

2 Arquitectura de red

La red de Supercable se caracteriza por estar presente en las capitales de provincia. Por tanto se trata básicamente una red troncal urbana, es decir que tiene cobertura en un área metropolitana. Su estructura física es un anillo de fibras ópticas que interconecta una cabecera, desde donde se difunde la señal, con un número de nodos primarios, encargados de distribuir la señal en áreas de cobertura menor.

El número de nodos primarios dependerá fundamentalmente del número de habitantes de la población que haya que cubrir.

La arquitectura lógica es una estrella doble, es decir dispone de 2 rutas alternativas para comunicar la cabecera con los nodos primarios. Cada una de las 2 rutas recibe el nombre de ruta principal y ruta redundante o secundaria.

Este hecho es uno de los principios de la filosofía de la red HFC de Supercable el incorporar redundancia en transmisión, guiado y recepción de señal.

La cobertura de población de un nodo primario será de hasta 72000 hogares

La topología de la red tanto lógica como física se presenta en la figura 2.1

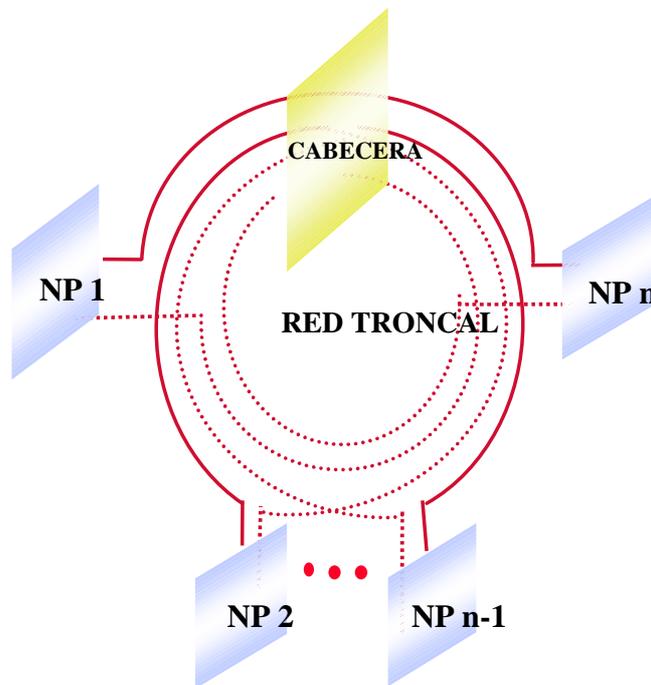


Figura 2.1: Topología de la red troncal urbana primaria

En un nivel inferior de cobertura nos encontramos con la red troncal urbana secundaria con forma de lóbulo. Para cada nodo primario abarcaremos su zona de cobertura mediante lóbulos de fibra óptica que aglutinarán 6 nodos secundarios. Un nodo secundario tan solo es un punto distribución de fibra. La zona de cobertura de un lóbulo será de hasta 12000 hogares. Por tanto la correspondiente a un nodo secundario será de 2000 hogares.

La topología de la red urbana secundaria se presenta en la figura 2.2

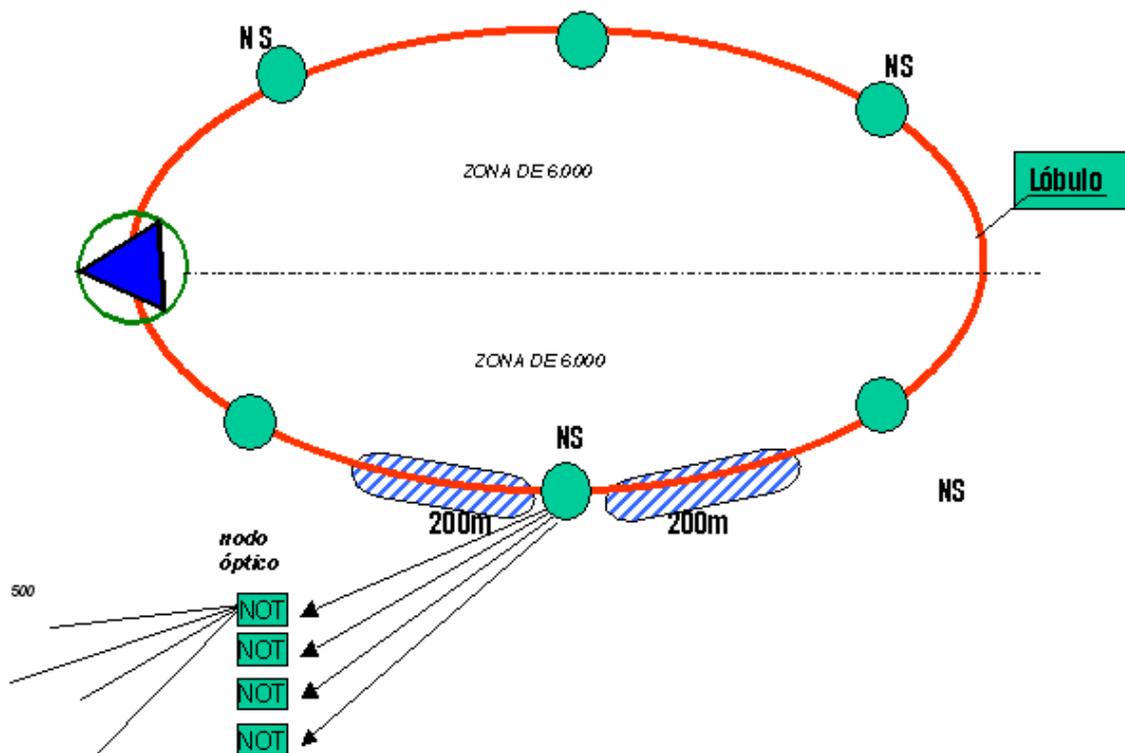


Figura 2.2: Topología de la red troncal urbana secundaria y terciaria

En un nivel inferior se encuentra la red troncal urbana terciaria, con forma de estrella. Esta formada por los enlaces que unen los nodos secundarios de 2000 hogares con los nodos ópticos terminales los cuales llegan a cubrir hasta 500 hogares.

La topología es en estrella hasta los 4 nodos ópticos terminales y en este punto se pierde la redundancia en rutas.

En la figura 2.2 se puede ver en el extremo inferior izquierdo la topología en estrella que presenta la red troncal terciaria.

Hasta el nodo óptico terminal y desde el nodo primario se emplea una tecnología de transmisión sobre fibra óptica en 2ª ventana con modulación AM altamente lineal.

A modo de resumen tenemos la siguiente tabla.

TABLA RESUMEN		
	Nº Hogares pasados	Nº de Elementos inferiores
Nodo Óptico Terminal	500	-
Nodo secundario	2000	4 Nodos Ópticos Terminales
Lóbulo	Hasta 12000	Hasta 6 Nodos secundarios
Nodo Primario	Hasta 72000	Hasta 6 lóbulos

Es importante reseñar que la comunicación entre nodo primario y nodo óptico terminal es bidireccional. Existirá un doble camino para la señal:

- Sentido descendente: desde el nodo primario al usuario final, transportará gran cantidad de información y dispondrá de un gran ancho de banda.
- Sentido ascendente: desde el usuario hasta el nodo primario, transportará las peticiones realizadas por los usuarios, supondrán un menor volumen de información, y por tanto un menor ancho de banda.

Por tanto se disponen en el nodo primario para sentido descendente de 2 transmisores ópticos con 2 fibras ópticas a su salida, y para sentido ascendente de 2 receptores ópticos con 2 fibras ópticas a su entrada para posibilitar la redundancia por cada camino.

El nodo óptico terminal debe disponer tanto de 2 receptores ópticos para sentido descendente, como de 2 transmisores ópticos para sentido ascendente.

En la recepción de la señal óptica es importante disponer de un selector de señal que permita elegir una de las 2 rutas, principal o secundaria, correspondiéndose cada una de ellas con un receptor óptico.

En el nodo óptico terminal se finaliza la transmisión de señal mediante fibra óptica, pasando ahora al dominio de radiofrecuencia RF, y distribuyéndose finalmente hasta el usuario por cable coaxial.

Este último tramo se corresponde con la red de distribución final o planta exterior. Presenta una topología lógica y física de árbol-rama.

En esta última parte de la distribución de señal, la topología varía mucho en función de la distribución de los edificios. Para que todos los hogares reciban correctamente la señal, con el nivel adecuado, es necesario amplificar la señal.

Existirán 2 tipos de amplificadores según la función de distribución de señal que realicen:

- Amplificador de distribución propiamente, será el encargado de dividir la señal que proviene de una rama coaxial, en varias ramas.
- Amplificador de línea, tendrá la única función de amplificar la señal que posee a su entrada para alcanzar una determinada localización.

Como quinto y último subnivel en la jerarquía de la red de acceso de Supercable se encuentra la red de cliente, la cual lleva desde el exterior del edificio hasta los receptores finales de cada servicio la señal, mediante cable coaxial.

La red de cliente consta de 2 subniveles: tramo vertical y tramo horizontal.

El tramo vertical comprende desde el puerto de salida de un derivador RF, denominado TAP hasta el punto terminal de red PTR ubicado en el interior de la vivienda final del usuario.

El TAP es un elemento pasivo que permite distribuir la señal entre varias salidas en derivación, en la vertical del edificio, para llegar a las distintas viviendas que lo conforman, así como continuar con el guiado de señal mediante una salida de paso, hasta edificios próximos.

El tramo horizontal es el comprendido entre el PTR y el receptor del servicio de telecomunicaciones correspondiente.

Los servicios de telecomunicaciones que transporta la red HFC son de televisión analógica y digital, así como de datos digitales para conexión a internet de banda ancha.

2.1 Estructura práctica de los niveles jerárquicos de red

Como hemos visto la red HFC presenta una estructura jerárquica en 5 niveles, los cuales veremos como se estructuran, y de que elementos se componen.

Para el caso de la maqueta de red HFC presente en el laboratorio de comunicaciones se dispone de los siguientes elementos:

2.1.1 Red troncal urbana primaria

La interconexión entre cabecera y nodo primario se realizará mediante 2 fibras, las cuales llegarán hasta un par de receptores ópticos.

La señal que se recibe mediante esta conexión será la correspondiente a televisión analógica y televisión digital, que se recibe, canaliza y transmite en la cabecera.

Como vemos se dispone tan solo del sentido descendente, en dirección al usuario.

En la figura 2.3 se muestra la fibra óptica y el receptor óptico mediante los que se recibe la señal de cabecera

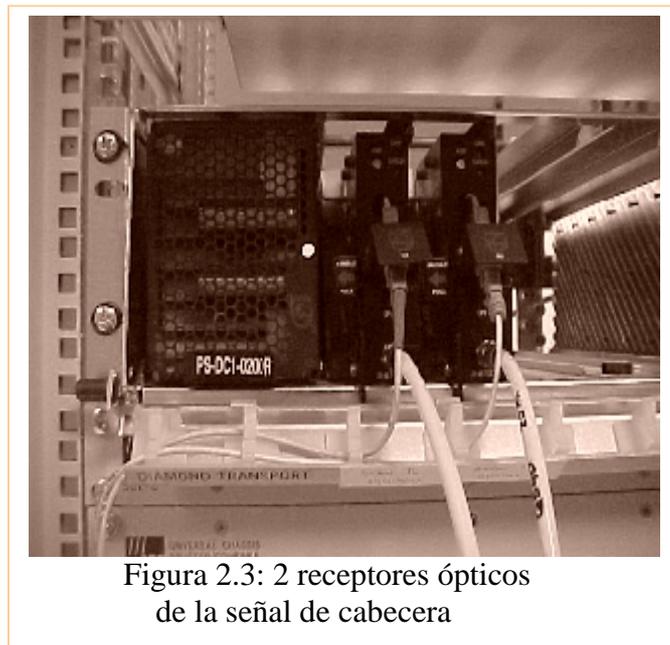


Figura 2.3: 2 receptores ópticos de la señal de cabecera

2.1.2 Red troncal urbana secundaria y Red troncal urbana terciaria

Para la distribución entre el nodo primario y el nodo óptico terminal se presenta la siguiente configuración de elementos en ambos sentidos

2.1.2.1 Sentido descendente

La transmisión de señal entre el nodo primario y el nodo óptico terminal se realiza mediante los bloques que se representan en la figura 2.4.

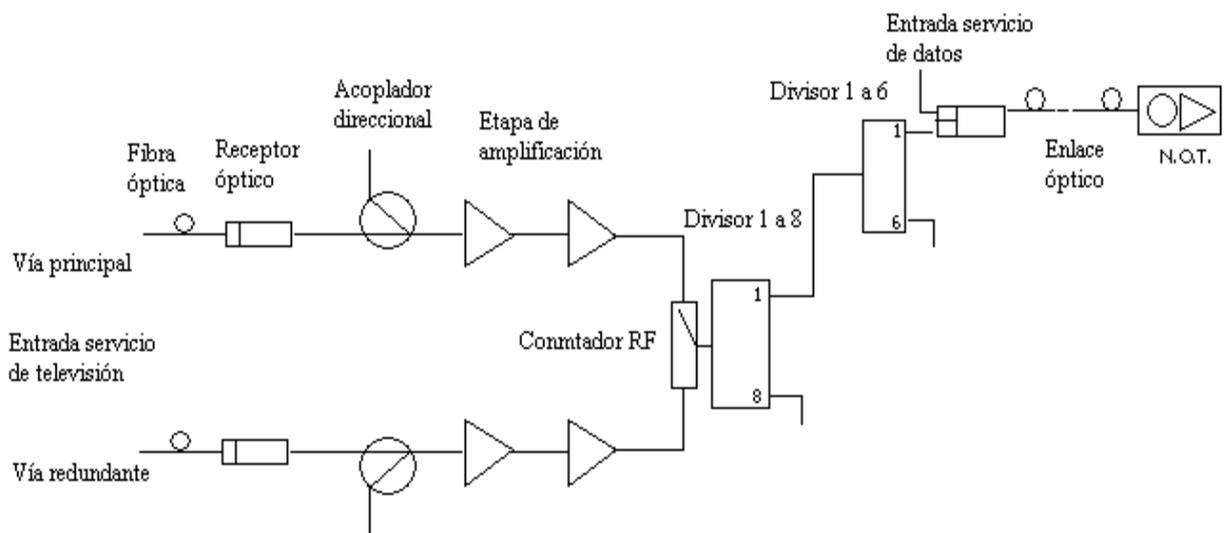


Figura 2.4: Esquema de transmisión de señal en sentido descendente

En él se pueden distinguir, siguiendo el camino físico de la señal,

- Recepción de la señal óptica, y conversión a señal en radiofrecuencia. Existirá redundancia de equipos, de recepción, así como de camino, físico.
- Acopladores direccionales para cada rama, servirán de punto de medida una vez se establezca el servicio. Suele ser un punto recomendable para realizar medidas puesto que presenta una respuesta en frecuencia bastante plana.

Los equipos activos, es decir con amplificación de señal, presentan en su totalidad un punto de prueba o de test que permite realizar medidas en un punto del esquema del elemento en cuestión. Será de gran utilidad en el caso en que tengamos que realizar medidas en un elemento activo con el servicio de red establecido, puesto que realizar medidas a la entrada o salida del mismo supondría un corte de servicio.

Normalmente el punto de prueba posee una atenuación de 20 o 30dB por debajo del nivel de la señal en el punto real en el que se mide del circuito. Estos puntos de prueba presentan una variación con respecto al nivel real sobre todo para altas frecuencias, esto justifica el uso de acopladores direccionales a la salida o entrada de elementos activos, así como la recomendación de no utilizar el punto de prueba para realizar una medida fiable siempre que sea posible realizarla a la salida o la entrada del mismo.

En la figura 2.5 se muestra una imagen del punto de test con el que viene equipado el receptor óptico en su frontal. La conexión coaxial es de tipo F.



Figura 2.5: Punto de test de receptor óptico

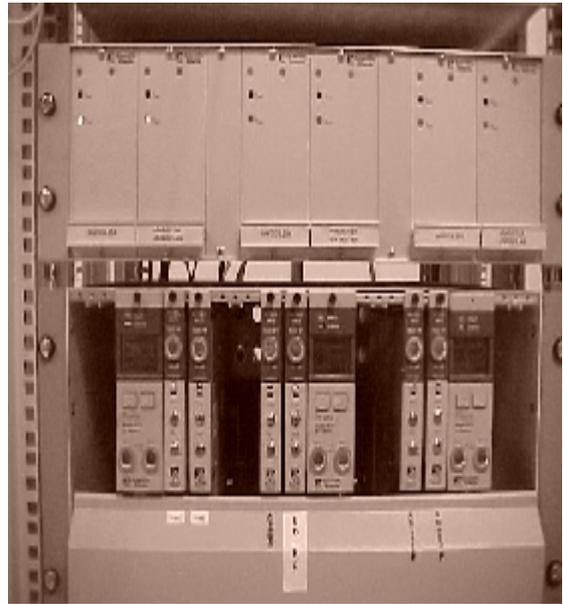


Figura 2.6: Amplificadores RF

- Amplificación de la señal en 2 etapas, mostradas en la figura 2.6

Una primera etapa, la cual determinará en importante medida la calidad de la señal, como relación señal a ruido si se trata de un canal digital, o relación portadora a ruido si se trata de un canal analógico de televisión. Se tendrá como objetivo en la configuración del mismo obtener una respuesta en frecuencia lo mas plana posible. Para ello contará tanto con ajuste en ganancia como en pendiente de la respuesta en frecuencia.

Una segunda etapa, que servirá para alcanzar el nivel deseado al igual que una característica lo más plana posible a la entrada de los transmisores ópticos. Esta segunda etapa nos determinará los niveles de distorsión que la señal va a poseer, pues los de entrada en el amplificador serán altos, pudiendo alcanzar la saturación.

- Conmutador RF, servirá para dejar pasar aquella rama, que posea un nivel suficiente de señal. Si por la rama principal nos llega un insuficiente nivel, por debajo de un umbral, el conmutador cambiará la salida a la rama secundaria, dejando pasar el camino redundante. Figura 2.7

A continuación existe la posibilidad de conectar un acoplador direccional, para poder realizar medidas a la salida del conmutador RF, ya que no dispone de punto de test.

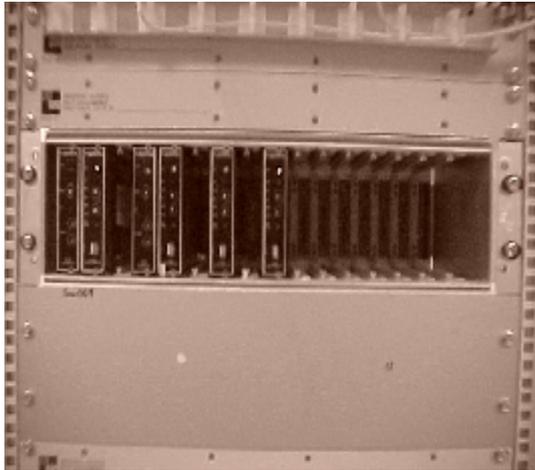


Figura 2.7: Conmutador RF



Figura 2.8: Bandejas de splitter

- Splitter 1 a 8: Permiten obtener una ramificación de la señal, por 8 puertos distintos. Permitirá obtener 4 salidas para la rama principal, y otras 4 ramas para la rama secundaria. Por cada una de estas ramas dispondremos un splitter de 1 a 6
- Splitter 1 a 6: Permiten obtener una ramificación de la señal, por 6 puertos distintos.
Los splitter se encuentran insertados en unas bandejas mostrados en la figura 2.8.
- Como último elemento tendremos el transmisor óptico con 2 entradas, una coincide con una salida del splitter 1 a 6, y la otra será utilizada para la inserción del servicio de datos.

2.1.2.2 Sentido ascendente

En el esquema de guiado de señal desde el nodo óptico terminal hasta el nodo primario se pueden encontrar los elementos que se representan en la figura 2.9

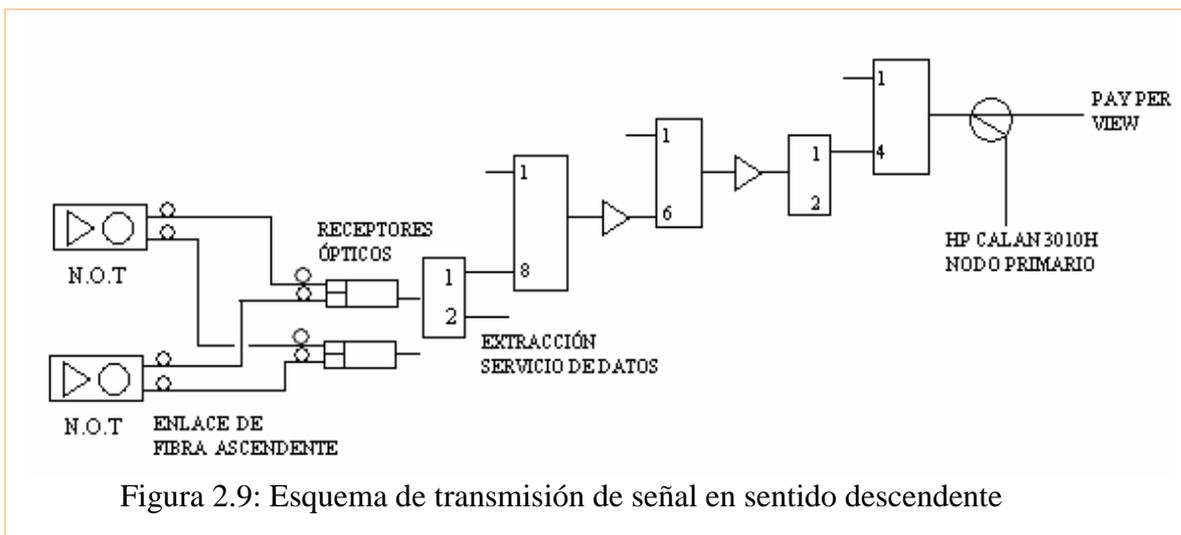


Figura 2.9: Esquema de transmisión de señal en sentido descendente

En él se pueden distinguir, siguiendo el camino físico de la señal

- Recepción de la señal óptica, y conversión a una señal en radiofrecuencia. Como se puede ver existirá redundancia de equipos de recepción así como de camino, físico.

En la figura 2.9 vemos como las 2 señales recibidas por cada receptor óptico provienen de 2 NOT diferentes. Esta redundancia de equipos receptores se realizará para evitar, en el caso de mal funcionamiento de un receptor con 2 fibras cuyo origen sea un solo NOT, que se produzca un corte total de la comunicación entre NOT y receptor.

Por tanto para poder conmutar entre las 2 ramas, principal y secundaria, estos receptores poseen un conmutador automático RF configurable que permitirá conmutar entre 2 señales que provienen de un mismo NOT recibidas en 2 receptores ópticos distintos.

La figura 2.10 nos muestra un receptor óptico, parte izquierda de la imagen, de doble recepción en fibra, así como 2 amplificadores pertenecientes a sentido ascendente en la parte derecha de la imagen.



Figura 2.10: Receptor óptico y 2 amplificadores ascendente



Figura 2.11: Cabecera de control

- Splitter, o divisores de 1 a 2, permitirán, la bifurcación de la señal, hacia los distintos destinos de la señal, según el servicio. Una de las ramas servirá de extracción al servicio de datos, el cual no requiere amplificación. La otra rama contendrá los servicios de pago por visión o pay per view, peticiones de clientes para servicio de televisión y los servicios de control y monitorización de red.

En la rama con elementos activos encontramos

- Splitter de 1 a 8, en sentido inverso, es decir realizando funciones de combinación de señal. Permite llegar a combinar las señales procedentes de hasta 8 nodos ópticos terminales.
- Amplificación de la señal, con ello se alcanzará un nivel adecuado para prestar los distintos servicios. En la figura 2.10 se muestra la etapa amplificadora

- Splitter de 1 a 6, en sentido inverso, es decir realizando funciones de combinación de señal. Permite llegar a combinar las señales procedentes de hasta 48 nodos ópticos terminales. $48\text{NOT's} = (8\text{ NOT's combinados de } 8 \text{ a } 1) * (6\text{ NOT's combinados de } 6 \text{ a } 1)$
- Amplificación de la señal, con ello se alcanzará un nivel adecuado para prestar los distintos servicios. En la figura 2.10 se muestra la etapa amplificadora
- Splitter 1 a 2, divide la señal en 2 ramas cada una con distintos servicios. En este punto se extrae tan solo un servicio de control de red.
- Splitter 1 a 4, combina todas las señales en sentido ascendente procedentes de todos los nodos ópticos terminales, de dicho nodo primario. A la salida podemos tener un máximo de $4 * 48 = 192\text{ NOT's combinados en ascendente}$.
- Acoplador direccional, servirá de punto de extracción de la señal por el puerto acoplado hasta la cabecera de un servicio de control de red instalado en el nodo primario. En la figura 2.11 se muestra la cabecera del servicio de control correspondiente. Por el otro puerto del acoplador tan solo se extrae la señal de pago por visión.

2.1.2.3 Enlace de fibra

Como explicamos anteriormente tanto en el camino ascendente como en el descendente existirá un enlace de fibra óptica entre el nodo óptico terminal y nodo primario, y otro entre nodo primario y nodo óptico terminal, respectivamente.

El uso de la fibra óptica se justifica principalmente por su baja atenuación a grandes distancia, y por su gran capacidad transporte de información. La comunicación entre nodo primario y nodo óptico terminal se realiza mediante fibra óptica debido a que la localización de ambos suele estar bastante separada. El límite de cobertura en torno al nodo primario se suele situar a 20km de distancia.

En el caso del laboratorio debido a que se dispone tanto del nodo primario como del NOT en la misma sala, el enlace de fibra debe realizarse mediante un carrete con la fibra óptica enrollada, y con los extremos conectados. En la figura 2.12 se muestran los 3 carretes de fibra óptica apilados, y su conexión al NOT.



Figura 2.12: Carretes de fibra óptica

Por cada enlace, ascendente y descendente tan solo dispondremos en el nodo primario de un receptor óptico y un transmisor óptico respectivamente, por lo que tan solo se realizará la comunicación mediante una fibra óptica en cada sentido.

2.1.3 Red de distribución

El cuarto nivel de la jerarquía de la red de acceso de Supercable comprende desde el nodo óptico terminal hasta el TAP o punto de derivación RF, en la fachada del edificio. Este recorrido se realiza mediante guiado coaxial.

Como punto importante debemos reseñar la existencia de un único guiado para la señal, a pesar de que existe, un camino descendente y un camino ascendente, diferenciados en las frecuencias en las que se transportan. Para ello los elementos pasivos se comportarán en frecuencia de igual forma entrada-salida y salida-entrada. Los elementos activos deberán diferenciar ambos caminos de señal en sus circuitos para permitir configuraciones independientes.

El esquema que posee la red de distribución o planta externa, varía mucho en función de la zona a la que se preste el servicio.

Por tanto nos centraremos en un modelo de esquema presente en la maqueta que contenga como elementos principales los que se muestran en la figura 2.13



Figura 2.13: Elementos de red de distribución v red de cliente

Elegiremos una configuración estándar, para realizar las pruebas, compuesta de los siguientes elementos:

- Acoplador direccional a la salida del NOT: dividirá la señal en 2 ramas de servicio, nos permitirá atenuar la señal lo suficiente para alcanzar la etapa de amplificación con un nivel adecuado.
- Cableado correspondiente a 200 metros, mediante cable coaxial tipo Q-540.
- Amplificación de la señal, también permitirá realizar correcciones en la pendiente de la respuesta del canal, para permitir corregir la atenuación que produce el guiado coaxial en largas distancias, para frecuencias altas. Existen amplificadores con función de distribución, línea y mixto. En las pruebas realizadas haremos uso del amplificador con ambas funciones de distribución y línea o mixto, cuyo estudio nos servirá para comprender ambas funcionalidades.
- Cableado correspondiente a 100 metros, mediante cable coaxial tipo Q-540.
- Derivación de señal, mediante TAP, permite que la señal continúe su recorrido hacia otros edificios así como alcanzar mediante sus puertos en derivación los distintos hogares en vertical, mediante cable siamés RG-6, el cual está compuesto de cable de pares para la telefonía, y cable coaxial, compartiendo tan solo la cubierta exterior.

2.1.4 Red de cliente

El quinto y último nivel jerárquico comprende desde la salida del TAP en derivación, hasta el receptor del servicio de telecomunicaciones situado en la vivienda del cliente final. Al igual que la planta exterior no existe una configuración predeterminada de la red a instalar en casa del usuario final. Por tanto para nuestras medidas dispondremos, del siguiente esquema básico a la salida del TAP, mostrado en el extremo inferior derecha de la figura 2.13

- Cableado RG6 siamés de 25m de longitud, equivalente a un edificio de 8 plantas. Se tomará como altura media de planta 3 metros.
- Punto de terminación de red o PTR con una salida cableada mediante RG-59 de 13.5 m, hasta splitter de 1 a 2, y a continuación conectado a un receptor de televisión. En la figura 2.14 se muestra una imagen del decodificador y la televisión donde se mostrará la imagen recibida.



Figura 2.14: Decodificador de TV, y televisión