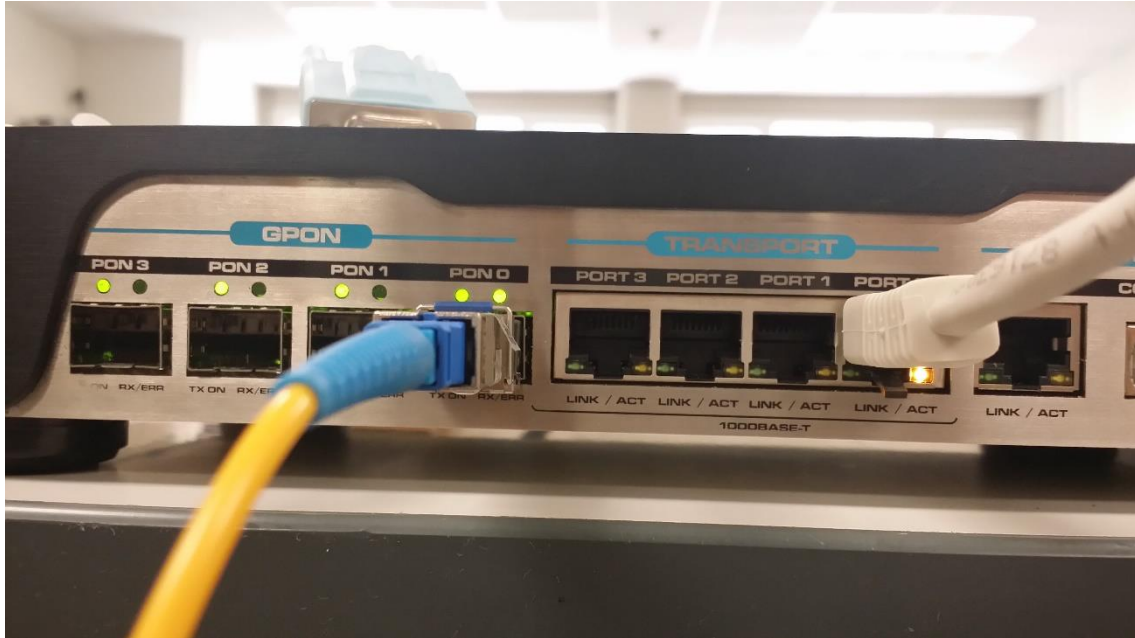


Figura 26. Conexión atenuador.

Se conecta entre el Splitter de fibra óptica y el conector SFP del puerto PON. En el laboratorio se dispone de atenuadores de 5, 10 y 15 dB.

### 5.3 Cálculo del presupuesto óptico

Se define presupuesto óptico como la cantidad de pérdida que una red de fibra óptica puede tener. Se calcula sumando las pérdidas de todos los componentes utilizados en la red de cables para obtener la pérdida punto a punto estimada.

En ciertas ocasiones el presupuesto óptico tiene un valor máximo y un valor mínimo, lo que significa que necesita al menos un valor mínimo de pérdida para que no se sobrecargue el receptor y un valor máximo de pérdida para garantizar que el receptor tenga suficiente señal para funcionar correctamente. En este caso, viendo el esquema de la red, la potencia de saturación es de -8dBm mientras que la potencia de sensibilidad es de -28dBm. El receptor, en este caso la ONT, debe recibir una potencia entre medias de esos dos valores.

Para realizar estos cálculos se tienen en cuenta las siguientes pérdidas:

- **Pérdidas de la fibra óptica según su longitud de onda operativa.** En este caso y como la longitud de la fibra es muy pequeña despreciaremos las pérdidas. La atenuación de una fibra se mide en db/km y estamos usando como máximo 5 metros de fibra en total. Es totalmente despreciable.
- **Pérdidas por los conectores.** Tenemos un conector en la parte del OLT y otro conector en la parte de la ONT.

- **Pérdidas de los splitters o divisores ópticos.** En la PON 0 tenemos un splitter 1x4 y en la PON 3 tenemos un splitter 1x8.
- **Pérdidas por los empalmes.** Al igual que tenemos dos conectores en cada PON como se ha dicho antes. Esos conectores llevan un empalme a la fibra. Por ello contaremos dos empalmes por red.
- **Margen de seguridad.** Se suele dejar un margen de seguridad para posibles aumentos puntuales de potencia en la red y así no dañar los equipos. En este caso pondremos un margen de 3dB.
- **Atenuadores.** Debido a que es un proyecto a pequeña escala y no una infraestructura real, entre medias de la ONT y OLT falta varios km de fibra, algunos empalmes en cajas de Corning o armarios de calle. De esta forma añadiremos atenuadores de 5, 10 o 15db para así hacerles llegar la potencia adecuada a los usuarios, es decir, a las ONT's.

### 5.3.1 PON 0

Enumeramos en la siguiente tabla los componentes que ofrecen pérdidas al sistema, así como un margen de seguridad para evitar mal funcionamiento.

Componente	Cantidad	Pérdidas
Splitter 1:4	1	-6.22 dB
Conectores	2	-0.3 dB
Empalmes	2	-0.1 dB
Margen de Seguridad		-3 dB
Atenuador	1	-10dB

Tabla 2. Pérdidas PON 0

$$A = (-splitter) + (-L_{\lambda} \times Km) + (-L_{Conectores} \times N^{\circ}) + (-L_{emplame} \times N^{\circ}) \quad (1)$$

Para el cálculo de la atenuación A, no tendremos en cuenta las pérdidas que ofrece la fibra. Como hemos dicho antes, al tratarse de una instalación en el laboratorio, no tenemos ni 1 km de fibra.

$$A = (-6.22) + (-0.3 \times 2) + (-0.1 \times 2) = -7.02dB$$

Que, al sumarle el atenuador se quedaría en una pérdida total de -17.02 dB.

$$P_{sensibilidad} < P_{max} - A \quad (2)$$

De acuerdo con el balance de potencias en la fibra óptica, la potencia de sensibilidad tiene que ser menor que la potencia máxima de la OLT menos la atenuación de toda la ODN.

$$P_{Tmax} = 5 \text{ dBm}$$

$$P_{sensibilidad} = -28 \text{ dBm}$$

$$-28 \text{ dBm} < 5 - 17.02 = -12.02 \text{ dBm}$$

Por lo que vemos que nos da -12.02 dBm, el cual es mayor que la potencia de sensibilidad. También tenemos que tener en cuenta tanto el Margen de seguridad, que no haga que nuestra potencia sea inferior a la de atenuación, como que la potencia no esté muy cerca de la de saturación. En este caso la potencia de saturación es -8 dB. Si restamos -28dBm – (-12 dBm) nos da **-15.98 dBm** que sería la potencia aproximada que le llegaría a la ONT.

### 5.3.2 PON 1

De la misma forma que en la PON 0 vamos a enumerar los componentes de esta red.

Componente	Cantidad	Pérdidas
Splitter 1:8	1	-9.8 dB
Conectores	2	-0.3 dB
Empalmes	2	-0.1 dB
Margen de Seguridad		-3 dB
Atenuador	1	-5dB

Tabla 3. Pérdidas PON 1

Utilizando la fórmula (1) tenemos que:

$$A = (-9.8) + (-0.3 \times 2) + (-0.1 \times 2) = -10.6 \text{ dB}$$

Sumando el atenuador tendríamos **15.06 dB**. Ahora, aplicando (2), con las mismas potencias que antes:

$$-28 \text{ dBm} < 5 - 15.06 = -10.06 \text{ dBm}$$

Si restamos -28dBm – (-10.06 dBm) nos da **-17.94 dBm** que sería la potencia aproximada que le llegaría a la ONT.

Para verificar el cálculo teórico de las PON, existe una herramienta de gestión de la OLT llamada TGMS, la cual explicaremos como se instala, así como todas las funcionalidades que tiene. Una de las funciones nos da la potencia que le llega tanto a la OLT como a la ONT.

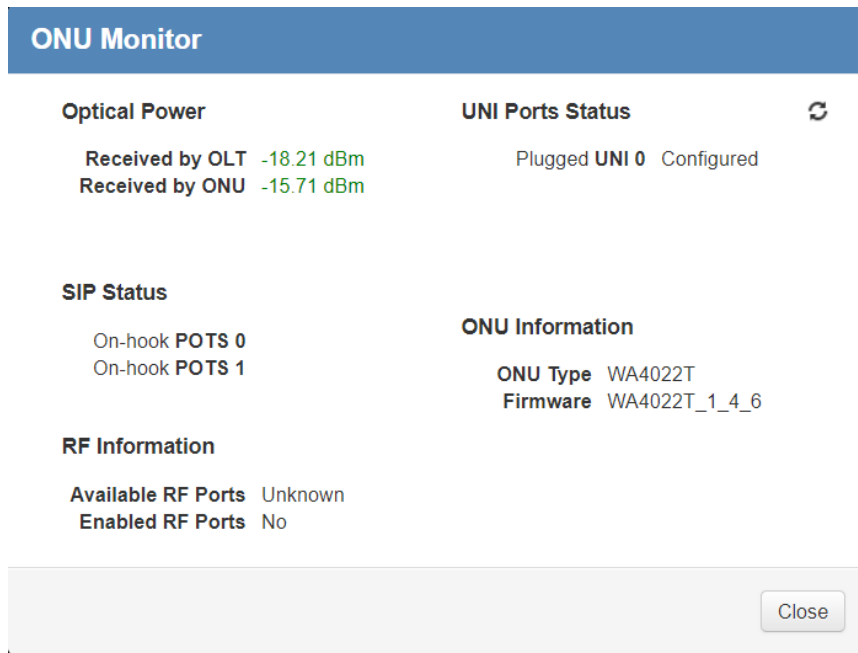


Figura 27. Verificación práctica del balance de potencias.

La diferencia de potencia recibida en la OLT y en la ONT debe presentar valores similares, y en todo caso no superar los 3 dB:

$$P_{OLT} - P_{ONT} \leq 3dB$$

Cualquier valor superior a 3 dB podría indicar alguna anomalía en algún componente de la red PON. En este caso, se ve en la figura XX que se cumple. Si no se cumpliera nos lo marcaría en amarillo o en rojo si fuesen valores muy alejados.

## 5.4 Instalación de las herramientas de gestión

Ya tenemos toda la estructura de red realizada, hemos hecho el presupuesto óptico y nos hemos cerciorado de que todo funciona correctamente. Ahora es el turno de instalar la herramienta que nos va a dejar configurar todos los servicios en la OLT de Telnet.

Vamos a poder crear servicios, configurar anchos de banda, es decir, gestionar la PON completa desde la web

### 5.4.1 VirtualBox

VirtualBox es una herramienta de virtualización de código abierto multiplataforma dispone para muchos sistemas operativos, entre ellos Windows. Permite crear unidades de disco virtuales donde podemos instalar un sistema operativo invitado dentro del que utilizamos normalmente en nuestro equipo y así poder usarlo del mismo modo que si hubiera sido instalado realmente.



Vamos a utilizar este software para poder instalar nuestra herramienta de gestión de Telnet de la que hablaremos más adelante. Para su instalación se han de seguir los pasos indicados por el propio software.

#### 5.4.1.1 Creación de la máquina virtual

Crearemos una nueva máquina virtual. Hacemos click en “Nueva”



Figura 28. VirtualBox.

Se deberá asignar el nombre deseado, en este caso ponemos TGMS que es como se llama la herramienta de gestión de Telnet.

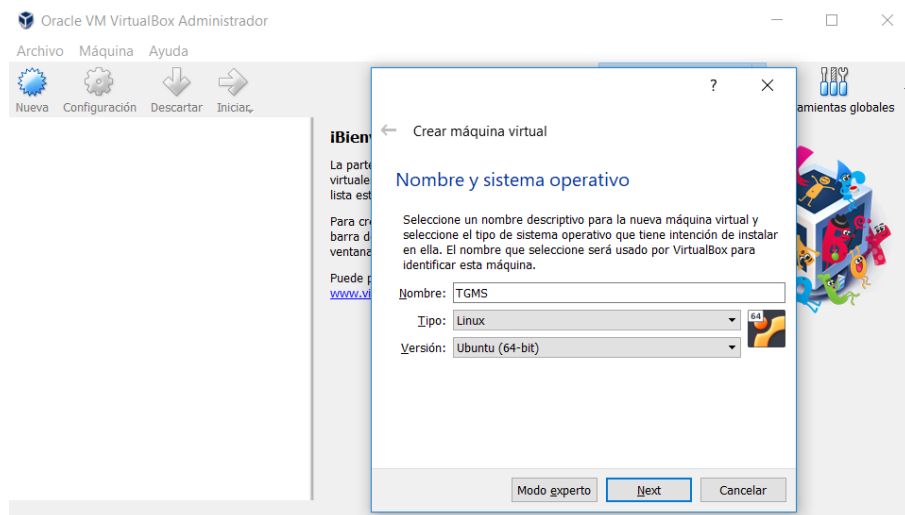


Figura 29. Nueva máquina virtual en VirtualBox

Al hacer click en “Next” nos pedirá que le asignemos el tamaño la memoria RAM para la máquina virtual. El manual de Telnet nos recomienda asignar un mínimo de 512MB para un correcto funcionamiento. En nuestro caso, seleccionaremos 1GB (1024MB).



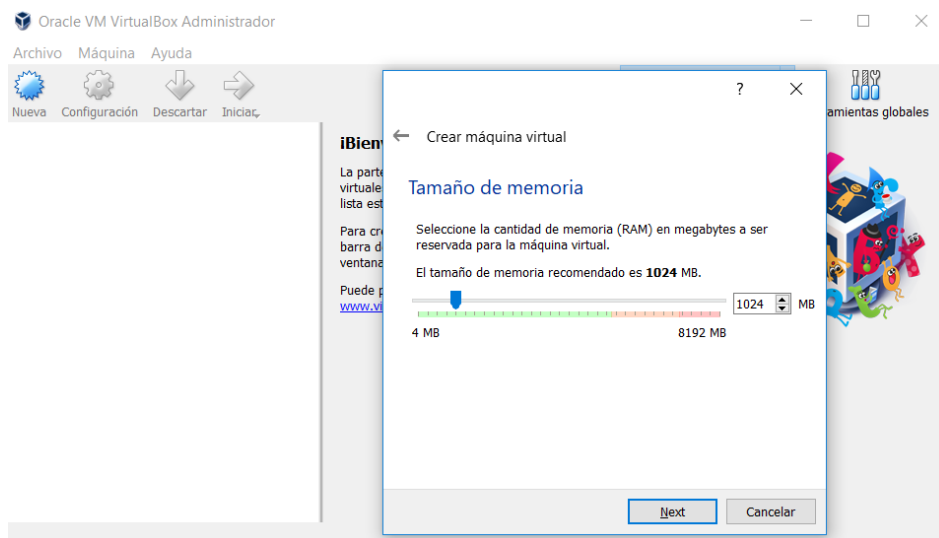


Figura 30. Configuración de memoria RAM

Haremos otra vez clic en “Next” y nos aparecerá un menú para seleccionar el tipo de disco duro virtual. Seleccionaremos la opción “Usar un archivo de disco duro virtual existente” y pondremos el archivo TGMS con extensión .vdi que nos hemos descargado de la página de Telnet

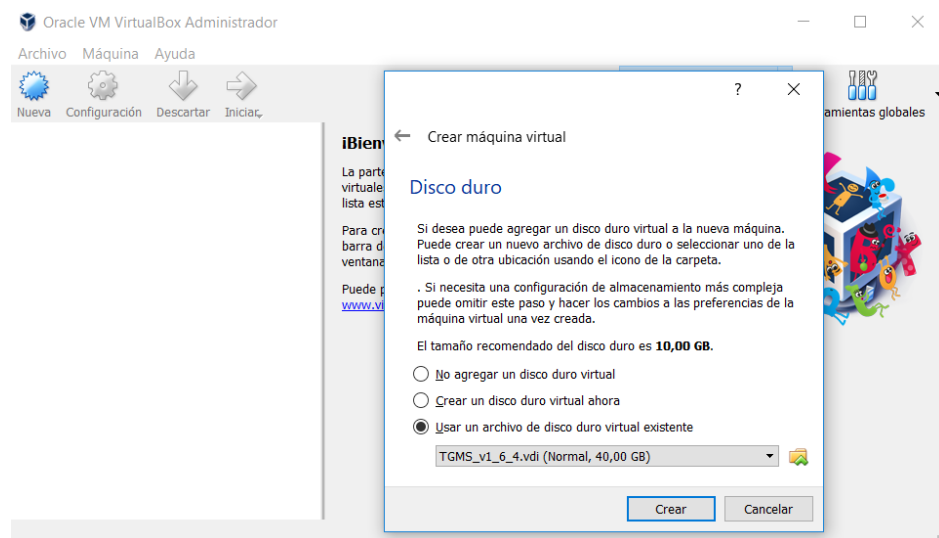


Figura 31. Configuración de disco duro virtual.

Una vez se haga clic en “Crear”, la máquina virtual será añadida a las máquinas virtuales gestionadas por VirtualBox.

#### 5.4.1.2 Configuración de las interfaces de red

Para un correcto funcionamiento del TGMS se deberán configurar las interfaces de red en Virtual Box teniendo en cuenta que el TGMS debe ser capaz de conectarse a la OLT, y

además debería ser accesible de manera local en el ordenador en el cual está instalada la máquina virtual.

Para ello, se ha de seleccionar la máquina virtual del TGMS, y hacer clic en el botón de “Configuración”. En el menú “Red” están los adaptadores de red.

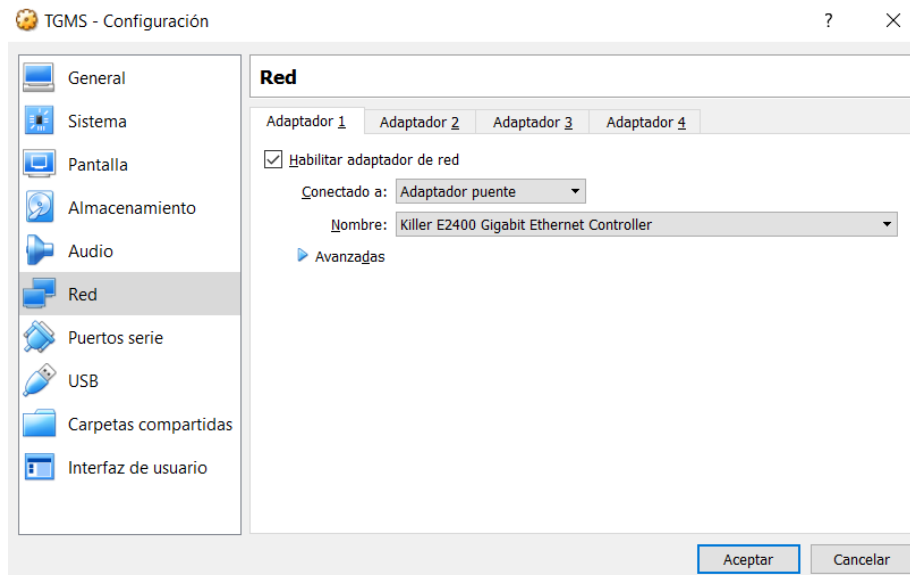


Figura 32. Configuración del adaptador 1

En el adaptador 1 se seleccionará la opción de conectar a Adaptador puente. Este modo hará que la máquina virtual se conecte directamente a la interfaz de red del equipo anfitrión, en este caso el puerto Ethernet, permitiendo acceso directo. Además, esta interfaz deberá estar conectada en la misma subred donde se encuentre la interfaz de gestión de la OLT.

El manual de TGMS recomienda activar un segundo adaptador de red para acceso desde la máquina anfitrión y recuperación. Seleccionamos el adaptador 2 y lo habilitamos conectándolo a Adaptador sólo-anfitrión. Haremos clic en “Aceptar” para terminar la configuración.

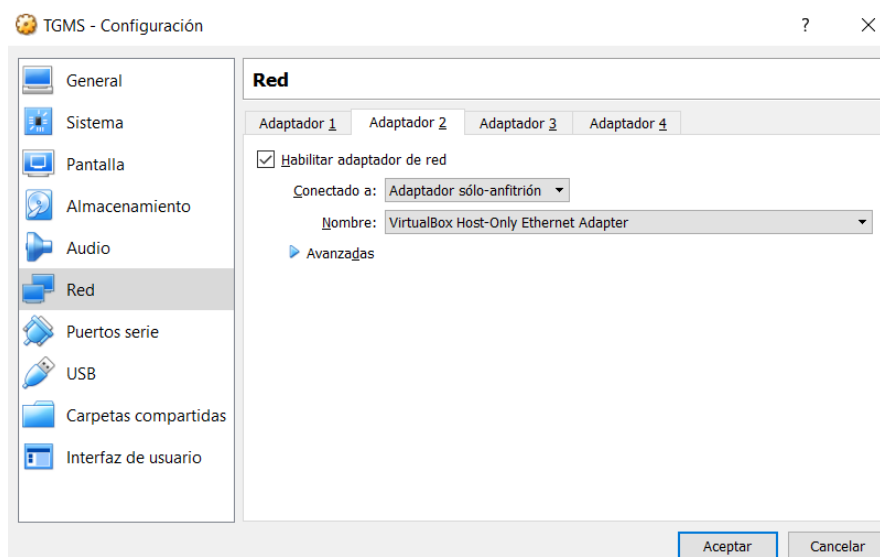


Figura 33. Configuración adaptador 2

Ya hemos instalado la máquina virtual y hemos configurado los adaptadores para el correcto funcionamiento de la herramienta de gestión de Telnet. En el siguiente apartado vamos a ver como configurar los parámetros de la OLT mediante la plataforma web del TGMS.

#### 5.4.2 TGMS: Telnet GPON Management System

El Telnet GPON Management System, o sistema de gestión GPON de Telnet, es una plataforma web que permite la gestión de varias cabeceras de red SmartOLT, y de las ONUs conectadas a dichas cabeceras.

Gracias a su interfaz gráfica, permite una abstracción del protocolo GPON, así como una configuración intuitiva de equipos de cliente y los servicios triple-play asociados.

Para un correcto funcionamiento del TGMS se deberán configurar las interfaces de red en VirtualBox teniendo en cuenta que el TGMS debe ser capaz de conectarse a las SmartOLT de la red, y además debería ser accesible de manera local en el ordenador que ejerce de host de la máquina virtual. La siguiente figura muestra un ejemplo de configuración:

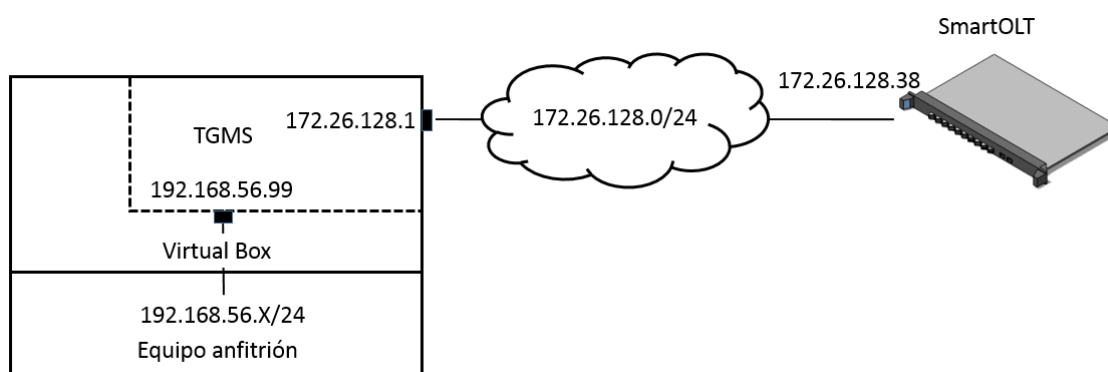


Figura 34. Esquema de la conexión de TGMS y la OLT

##### 5.4.2.1 Configuración inicial

El TGMS tiene dos direcciones IP por defecto:

1. <http://172.26.128.1> (conexión remota)
2. <http://192.168.56.99> (conexión local)

La conexión con 1 sólo se podrá efectuar si cambiamos la IP del equipo anfitrión. Por el contrario, la conexión 2 estará siempre activa, ya que se ha configurado en el equipo una interfaz virtual con una IP asignada por DHCP en el rango 192.168.56.0/24

Si se accede a cualquiera de ellas, se abrirá el entorno Web de Gestión TGMS para insertar las credenciales de acceso correspondientes.

## 5.5 Configuración de los menús del TGMS

En este apartado vamos a ver la configuración paso a paso de los menús que tiene el TGMS. Explicaremos las opciones que tiene e intentaremos describir todas las funcionalidades que tiene y hemos usado para el desarrollo de nuestra instalación.

### 5.5.1 Menú de configuración de la OLT

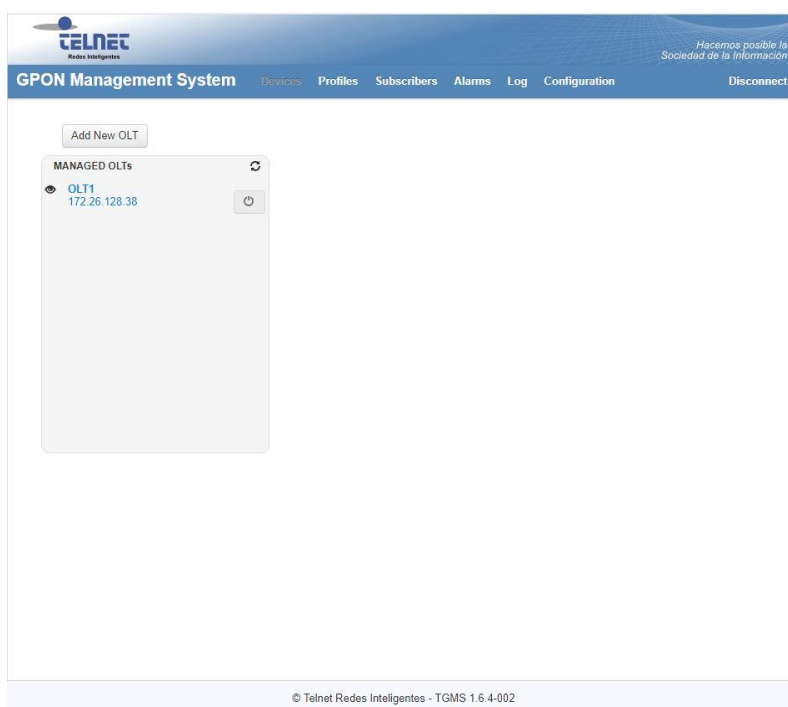


Figura 35. Página inicial del TGMS

Nada más entrar con las credenciales, salen las OLT registradas en el TGMS. Para registrar otra OLT se hace click en "Add New OLT" y saldrá una ventana como la figura siguiente.

**OLT Configuration**
✕

General
IGMP Conf.
DHCP Relay
ONU Mgmt.
System
IPTV

**OLT ID**

**Serial Number**

**FEC Port 0**  **FEC Port 1**  **FEC Port 2**  **FEC Port 3**

SFP PON 0	SFP PON 1	SFP PON 2	SFP PON 3

Firmware: 1\_6\_6\_2

**Management IP**

**Inband VLAN**

Delete
Close
Save

Figura 36. Configuración OLT

En la pestaña General se puede configurar el nombre que se da a la OLT, la IP para acceder a ella, y la configuración de FEC en los distintos puertos.

El número de serie y la versión de Firmware se obtendrán automáticamente al establecerse la conexión.

En la siguiente pestaña del menú podremos configurar IGMP, especificando la versión que se utilizará, y en qué modo estará funcionando la OLT (Querier, Snooping, Off) en cada puerto PON.

**OLT Configuration**
✕

General
IGMP Conf.
DHCP Relay
ONU Mgmt.
System
IPTV

Port 0	Port 1	Port 2	Port 3
<b>Version</b> <input type="text" value="V2"/>	<b>Version</b> <input type="text" value="V3"/>	<b>Version</b> <input type="text" value="V3"/>	<b>Version</b> <input type="text" value="V3"/>
<b>Mode</b> <input type="text" value="Querier"/>	<b>Mode</b> <input type="text" value="Querier"/>	<b>Mode</b> <input type="text" value="Querier"/>	<b>Mode</b> <input type="text" value="Querier"/>
<b>Source IP</b> <input type="text" value="10.0.0.1"/>	<b>Source IP</b> <input type="text" value="10.0.0.1"/>	<b>Source IP</b> <input type="text" value="10.0.0.1"/>	<b>Source IP</b> <input type="text" value="10.0.0.1"/>
<b>Destination IP</b> <input type="text" value="224.0.0.1"/>	<b>Destination IP</b> <input type="text" value="224.0.0.1"/>	<b>Destination IP</b> <input type="text" value="224.0.0.1"/>	<b>Destination IP</b> <input type="text" value="224.0.0.1"/>
<b>Max Response Time</b> <input type="text" value="10"/>	<b>Max Response Time</b> <input type="text" value="10"/>	<b>Max Response Time</b> <input type="text" value="10"/>	<b>Max Response Time</b> <input type="text" value="10"/>
<b>TTL</b> <input type="text" value="1"/>	<b>TTL</b> <input type="text" value="1"/>	<b>TTL</b> <input type="text" value="1"/>	<b>TTL</b> <input type="text" value="1"/>

Delete
Close
Save

Figura 37. Configuración IGMP

En la pestaña IPTV podremos consultar que canales se encuentran habilitados en cada puerto de la PON, dependiendo de qué paquetes han sido habilitados para cada usuario

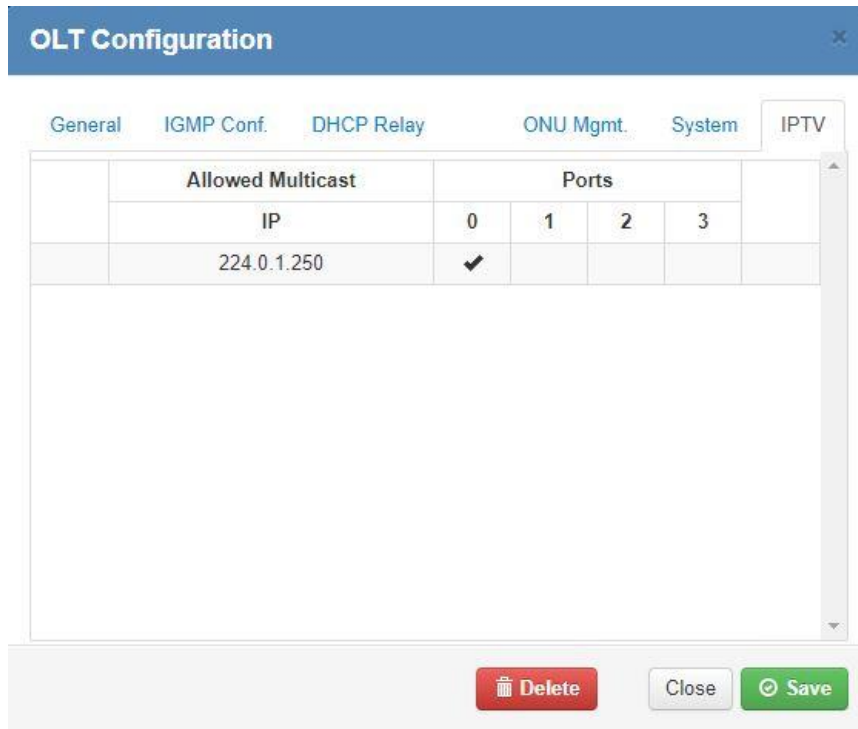


Figura 38. Configuración IPTV de la OLT

El resto de pestañas permiten configurar otras funcionalidades que se explican más adelante, como el acceso a un servidor DHCP Relay, la configuración de firmware de las ONUs de la PON y la configuración de firmware de la OLT.

### 5.5.2 Menú puertos OLT y Detalles

Al hacer clic sobre el nombre de una OLT gestionada, se despliega el panel de puertos, haciendo posible ver a qué puerto de la PON pertenece cada notificación.

Cuando se selecciona uno de los puertos, se despliega un menú que muestra más información sobre la OLT (IP:Puerto, Serial number) así como sobre la PON.



Figura 39. Puertos OLT

La información mostrada en el panel DETAILS es la siguiente:

- **Registered ONUs:** Número de ONUs habilitadas para conectarse al puerto
- **Active ONUs:** Número de ONUs habilitadas y conectadas al puerto
- **ONU errors:** Número de ONUs con errores de aprovisionamiento.
- **Incomplete ONUs:** Número de ONUs del puerto en las que el acceso al servidor de voz no ha sido configurado
- **Disabled ONUs:** Número de ONUs no autorizadas (habilitadas) que se encuentran conectadas al puerto.

### 5.5.3 Menú de configuración de las ONT.

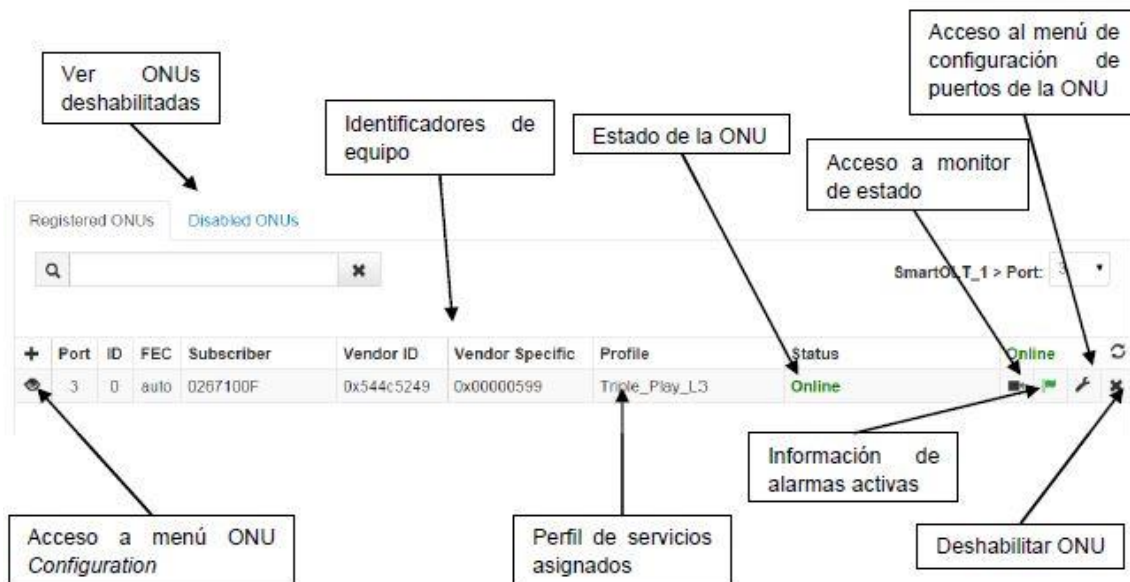


Figura 40. Panel de gestión de ONUs

En la figura anterior se ven los campos en el panel de gestión de las ONU. En este caso, sólo existe una ONU configurada. El campo "Status" nos da información sobre el estado de la ONU, los cuales pueden ser los siguientes.

- **Never Connected:** La ONU nunca ha sido conectada a la PON, por lo que no hay información sobre ella.
- **Not Connected:** La ONU no se encuentra conectada en este momento.
- **Detected:** La ONU ha sido detectada por la OLT, y se encuentra esperando aprovisionamiento.
- **Online:** La ONU se ha aprovisionado correctamente, y los servicios están configurados.
- **Disabled:** La ONU ha sido deshabilitada (Sólo posible en el menú Disabled ONUs).
- **Ranging error:** Tras cuatro intentos de ranging, la ONU no ha podido sincronizarse con la OLT.
- **Unexpected error:** Error inesperado.
- **Configuration incomplete:** No se ha completado la configuración de acceso al servidor SIP.
- **Provisioning error:** Ha habido algún error de aprovisionamiento.
- **Configuration mismatch:** Se ha asignado un perfil no compatible con la ONU. (ej. Se han configurado servicios en un puerto UNI 3 para una ONU monopuerto).
- **OMCI Communication Error:** Ha ocurrido un error de comunicación con la OLT.
- **Firmware upgrading:** La ONU está actualizándose.

## 5.6 Configuración de los parámetros de los servicios.

### 5.6.1 Vlan Maps

Dentro de una red PON, el tráfico Ethernet debe estar siempre etiquetado simple usando VLANs. Este etiquetado se utiliza para diferenciar servicios (datos, voz, vídeo, etc.) que comparten un mismo medio de transmisión.

La etiqueta VLAN se compone de dos campos, uno el identificador (VLAN-ID), y otro la prioridad. Para una correcta transmisión de datos, los dos campos deben de ser conocidos por los dos extremos de la comunicación.

La etiqueta usada para identificar cada uno de estos servicios en etiquetado simple se denomina C-Tag (Customer tag). Cuando el tráfico proviene de la red de transporte, es posible que tenga también un doble etiquetado (QinQ), que puede servir para diferenciar varios operadores que llegan a la misma PON. A esta segunda etiqueta se la denomina S-Tag (Service tag).



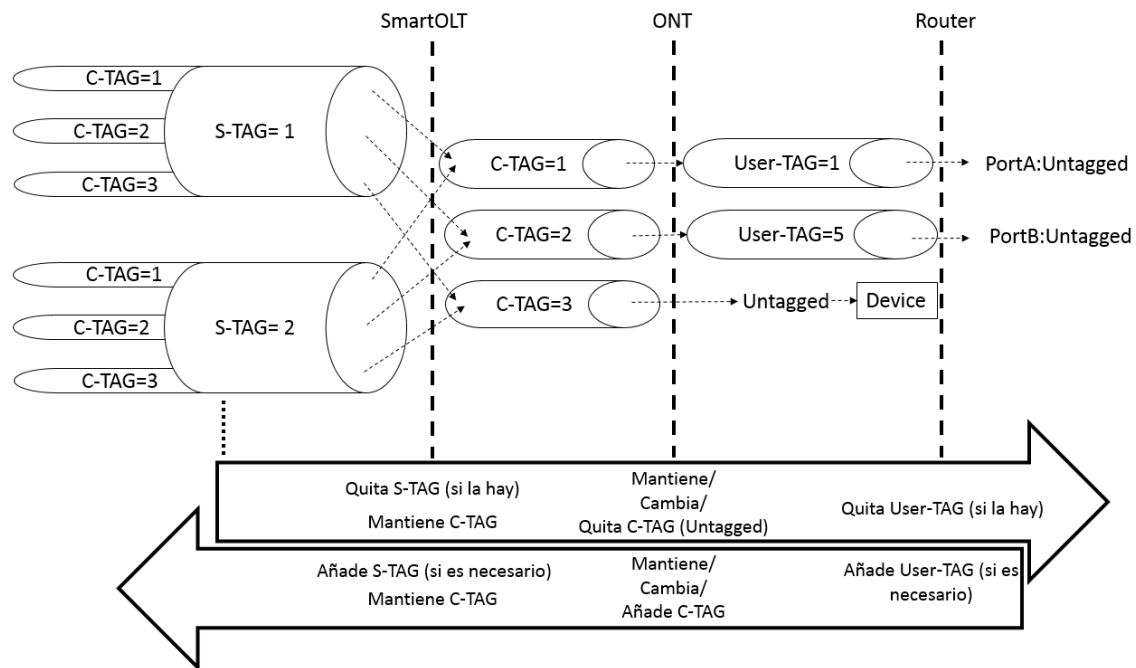


Figura 41. VLANs en las interfaces.

La nomenclatura utilizada en la figura anterior para las VLANs es la siguiente:

- **S-Tag:** es la etiqueta de servicio. Sólo se asigna cuando se necesite usar doble etiquetado (QinQ) y sólo será aplicable en la red de transporte. En nuestro montaje no usaremos ésta etiqueta.
- **C-Tag:** es la etiqueta de cliente. Se corresponde con el etiquetado sencillo en las redes de transporte y siempre se debe especificar.
- **U-Tag o User-Tag:** es la etiqueta de usuario. Es el etiquetado sencillo a la salida de la ONU y sólo se deberá usar cuando los equipos conectados estén configurados para usar VLAN. Nuestros equipos ONU son de nivel 3, es decir, también llevan integrado un router, por lo que el tramo entre ONT y router de la figura se encuentra dentro del mismo equipo.

La evolución de las etiquetas a lo largo de los canales de subida y bajada en los distintos equipos sería algo así:

Al pasar por la OLT

- En tráfico descendente, se elimina el doble etiquetado, pasándolo a uno simple para diferenciar los servicios manteniendo los valores de la etiqueta C-Tag.
- En caso de que llegue tráfico descendente no etiquetado a un puerto de transporte de la SmartOLT, o con una etiqueta que no coincida (tanto en VLAN id, como en prioridad) con las fijadas en la configuración, el tráfico se descartará.

- En el caso de tráfico ascendente, la SmartOLT mantiene la etiqueta simple, y además puede ser configurada para añadir el doble etiquetado en caso de que sea necesario en la red de transporte.
- En caso de que se conozca el VLAN ID del tráfico etiquetado, pero se desconozca la prioridad, la SmartOLT puede ser configuradas para aceptar cualquier tipo de prioridad, copiando el valor en las tramas.

Al pasar por una ONU

- Al atravesar la ONU, el tráfico descendente puede seguir etiquetado (en cuyo caso la etiqueta simple pasará a llamarse de C-Tag a User-Tag), o pasar a ser tráfico desetiquetado en caso de que vaya a un equipo final que provea un solo tipo de servicio.
- En tráfico ascendente, la ONU podrá añadir la etiqueta a tráfico desetiquetado, o cambiarla a tráfico ya etiquetado. Además, al igual que la SmartOLT, en caso de recibir tráfico con etiquetado diferente al configurado, se descartará.
- En caso de que se conozca el VLAN ID del tráfico etiquetado, pero se desconozca la prioridad, las ONUs pueden ser configuradas para aceptar cualquier tipo de prioridad, copiando el valor en las tramas.

Una vez explicado las etiquetas de las VLANs de los servicios, se mostrará la configuración en el TGMS.

Figura 42. Configuración VLAN

Esta VLAN corresponde al servicio de datos (acceso a Internet mediante el navegador). Entre los valores que podemos cambiar están las prioridades en cada tramo (usuario, cliente y servicio) así como el Tag o número de vlan al que va a pertenecer. Los tags comprenden valores entre 0 y 4095, y los posibles valores de la prioridad pueden ser:

- **Any:** cualquier valor de etiqueta de vlan del puerto 0 de la interfaz de transporte/router de usuario
- **Copy:** mismo valor que la etiqueta de la vlan entrante por el puerto 0 de la interfaz de transporte/router usuario

- **Untagged:** sin etiqueta
- Valores entre 0 y 7

GPON Management System								
Devices Profiles Subscribers Alarms Log Configuration Disconnect								
Profiles Services Bandwidth Maps VLAN Maps VoIP Servers Multicast Packs Multicast Channels								
+	VLAN	User - Priority	User - Tag	C - Priority	C - Tag	S - Priority	S - Tag	4
👁	Data_ONUs	Any	400	Copy	400	Untagged	Untagged	✘
👁	IPTV_Multicast_ONUs	Any	300	Copy	300	Untagged	Untagged	✘
👁	SAux_ONUs	Any	100	Copy	100	Untagged	Untagged	✘
👁	VoIP_ONUs	Any	200	Copy	200	Untagged	Untagged	✘

Figura 43. Vlan configuradas.

En la figura de arriba tenemos las VLANs ya configuradas. Se puede ver como tenemos una para los datos (conexión a internet en general), otra para los canales de IPTV de las televisiones de los distintos clientes, una vlan para los teléfonos IP que se conecten a las ONT mediante los puertos correspondientes y una última llamada SAux\_ONUs que simula un canal que perfectamente podría ser para un sistema de vigilancia en una empresa.

### 5.6.2 Bandwidth maps

Los anchos de banda se configuran para cada servicio, de la misma forma que las VLANs. Dentro del TGMS podemos poner que ancho de banda tanto de subida como de bajada se asigna. Se crean unos anchos de bandas definidos que más tarde se aplicarán a los perfiles de usuario.

GPON Management System								
Devices Profiles Subscribers Alarms Log Configuration Disconnect								
Profiles Services Bandwidth Maps VLAN Maps VoIP Servers Multicast Packs Multicast Channels								
Information								
+	Bandwidth map	Flow Type	Status Reporting	Downstream (Kbs)		Upstream (Kbs)		7
				BW	Allowed Excess	BW	Best Effort	
👁	BW_100U_100D	Data	NSR	99968	0	99968	0	✘
👁	BW_10U_100D	Data	NSR	99968	0	9984	0	✘
👁	BW_300U_300D	Data	NSR	299968	0	299968	0	✘
👁	BW_IPTV	CBR	NSR	1984	0	1984	0	✘
👁	BW_IPTV_IGMP	Data	NSR	512	0	512	0	✘
👁	BW_VoIP	VoIP	NSR	256	0	256	0	✘
👁	BW_SAUX	Data	NSR	8000	0	64	0	✘

Figura 44. Anchos de banda.

Como se puede ver en la imagen, se tiene un ancho de banda para servicio. De hecho, se han configurado varios para los servicios de internet en función de la demanda de los clientes o usuarios.

Por ejemplo, el mapa BW\_100U\_100D dará al usuario que se le asigne 100Mb de subida y 100Mb de bajada. Como suelen decir las compañías de internet, es lo que llaman 100 megas simétricos. De la misma forma, el mapa BW\_10U\_100D serán 10Mb de subida y 100Mb de bajada. Es una conexión asimétrica.

Cuando hablemos de la configuración de los perfiles se explicará el porqué de los anchos de banda que hay asignados a cada servicio (Voz IP, IP Televisión).

**Bandwidth Map Configuration**

Bandwidth map ID: BW\_10U\_100D

Status Reporting: NSR

Flow Type: Data

Upstream guaranteed BW: 9984 Kbps

Downstream guaranteed BW: 99968 Kbps

Upstream Best Effort Excess: 0 Kbps

Downstream Allowed Excess: 0 Kbps

Note: Bandwidth values will be rounded to 64Kbps multiples.

Close Save

Figura 45. Crear ancho de banda

Aquí se ven las características que puedes configurar al crear un nuevo mapa de ancho de banda:

- **Bandwidth map ID:** Nombre que se le asignará al mapa de ancho de banda
- **Status Reporting:** Define la política de comunicación del uso de ancho de banda, pudiendo ser NSR (Non Status Reporting) o SR (Status Reporting).
- **Type:** Este campo definirá la política de asignación de ancho de banda por parte de la OLT. Los posibles valores son Data, VoIP (asignación para un jitter reducido) o CBR (asignación para mantener un bitrate uniforme).
- **Upstream guaranteed BW:** Ancho de banda que se va a garantizar en subida.
- **Downstream guaranteed BW:** Ancho de banda que se va a garantizar en bajada.
- **Upstream Best Effort Excess:** Ancho de banda en subida que se puede exceder en caso de que no sea utilizado por otras ONUs de la PON.

- **Downstream Allowed Excess:** Ancho de banda en bajada que se puede exceder en caso de que no sea utilizado por otras ONUs de la PON.

### 5.6.3 VoIP Server

El servidor SIP estará configurado en una máquina virtual en un Ordenador que se ubicará en la parte de los servidores de la red. Se ha configurado un servidor Asterisk, en concreto en la plataforma Free PBX.

FreePBX es una GUI (interfaz gráfica de usuario) de código abierto basada en la web que controla y administra Asterisk (PBX), un servidor de comunicación de código abierto. Se puede instalar manualmente o como parte de FreePBX Distro preconfigurado que incluye el sistema operativo del sistema, Asterisk, FreePBX GUI y una variedad de dependencias.



En el TGMS se realizará la siguiente configuración:

Figura 46. Configuración VoIP

Donde los valores son los siguientes:

- **VoIP Server ID:** Nombre que se le asignará internamente al servidor VoIP.
- **Host Address:** Dirección IP donde se encuentra el servidor SIP.
- **Port:** Puerto en el que escucha el servidor SIP.
- **Validation Scheme:** Esquema de validación utilizado, pudiendo elegir entre Disabled, RFC-2017 y RFC-2017

El servidor VoIP de Asterisk tiene la dirección ip 192.168.20.20 en el puerto 5060.

### 5.6.4 Configuración del servicio de Televisión IP (IPTV)

El TGMS permite definir los canales IPTV permitidos en la red GPON y agruparlos en paquetes de canales. Además, permite configurar fácilmente los canales permitidos en cada ONU, de manera que un usuario no pueda recibir tráfico multicast que no tenga permitido.

Para configurar este servicio, hay que tener en cuenta algunos aspectos importantes:

- La cabecera de televisión tiene que ser capaz de transmitir los canales en SPTS, es decir una IP Multicast y un puerto para cada canal. El reproductor VLC el cual se usará para simular una transmisión de una canal de televisión es capaz de esto.
- Hay que conocer si el Switch de cabecera es capaz de hacer Query IGMP, y este servicio está activo en la red PON. Por defecto esta funcionalidad se encuentra habilitada en la OLT.
- El tráfico multicast tiene que estar etiquetado a la entrada de la OLT y puede ser entregado al cliente final etiquetado o sin etiquetar dependiendo del receptor IPTV que tenga el cliente. El router donde están los servidores se encargará de etiquetar los servicios por su VLAN correspondiente.
- Para dar servicios IPTV, se tiene que generar en la OLT el servicio IGMP con la misma VLAN y en el mismo interfaz donde está el tráfico multicast, para poder gestionar el tráfico IGMP asociado. Cuando se han enseñado los mapas de ancho de banda se ha visto que existe ese ancho de banda asignado para el tráfico IGMP.

Multicast Channels Configuration

Channel ID: VLC\_TV

IP Start: 224.0.1.250

IP End: 224.0.1.250

Single IP

Range IP

Note: Multicast IPs must be inside the range (224.0.0.2, 239.255.255.255)

Close Save

Figura 47. Canal Multicast.

El TGMS permite que el mismo canal se emita en una sola IP (Single IP) o en un rango de IPs (Range IP)

- **Channel ID:** Nombre que se le asigna al canal multicast.
- **IP Start:** Dirección IP en la que se emitirá el canal multicast. En caso de haber seleccionado Range IP, será la primera dirección IP del rango.
- **IP End:** En caso de haber seleccionado Range IP, será la última dirección IP del rango.

Se tendrá un stream en el reproductor VLC que emitirá en esa dirección IP para que desde la parte de cliente pueda verse. Además, éstos canales se pueden agrupar en listas de canales como se ve en la siguiente imagen.

**Multicast Pack Configuration** ✕

Multicast Pack ID:

Multicast Channel:  +

Start	End
224.0.1.250	224.0.1.250

@VLC\_TV

Figura 48. Packs de canales

Por ejemplo, se ha asignado el canal VLC\_TV al pack de Cine. Un mismo canal multicast puede asignarse a varios paquetes. Éstos paquetes de canales multicast serán los que se configuren a los clientes que lo soliciten.

## 5.7 Crear los servicios

El último paso para crear los perfiles de usuario en la OLT es crear los servicios que se van a asignar en cada perfil.

GPON Management System
Devices
Profiles
Subscribers
Alarms
Log
Configuration
Disconnect

Profiles
Services
Bandwidth Maps
VLAN Maps
VoIP Servers
Multicast Packs
Multicast Channels

+	Service	Service Type	Bandwidth Map	VLAN Map	7
👁	Datos_100	Ethernet	BW_10U_100D	Data_ONUs	✕
👁	Datos_100S	Ethernet	BW_100U_100D	Data_ONUs	✕
👁	Datos_300	Ethernet	BW_300U_300D	Data_ONUs	✕
👁	SAUX	Ethernet	BW_SAUX	SAux_ONUs	✕
👁	Servicio_IGMP	Ethernet	BW_IPTV_IGMP	IPTV_Multicast_ONUs	✕
👁	Servicio_IPTV	Multicast	BW_IPTV	IPTV_Multicast_ONUs	✕
👁	Servicio_VoIP	SIP	BW_VoIP	VoIP_ONUs	✕

Figura 49. Servicios de TGMS

En la figura anterior se encuentran los servicios creados. Están los servicios de Internet (Datos\_100, Datos\_100S y Datos\_300) el servicio de Voz SIP (Servicio\_VoIP) y el servicio de televisión (Servicio\_IPTV y Servicio\_IGMP).

Como se puede ver, cada Servicio cuenta con el Tipo, ancho de banda y Vlan que hemos configurado previamente.

**Service Configuration** ✕

**Service ID**

**Service Type**

**Bandwidth Map Listing**

**VLAN Map**

Information		DS (Kbps)		US (Kbps)	
Type	Report	BW	Excess	BW	BE
Data	NSR	000008	0	00084	0

User		C		S	
Prio	Tag	Prio	Tag	Prio	Tag
Any	400	Copy	400	Untagged	Untagged

Figura 50. Configuración de servicio

Los parámetros a configurar en los servicios son:

- **Service ID:** Nombre que se le asignará al servicio.
- **Type:** Tipo de datos que lleva el servicio (Ethernet, Multicast o SIP).
- **BandwidthMaps Listing:** Ancho de banda que se aplicará al servicio.
- **VLANMap:** Mapeado de VLAN que se aplicará al servicio.

## 5.8 Crear los perfiles

Ahora que se han visto los menús de configuración tanto de la ONT como la OLT, así como la configuración y creación de los parámetros y servicios se pasará a configurar los perfiles que gestionará de la red.

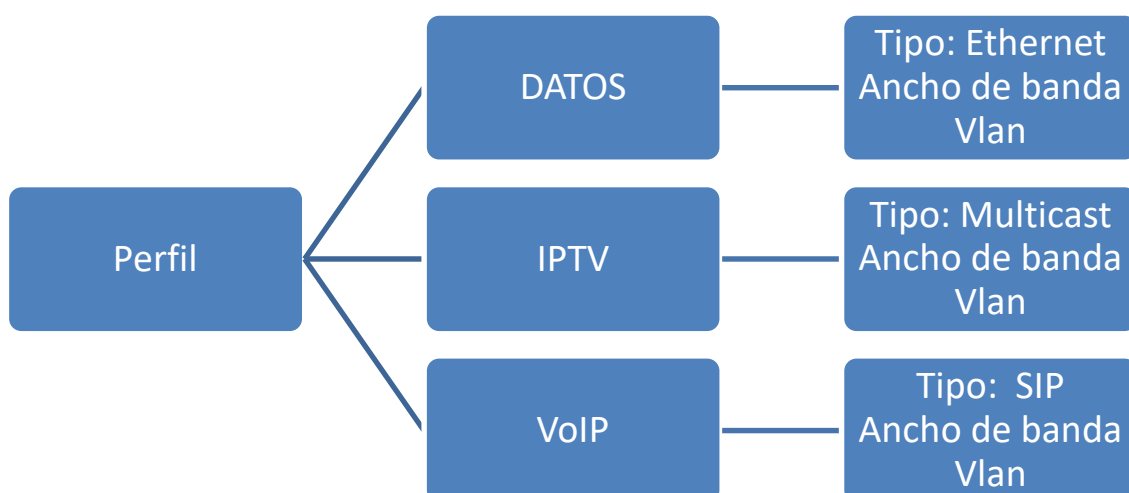


Diagrama 1. Perfiles de usuario



Cada perfil de usuario (Profile) se compone de uno o varios servicios (voz, datos, vídeo, etc.). A su vez, cada uno de estos servicios tiene asignado un ancho de banda y un mapeado de VLANs. En la figura siguiente se muestra la captura del TGMS con la configuración de los perfiles.

GPON Management System									
Devices Profiles Subscribers Alarms Log Configuration Disconnect									
Profiles Services Bandwidth Maps VLAN Maps VoIP Servers Multicast Packs Multicast Channels									
+	Profile	FEC	RF	Service	Service Type	PPTP ID	Bandwidth Map	VLAN Map	5
👁	Sistemas_AUX	Yes	No	SAUX	Eth	UNI-0	BW_SAUX	SAux_ONUs	✘
👁	Voz_Datos_100a_TV	Yes	No	Datos_100	Eth	UNI-0	BW_10U_100D	Data_ONUs	✘
				Servicio_IPTV	MC	UNI-0	BW_IPTV	IPTV_Multicast_ONUs	
				Servicio_IGMP	Eth	UNI-0	BW_IPTV_IGMP	IPTV_Multicast_ONUs	
				Servicio_VoIP	SIP	POTS-0	BW_VoIP	VoIP_ONUs	
				Servicio_VoIP	SIP	POTS-1	BW_VoIP	VoIP_ONUs	
👁	Voz_Datos_100S	Yes	No	Servicio_IPTV	MC	UNI-0	BW_IPTV	IPTV_Multicast_ONUs	✘
				Servicio_IGMP	Eth	UNI-0	BW_IPTV_IGMP	IPTV_Multicast_ONUs	
				Datos_100S	Eth	UNI-0	BW_100U_100D	Data_ONUs	
				Servicio_VoIP	SIP	POTS-0	BW_VoIP	VoIP_ONUs	
👁	Voz_Datos_300	Yes	No	Datos_300	Eth	UNI-0	BW_300U_300D	Data_ONUs	✘
				Servicio_VoIP	SIP	POTS-0	BW_VoIP	VoIP_ONUs	
👁	Voz_Datos_300_TV	Yes	No	Datos_300	Eth	UNI-0	BW_300U_300D	Data_ONUs	✘
				Servicio_IPTV	MC	UNI-0	BW_IPTV	IPTV_Multicast_ONUs	
				Servicio_IGMP	Eth	UNI-0	BW_IPTV_IGMP	IPTV_Multicast_ONUs	
				Servicio_VoIP	SIP	POTS-0	BW_VoIP	VoIP_ONUs	

Figura 51. Perfiles de usuario

Haciendo un vistazo rápido, se ven los distintos perfiles que configurarán nuestra red. Se tiene, por ejemplo, un perfil que engloba 100 MB de datos, servicio de televisión IPTV y un servicio de telefonía IP (Voz\_Datos\_100a\_TV). Se trata de simular clientes reales los cuales cada uno contratará un perfil distinto.

Gracias a esta interfaz web como es el TGMS, resulta muy sencillo configurar todos estos parámetros. Ya se ha visto cómo se crean los Vlan Map, los anchos de banda, los servicios y, por último, los perfiles.

Para poner en funcionamiento la PON, el primer paso que se debe realizar es declarar los servicios (datos, voz, vídeo multicast...) que se van a proporcionar a los usuarios. Para definir dichos servicios se tendrá que configurar el ancho de banda que se quiera ofrecer, e indicar la VLAN que identifica a cada uno de los servicios, así como sus prioridades.

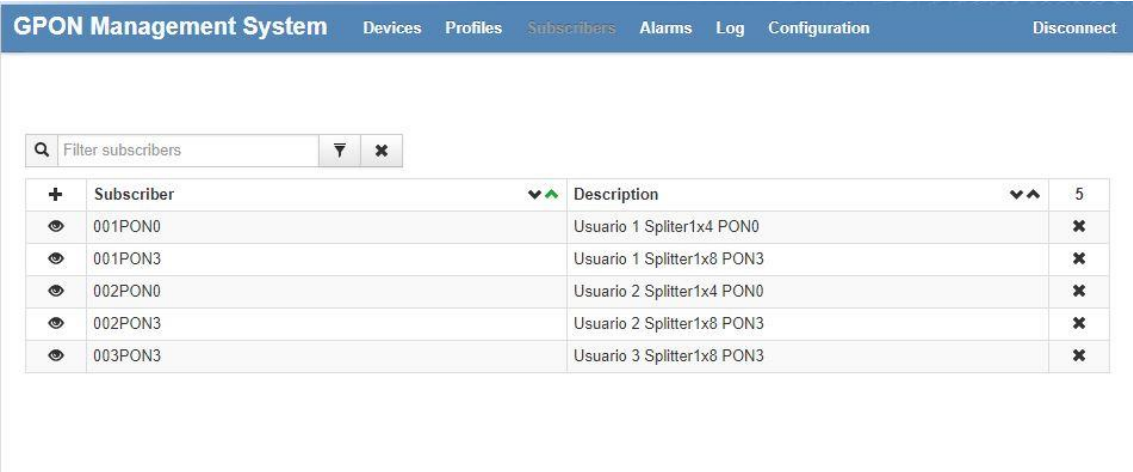
Por parte de la OLT ya está todo configurado. Ahora configuraremos las ONT de los clientes, en el caso de que se tenga que configurar o ya tengan una configuración predefinida.

## 5.9 Configuración en la ONT

En la parte de la ONT también se hará unas configuraciones para complementar con la OLT y que puedan comunicarse correctamente. Se registrarán las ONT en el TGMS y se configurarán los enlaces WAN y los puertos de telefonía.

### 5.9.1 Registro en el TGMS

Para que se puedan asignar los perfiles antes vistos a un cliente, es necesario registrar la ONT correspondiente en el programa de gestión TGMS.



The screenshot shows the 'GPON Management System' interface with a navigation bar containing 'Devices', 'Profiles', 'Subscribers', 'Alarms', 'Log', 'Configuration', and 'Disconnect'. Below the navigation bar is a search box labeled 'Filter subscribers' with a dropdown arrow and a clear button. The main content is a table with the following data:

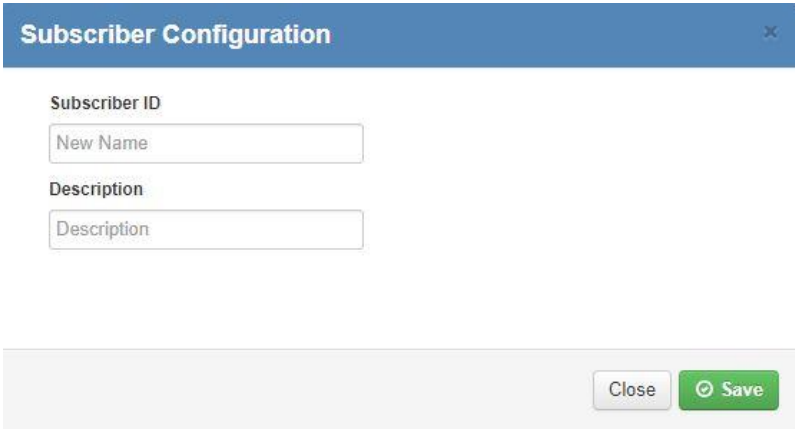
+	Subscriber	▼ ▲	Description	▼ ▲	5
👁	001PON0		Usuario 1 Splitter1x4 PON0		✕
👁	001PON3		Usuario 1 Splitter1x8 PON3		✕
👁	002PON0		Usuario 2 Splitter1x4 PON0		✕
👁	002PON3		Usuario 2 Splitter1x8 PON3		✕
👁	003PON3		Usuario 3 Splitter1x8 PON3		✕

Figura 52. ONTs registradas.

En la figura anterior se ven los cinco suscriptores con su descripción. En este caso, se han dividido en la pon 0 y la pon 3, así como en sus splitters.

Existen dos formas de registrar un nuevo suscriptor:

- Al conectar por primera vez una ONT, el TGMS lo detecta y puedes asignarle un nombre.
- Poner el número de la ONT manualmente.



The screenshot shows a 'Subscriber Configuration' dialog box with a close button (✕) in the top right corner. It contains two input fields: 'Subscriber ID' with the placeholder text 'New Name' and 'Description' with the placeholder text 'Description'. At the bottom right, there are two buttons: 'Close' and 'Save' (with a green background and a save icon).

Figura 53. Nuevo suscriptor

En ambos casos, se tiene que poner un ID y una descripción a dicho suscriptor.

### 5.9.2 Configuración de sus parámetros

En este apartado se va a configurar la ONT para que pueda comunicarse con la OLT. Se creará una interfaz WAN para los servicios de Internet, Voz y TV, y se asignará cada IP con un puerto Ethernet de la ONT.

WAN Info													
Interface	Description	Type	VlanMuxId	IPv6	Igmp Pxy	Igmp Enbl	MLD Pxy	MLD Src Enbl	NAT	Firewall	Status	IPv4 Address	IPv6 Address
veip0.1	datos.400	IPoE	400	Disabled	Disabled	Disabled	Disabled	Disabled	Enabled	Disabled	Connected	172.16.4.10	
veip0.2	voz.200	IPoE	200	Disabled	Disabled	Disabled	Disabled	Disabled	Enabled	Disabled	Connected	172.16.2.10	
veip0.3	IPtv.300	IPoE	300	Disabled	Enabled	Enabled	Disabled	Disabled	Enabled	Disabled	Connected	172.16.3.10	

Figura 54. Puertos Wan ONT

Se han configurado tres puertos WAN, uno para cada servicio antes mencionado.

- Datos.400: IP 172.16.4.10 Prioridad 1
- Voz.200: IP 172.16.2.10 Prioridad 5
- IPTv.300: IP 172.16.3.10 Prioridad 6

Además de los puertos WAN, existe una opción en la ONT para configurar el Cliente SIP. Se le añade una extensión a cada puerto POTS y se puede elegir el códec que se va a utilizar en las llamadas. En la siguiente figura se puede ver.

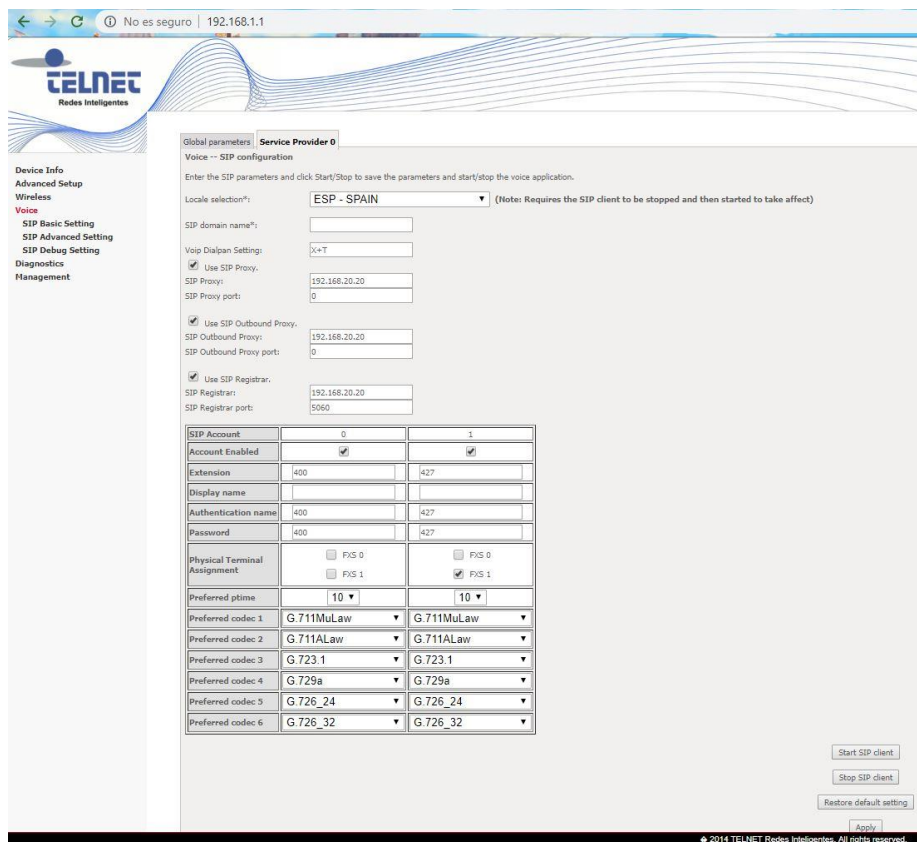


Figura 55. Puertos POTS

Entre los parámetros de la foto se pueden ver:

- Servidor SIP: 192.168.20.20
- Extensión de los puertos POTS: 400 puerto 0 y 427 puerto 1.
- Códec utilizado. 711MuLaW

## Capítulo 6. Pruebas de funcionamiento

En este capítulo se va a describir las pruebas que se han llevado a cabo para verificar el funcionamiento del proyecto. Se mostrará una captura con el tráfico de la interfaz WAN asociada a cada servicio, así como una captura con wireshark para ver que asigna adecuadamente las prioridades

### 6.1 Vlc

En esta primera prueba, en el lado de los servidores se ha colocado un PC emitiendo una transmisión desde el VLC Media Player.

La transmisión se hace a través de la **IP multicast 224.0.1.250**. En la parte de la ONT, como usuario final, se conectará a dicha IP para poder visualizar el contenido como si se tratase de un canal de televisión corriente.

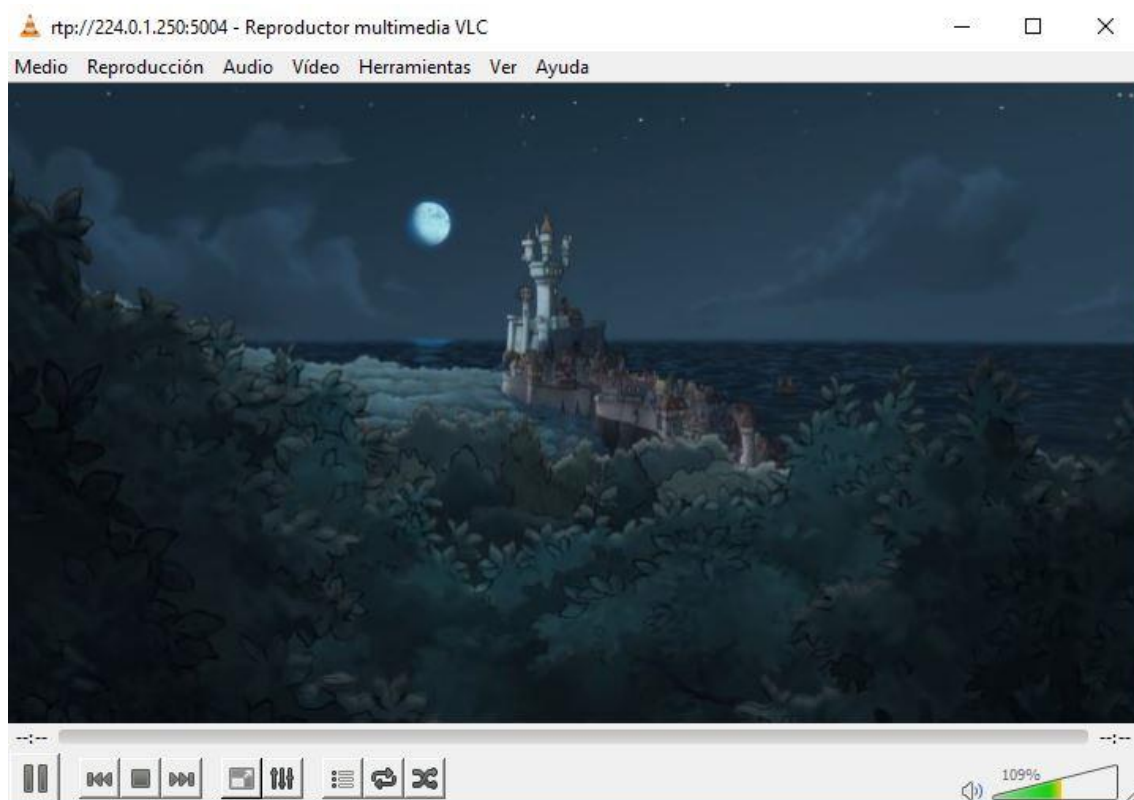


Figura 56. Retransmisión VLC

Este “canal de Televisión” pertenece al perfil **Voz\_Datos\_100a\_TV** donde el servicio de IPTV tiene un ancho de banda de unos 2 MB. En este caso, al tratarse de una transmisión con poca calidad de imagen, ese ancho de banda es más que suficiente. Viendo el tráfico en el interfaz del router, se ve como no llega a 1 MB.

En el caso de que fuese un canal real, los cuales suelen tener una calidad de 1080p, podría llegar a ocupar de unos 6 a 9 MB de ancho de banda. Depende de la programación que haya en ese momento. No es lo mismo que se esté viendo el telediario que una película de acción en la que hay mucho más movimiento de imágenes. Obviamente la película requerirá un ancho de banda mayor.

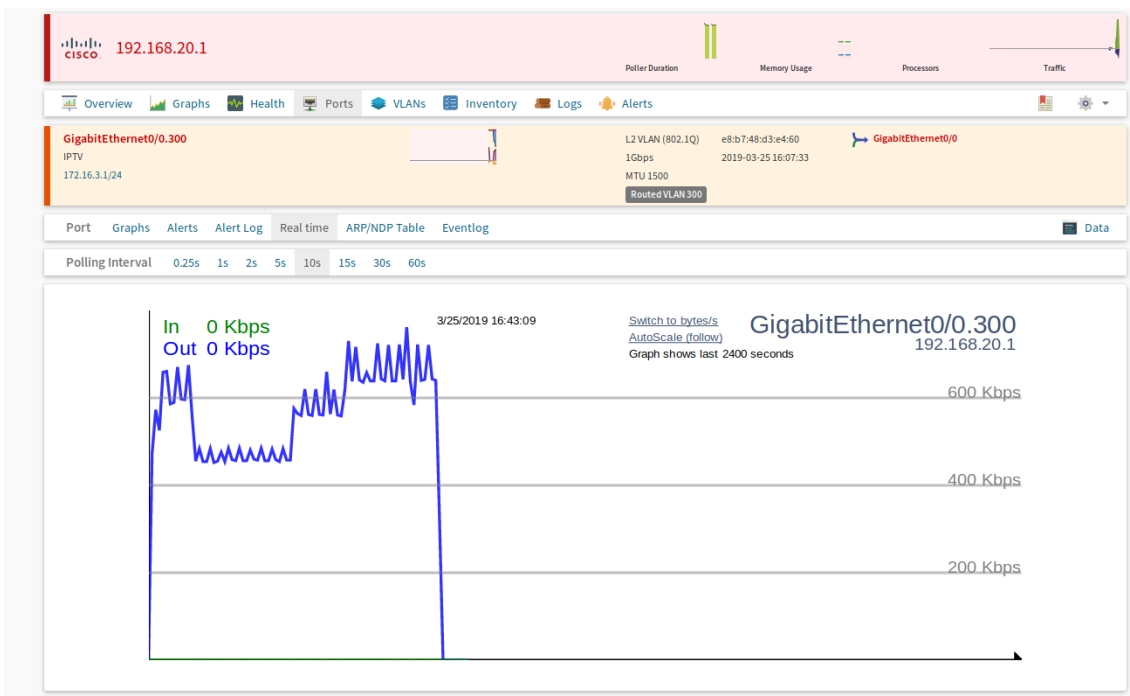


Figura 57. Interfaz IPTV

Se puede ver en la figura anterior el ancho de banda que ha ido usando el “canal de televisión” a lo largo del tiempo.

Por otra parte, como se ha visto cuando se configuraron las VLANs con su ID y su prioridad, la captura de wireshark muestra como los paquetes llevan asociados la prioridad correspondiente.

```
> Frame 496: 60 bytes on wire (480 bits), 60 bytes captured (480 bits) on interface 0
> Ethernet II, Src: TelnetRe_02:4b:1d (78:3d:5b:02:4b:1d), Dst: Micro-St_90:12:bd (30:9c:23:90:12:bd)
  802.1Q Virtual LAN, PRI: 4, DEI: 0, ID: 300
    100. .... .... = Priority: Video, < 100ms latency and jitter (4)
    ...0 .... .... = DEI: Ineligible
    ... 0001 0010 1100 = ID: 300
    Type: IPv4 (0x0800)
    Padding: 6b38776c300000000000
  > Internet Protocol Version 4, Src: 172.16.3.10, Dst: 224.0.1.250
  > Internet Group Management Protocol
```

Figura 58. Captura wireshark IPTV

Se ve como el protocolo 802.1Q tiene el **ID 300**, y la prioridad **PRI 4**, que corresponde a **Video, < 100ms latency and jitter**

## 6.2 Servidor SIP

Para esta prueba de funcionamiento, se conectaron un teléfono IP a una ONT de la PON 1 y otro a otra ONT de la PON 0 con el fin de establecer una llamada entre distintas redes y verificar que todo funcionaba.

El primer teléfono, con una extensión de 200 asignada en el servidor Asterisk, realizaba una llamada a la extensión 400, teléfono que se encontraba conectado a otra ONT distinta en una red diferente.

```
436 21.645602 192.168.20.20 172.16.2.10 SIP 462 Request: OPTIONS sip:427@172.16.2.10:5060 |
437 21.645671 192.168.20.20 172.16.2.10 SIP 462 Request: OPTIONS sip:427@172.16.2.10:5060 |
438 21.646579 192.168.20.20 172.16.2.10 SIP 466 Request: OPTIONS sip:427@172.16.2.10:5060 |
439 21.646617 192.168.20.20 172.16.2.10 SIP 466 Request: OPTIONS sip:427@172.16.2.10:5060 |
440 21.646647 192.168.20.20 172.16.2.10 SIP 466 Request: OPTIONS sip:427@172.16.2.10:5060 |
> Frame 420: 900 bytes on wire (7200 bits), 900 bytes captured (7200 bits) on interface 0
> Ethernet II, Src: TelnetRe_02:4b:1c (78:3d:5b:02:4b:1c), Dst: ca:01:58:69:00:08 (ca:01:58:69:00:08)
▼ 802.1Q Virtual LAN, PRI: 5, DEI: 0, ID: 200
  101. .... = Priority: Voice, < 10ms latency and jitter (5)
  ...0 .... = DEI: Ineligible
  .... 0000 1100 1000 = ID: 200
  Type: IPv4 (0x0800)
> Internet Protocol Version 4, Src: 172.16.2.10, Dst: 192.168.20.20
> User Datagram Protocol, Src Port: 5060, Dst Port: 5060
> Session Initiation Protocol (REGISTER)
> VSS-Monitoring ethernet trailer, Source Port: 29197
```

Figura 59. Captura paquete VoIP

Como se puede ver en la captura, en el apartado 802.1Q se ve que se asigna la Prioridad 5 que corresponde a **Voice, < 10 ms latency and jitter (5)** y con un **VLAN-ID 200**.

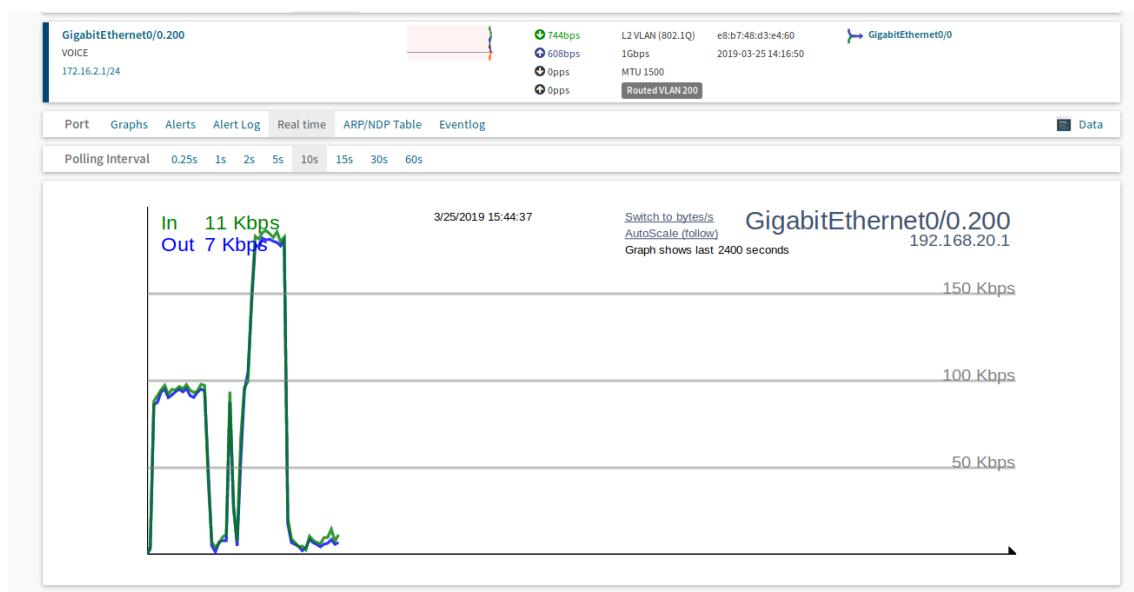


Figura 60. Tráfico VoIP

En cuanto al tráfico de la llamada, se dejó el teléfono descolgado durante un tiempo en llamada. El ancho de banda que se configuró en el perfil **Voz\_Datos\_100a\_TV** es de 256 Kbps, por lo que es suficiente para que la llamada no sufra cortes y retardos.

### 6.3 Conexión a internet



En este caso, se verificará que un usuario de la red GPON puede conectarse a internet. Mediante la red del laboratorio, se habilitó una conexión Ethernet con una IP pública para así poder conectarse a Internet.

Al tratarse de la red de la Universidad, no se pudo usar el ancho de banda de 100MB al completo que es capaz el perfil de **Voz\_Datos\_100a\_TV**.

Por ello, se creó un nuevo perfil en el TGMS de sólo conexión a internet, con un ancho de banda de 50 MB simétrico y se conectó un ordenador en la parte de la cabecera de los servicios. El ordenador inyectaba 50MB a la red en dirección a una ONT para simular la descarga de un fichero a esa velocidad, además de un flujo ascendente también de 50MB simulando, por ejemplo, la subida de un fichero a la nube. El resultado se puede ver en la siguiente figura.

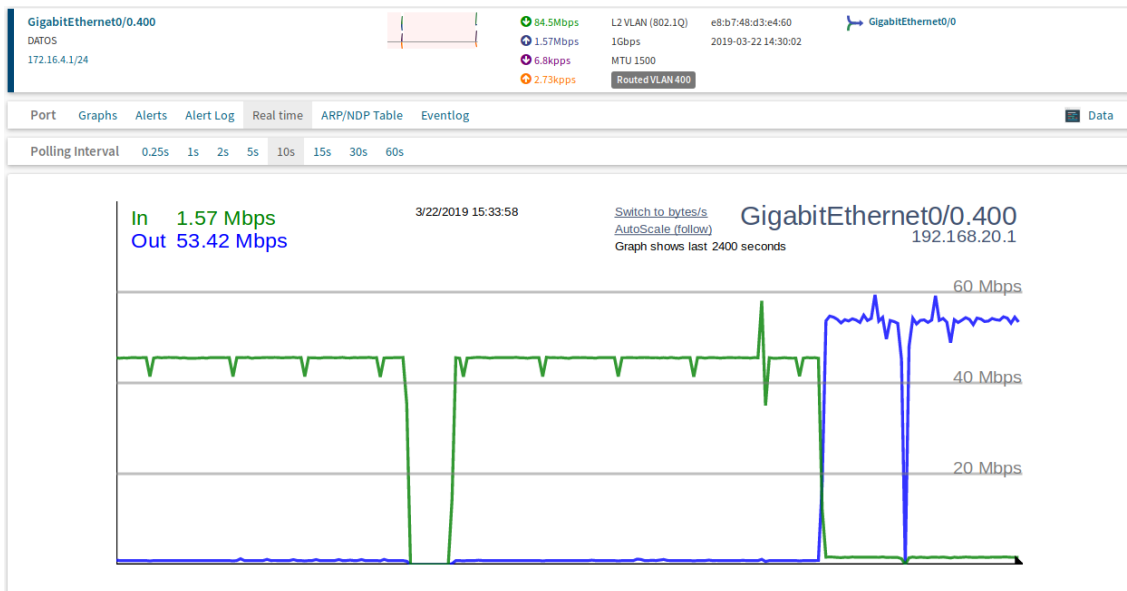


Figura 61. Tráfico conexión a Internet.

La línea verde corresponde a la subida a internet de un fichero a 50Mbps y la azul se refiere a la descarga de un fichero a esta velocidad.



## Capítulo 7. Conclusiones

Las conclusiones sacadas de este proyecto en base a los objetivos previos se mencionan a continuación:

- Se ha profundizado en la utilización de la herramienta TGMS, demostrando lo transparente que resulta la configuración con la plataforma.
- Se han configurado los perfiles de cinco usuarios distintos, cada uno con sus propias necesidades.
- Se ha podido observar que los tres servicios funcionan correctamente juntos. Gracias al etiquetado de los flujos y la separación en VLAN, si alguno de los servicios requiriese más ancho de banda de la que se dispone, no afectaría a los demás en cuanto a retardos.

A pesar de que este proyecto ha cumplido los objetivos marcados, sería necesario realizar una investigación más detallada y explotar así el gran potencial que tienen las redes GPON, y más con la llegada de las redes XG-PON y XGS-PON

## Capítulo 8. Bibliografía

- [1] FTTH HANDBOOK, "Edition 7", Fibre to the Home Council Europe 2016
- [2] ITU-T G.987.X, "10-Gigabit-capable passive optical networks (XG-PON)", Series G: Transmission Systems And Media, Digital Systems And Networks (03/2016)
- [3] ITU-T G.9807.1, "10-Gigabit-capable symmetric passive optical networks (XGS-PON)", Series G: Transmission Systems And Media, Digital Systems And Networks (06/2016)
- [4] ITU-T G.984.X, "Gigabit-Capable passive optical networks (GPON)", Series G: Transmission Systems And Media, Digital Systems And Networks (03/2018)
- [5] Gigabit-Capable Passive Optical Networks, Dave Hood, Elmar Trojer.
- [6] Telnet Redes Inteligentes, <http://www.telnet-ri.es/>
- [7] Foro académico Telnet, <https://forums.telnet-ri.es/>
- [8] Apuntes Redes Públicas de Acceso, Universidad Politécnica de Valencia
- [9] Manual de usuario TGMS, Telnet Redes Inteligentes
- [10] Guía de instalación y configuración SmartOLT240, Telnet Redes Inteligentes

## Capítulo 9. ANEXOS

### 9.1 SMART OLT 240



## SmartOLT 240

### Características generales

- Equipo de cabecera para redes GPON
- Gestión intuitiva a través del interfaz web del TGMS
- Modo de configuración avanzado mediante CLI
- Interfaz de transporte: 4x1000Base-T
- Reducción de los costes por puerto GPON

### Características Ethernet/GPON

- Totalmente compatible con ITU-T G984.1, G.984.2, G.984.3, G.984.4 y G.988
- Gestión remota de ONUs vía OMCI
- Algoritmo adaptativo DBA orientado a QoS
- Capacidad de reservar ancho de banda garantizado y de limitar el "best effort" por servicio y usuario, en ambas direcciones con granularidad de 64 Kbps.
- 802.1ad, 802.1Q, 802.1p para soportar diferentes escenarios de VLAN de BBF TR-156
- QoS en conmutación
- DHCP Relay con opción 82
- IGMP Snooping y Querier
- Filtrado Multicast (hasta 256 direcciones IP Multicast)
- Codificación FEC en ambas direcciones

### Interfases

- 4x Puertos SFP GPON
- 4x Puertos GbE de transporte
- 1x Puerto de gestión FastEthernet
- 1x USB interfaz de consola
- Ópticas OLT B+ y C+ disponibles.

### SNMP

- Consulta de estado de puertos, alarmas y temperatura.
- Notificación mediante traps de cambios de estado y alarmas
- Filtrado de acceso por IP disponible para SNMP v1, v2c y v3
- Envío configurable de notificaciones a múltiples destinos.
- Inhabilitación individual de envío de notificaciones por alarma o destino.

### TELNET GPON Management System

- Acceso y gestión vía web a todas las OLTs y ONUs del operador
- Interfaz intuitiva para reducir el tiempo de configuración
- Gestión de perfiles de usuario
- Detección automática de las nuevas ONU conectadas para un aprovisionamiento más sencillo por parte del operador
- Orientado para poder configurar diferentes paquetes de IPTV por usuario
- Fácil configuración de los parámetros SIP de la ONU
- Reconfiguración automática de la ONU cuando su perfil cambia



### Gestión mediante CLI

- Accesos al CLI mediante Telnet, SSH o consola serie RS-232
- Almacenamiento de imágenes de actualización en el equipo.
- Copia de ficheros mediante TFTP o SCP
- Sincronización horaria mediante NTPv4, configuración de zona horaria y posibilidad de almacenamiento de hora.
- Gestión de usuarios

### Instalación

- Dimensiones: 274mmx194mmx50mm
- Fuente de alimentación 110-220V AC, 50-60Hz con CEE 7/7 conector de forma predeterminada.
- Consumo: 24W

### Referencia de artículo

- Nombre: SmartOLT 240
- Referencia: 400040236

## Información de Contacto

TELNET Redes Inteligentes  
Oficinas Centrales  
Polígono Industrial Centrovía  
c/ Buenos Aires, 18  
50198 La Muela, Zaragoza  
España  
Teléfono: (+34) 976 14 18 00  
Fax: (+34) 976 14 18 10  
[telnet@telnet-ri.es](mailto:telnet@telnet-ri.es)

Oficina Comercial en Madrid  
Avda. Menéndez Pelayo, 85 - 1º A  
28007 Madrid  
España  
Teléfono: (+34) 91 434 39 92  
Fax: (+34) 91 434 40 84

Filial en Portugal  
NETIBERTEL  
Av. Fontes Pereira de Melo, 35 - 14º D  
1050 -118 Lisboa  
Portugal  
[comercial.pt@telnet-ri.es](mailto:comercial.pt@telnet-ri.es)

[www.telnet-ri.es](http://www.telnet-ri.es)

### Equipo integrado

La SmartOLT 240 es un equipo sobremesa con todas las funcionalidades integradas como fuente de alimentación y puertos Ethernet a red de transporte.

### Limitación de ancho de banda y servicios IPTV

La solución TELNET para GPON proporciona anchos de banda garantizados y políticas de *best effort* tanto en bajada como en subida, y da la flexibilidad de definirlos de manera independiente por servicio y por usuario.

Las ONUs de la familia WaveAccess de TELNET son también capaces de filtrar tráfico en base a la dirección IP multicast. Esto permite al operador ofrecer distintos paquetes de canales por usuario sin necesidad de invertir en sistemas de codificación caros y complejos.

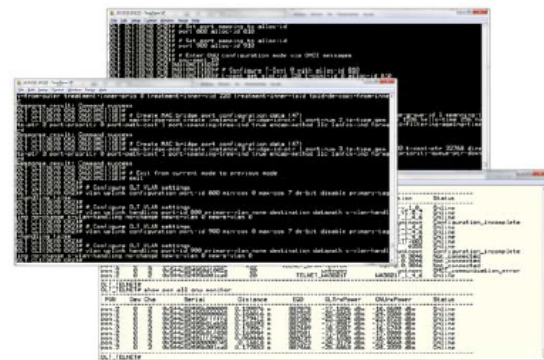
### Modo de configuración dual

La SmartOLT 240 de TELNET Redes Inteligentes admite dos modos de configuración, uno a bajo nivel y otro el TGMS, un interfaz web que permite una sencilla configuración y gestión de la red.

El sistema de configuración a bajo nivel GPON de TELNET consta de un CLI que permite estudiar y configurar los parámetros de la capa de gestión PLOAM y configuración OMCI de los equipos de la red GPON a bajo nivel. Este sistema de configuración permite un detalle y control total en la configuración y gestión de los modelos de aprovisionamiento de las ONTs. Esta capacidad es ideal para labores docentes o de investigación del protocolo.

El TGMS (TELNET GPON Management System) es un sistema de gestión GPON que consiste en una plataforma WEB que permite la configuración y gestión de servicios de la red GPON a alto nivel. Gracias a su interfaz gráfica, permite una abstracción del protocolo GPON permitiendo configurar complejos escenarios de transporte de una forma rápida e intuitiva.

Utilizando este modo de configuración, se puede recrear una red de acceso de operador en unos pocos clics, sin necesidad de conocer los detalles del protocolo GPON.



### Arquitectura de gestión centralizada

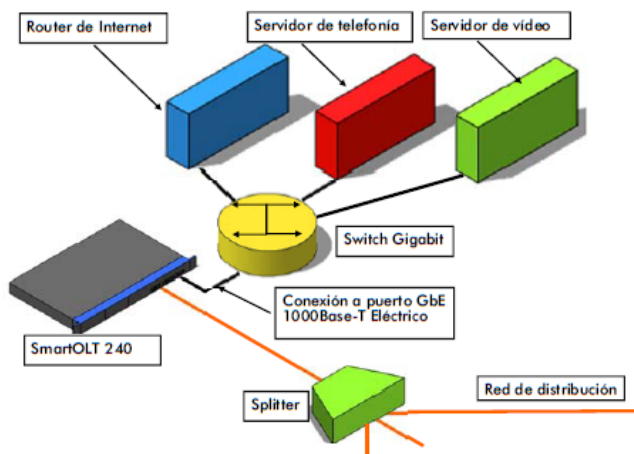
TELNET GPON Management System permite gestionar de manera unificada decenas de SmartOLT 240 como si se tratase de un único sistema.

Este sistema de gestión permite crear perfiles de ONUs con los servicios correspondientes a cada oferta de servicios que tenga en cartera el operador, como telefonía, video, datos, double-play o triple-play, permitiendo posteriormente asignar a la ONU de un abonado el paquete de servicios contratado de forma rápida e intuitiva.

También ofrece la posibilidad de ver el estado de las ONUs disponibles en cada red PON, su estado, y los servicios que tiene asignados en cada momento.

Este sistema de gestión está especialmente orientado a la usabilidad y a la facilidad de la gestión de los abonados, siendo muy sencilla la creación de perfiles y el descubrimiento de nuevas ONUs de abonados a las cuales asignarles estos perfiles para comenzar a darles servicio de una forma fácil y rápida.

La funcionalidad de gestión centralizada de las OLTs permite al operador incrementar la capacidad de su red con solo añadir una nueva SmartOLT 240 a su rack y, con un solo click de ratón, exportar perfiles de usuario y ofertas de servicios. Además esta arquitectura modular aporta al operador significativas ventajas al no haber un punto singular de fallo ya que cada SmartOLT 240 es independiente en sus necesidades de alimentación, supervisión y tratamiento de tráfico Gigabit Ethernet.



## 9.2 ONT WAVEACCESS 4022



# WaveAccess 4022

4x1GbE + 2xPOTS + WiFi 802.11b/g/n



WaveAccess 4022

### Características

Terminal de red óptica (ONU) diseñado para su uso residencial y pequeñas empresas. Cumple con el ITU-T G.984 e integra funcionalidades de Gateway residencial, para proveer servicios de triple play y WiFi para acceso a red.

#### Tasa de datos

Maximiza las posibilidades de la red GPON permitiendo tasas de transferencia de 2.488 Gbps (Downstream) y 1.244 Gbps (Upstream)

KEY FEATURE

**Interoperable**  
Compatible con las OLT GPON de los principales fabricantes del mercado\*

#### Ópticas clase B+

Para transmitir y recibir potencia óptica de acuerdo con la ITU-T G.984.2.

#### ITU-T G.984 - OMCI

La implementación de la pila OMCI sigue la guía de implementación del estándar

KEY FEATURE

#### WiFi

La conmutación entre WiFi y LAN/WAN se realiza a nivel HW, permitiendo la tasa máxima de routing/bridging. Además, soporta 802.11 b/g/n para ofrecer gran velocidad y alcance.

#### Descifrado AES y codificación n FEC

Compatible con descifrado AES-128 y codificación FEC, soportado tanto en ascendente como en descendente

#### Filtrado IPTV

Tiene capacidad de filtrado por dirección multicast de destino, lo cual permite ofrecer distintos paquetes de televisión IPTV para cada cliente incluso estando en la misma red PON.

KEY FEATURE

#### Parámetros de fábrica configurables

El WaveAccess 4022 permite al operador realizar configuraciones "de fábrica" de manera que cuando el usuario aprieta el botón Reset, el equipo vuelve a dicha configuración, reduciendo así los costes operativos por incidencias

### Familia TELNET WaveAccess

La familia WaveAccess de TELNET es una gama de terminales de red óptica basada en la tecnología GPON FTTH (Gigabit Passive Optical Network).

Este conjunto de ONUs ofrece una gran variedad de modelos con el fin de cumplir las necesidades del despliegue GPON, ofreciendo ONUs de nivel 2 y 3, en formato SFP, con puertos Gigabit Ethernet, WiFi, router integrado, puertos POTS.

Esta variedad de ONUs permite al operador disponer del equipamiento adecuado para las distintas arquitecturas de acceso como Fibra hasta el hogar (FTTH), Fibra hasta el edificio (FTTB) o Fibra hasta la Oficina (FTTD), así como para distintos entornos como el residencial, industrial u oficinas.

Las ONUs de TELNET implementan la pila OMCI y soportan el etiquetado VLAN (802.1p y Q-in-Q), lo cual las hacen capaces de soportar los servicios definidos en el informe técnico Broadband Forum TR-156.

Todas las ONUs de la familia WaveAccess son 100% compatibles con la SmartOLT de TELNET, y su sistema de gestión web, el TGMS (TELNET GPON Management System). Mediante el TGMS, el operador puede configurar ofertas triple play en cuestión de minutos, y gestionar el parque de SmartOLTs y ONUs desplegados, todo ello desde un único interfaz web, y de manera sencilla e intuitiva.

## Especificaciones técnicas

### Características generales

2.5G en downstream y 1.25G en upstream  
 4x10/100/1000 Base-T Ethernet  
 2xPOTS interfaz telefónica para el servicio de VoIP  
 WiFi 802.11b/g/n  
 Interoperable con las OLTs de los principales fabricantes\*

### GPON

Diseñado siguiendo la especificación ITU-T G.984.x y G.988  
 Cumple con Broadband Forum TR-156  
 Activación con descubrimiento automático de SN y contraseña en conformidad con la recomendación ITU-T G.984.3  
 Cifrado AES-128 con generación de claves y conmutación  
 FEC (Forward Error Correction) bidireccional  
 Autodetección de Rogue ONU

### Interfaz óptico

Conector SC/APC  
 2,488 Gbps Downstream / 1.244G bps de ancho de banda  
 Ópticas clase B + (28dB de presupuesto de pérdida óptica)  
 Longitudes de onda: US 1310nm, DS 1490nm

### Interfaz Ethernet

4 x 10/100/1000 Base-T interfaz para conectores RJ-45  
 Etiquetado/intercambio VLAN por puerto Ethernet  
 VLAN stacking (Q-in-Q), traducción y filtrado VLAN  
 Marcado de tráfico usando 802.1p  
 IGMP Snooping, soporte para IGMP v1/v2/v3  
 Filtrado de video multicast basado en dirección multicast destino

### Interfaz POTS

2xconector RJ-11  
 Soporta múltiples codecs: G.711ALaw, G.711µLaw, G.729a, G.722

### Router

Funcionalidad de cliente PPPoE  
 Funcionalidad NAT/NATP  
 Servidor/cliente DHCP para asignación dinámica de direcciones IP

### WLAN

WiFi IEEE 802.11 b/g/n  
 Banda de frecuencias 2.4Ghz, con 13 canales  
 Seguridad WEP, WPA y WPA2. Autenticación WPS  
 Conmutación WiFi-LAN/WAN wireless

### Instalación

Dimensiones  
 217mmx167mmx39mm  
 Peso: <1Kg  
 Fuente de alimentación:  
 Entrada: 100-240V AC 50/60Hz  
 Salida: 12VDC / 1.5A  
 Rango de funcionamiento  
 Temperatura: 0 ~ 55° Celsius  
 Humedad: 10 ~ 90% de humedad relativa

### Información para pedido

Nombre: WaveAccess 4022  
 Referencia: 400040212



\*Contacte para más información sobre modelos de OLT que soporta interoperabilidad

## Información de Contacto

**TELNET Redes Inteligentes**  
 Oficinas Centrales  
 Polígono Industrial Centrovia  
 c/ Buenos Aires, 18  
 50198 La Muela, Zaragoza  
 España  
 Teléfono: (+34) 976 14 18 00  
 Fax: (+34) 976 14 18 10  
[telnet@telnet-ri.es](mailto:telnet@telnet-ri.es)

**Oficina Comercial en Madrid**  
 Avda. Menéndez Pelayo, 85 - 1º A  
 28007 Madrid  
 España  
 Teléfono: (+34) 91 434 39 92  
 Fax: (+34) 91 434 40 84

**Filial en Portugal**  
 NETIBERTEL  
 Av. Fontes Pereira de Melo, 35 - 14ºD  
 1050 -118 Lisboa  
 Portugal  
[comercial.pt@telnet-ri.es](mailto:comercial.pt@telnet-ri.es)

[www.telnet-ri.es](http://www.telnet-ri.es)