



UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES

UIT-T

SECTOR DE NORMALIZACIÓN
DE LAS TELECOMUNICACIONES
DE LA UIT

L.42

(05/2003)

SERIE L: CONSTRUCCIÓN, INSTALACIÓN Y
PROTECCIÓN DE LOS CABLES Y OTROS
ELEMENTOS DE PLANTA EXTERIOR

**Soluciones de fibra óptica ampliadas en la red
de acceso**

Recomendación UIT-T L.42

Recomendación UIT-T L.42

Soluciones de fibra óptica ampliadas en la red de acceso

Resumen

En esta Recomendación se describe la red óptica de acceso que ha de utilizarse en el diseño e instalación de fibra a la vivienda (FTTH). Se trata aquí principalmente de las arquitecturas de la red de acceso y la transformación de las redes ópticas en redes ópticas de acceso.

Orígenes

La Recomendación UIT-T L.42 fue aprobada el 14 de mayo de 2003 por la Comisión de Estudio 6 (2001-2004) del UIT-T por el procedimiento de la Recomendación UIT-T A.8.

PREFACIO

La UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones) es el organismo especializado de las Naciones Unidas en el campo de las telecomunicaciones. El UIT-T (Sector de Normalización de las Telecomunicaciones de la UIT) es un órgano permanente de la UIT. Este órgano estudia los aspectos técnicos, de explotación y tarifarios y publica Recomendaciones sobre los mismos, con miras a la normalización de las telecomunicaciones en el plano mundial.

La Asamblea Mundial de Normalización de las Telecomunicaciones (AMNT), que se celebra cada cuatro años, establece los temas que han de estudiar las Comisiones de Estudio del UIT-T, que a su vez producen Recomendaciones sobre dichos temas.

La aprobación de Recomendaciones por los Miembros del UIT-T es el objeto del procedimiento establecido en la Resolución 1 de la AMNT.

En ciertos sectores de la tecnología de la información que corresponden a la esfera de competencia del UIT-T, se preparan las normas necesarias en colaboración con la ISO y la CEI.

NOTA

En esta Recomendación, la expresión "Administración" se utiliza para designar, en forma abreviada, tanto una administración de telecomunicaciones como una empresa de explotación reconocida de telecomunicaciones.

La observancia de esta Recomendación es voluntaria. Ahora bien, la Recomendación puede contener ciertas disposiciones obligatorias (para asegurar, por ejemplo, la aplicabilidad o la interoperabilidad), por lo que la observancia se consigue con el cumplimiento exacto y puntual de todas las disposiciones obligatorias. La obligatoriedad de un elemento preceptivo o requisito se expresa mediante las frases "tener que, haber de, hay que + infinitivo" o el verbo principal en tiempo futuro simple de mandato, en modo afirmativo o negativo. El hecho de que se utilice esta formulación no entraña que la observancia se imponga a ninguna de las partes.

PROPIEDAD INTELECTUAL

La UIT señala a la atención la posibilidad de que la utilización o aplicación de la presente Recomendación suponga el empleo de un derecho de propiedad intelectual reivindicado. La UIT no adopta ninguna posición en cuanto a la demostración, validez o aplicabilidad de los derechos de propiedad intelectual reivindicados, ya sea por los miembros de la UIT o por terceros ajenos al proceso de elaboración de Recomendaciones.

En la fecha de aprobación de la presente Recomendación, la UIT no ha recibido notificación de propiedad intelectual, protegida por patente, que puede ser necesaria para aplicar esta Recomendación. Sin embargo, debe señalarse a los usuarios que puede que esta información no se encuentre totalmente actualizada al respecto, por lo que se les insta encarecidamente a consultar la base de datos sobre patentes de la TSB.

© UIT 2004

Reservados todos los derechos. Ninguna parte de esta publicación puede reproducirse por ningún procedimiento sin previa autorización escrita por parte de la UIT.

ÍNDICE

	Page	
1	Introducción.....	1
2	Alcance	1
3	Referencias	1
4	Términos y definiciones	3
5	Abreviaturas.....	3
6	Características de la arquitectura de la red de acceso.....	3
6.1	Red punto a punto.....	4
6.2	Red anular.....	4
6.3	Red punto a multipunto	6
7	Métodos de distribución de la fibra óptica en la planta exterior.....	7
8	Mejora de la red óptica	7
9	Calidad de funcionamiento de la transmisión óptica en la red óptica de acceso.....	7
10	Componentes ópticos.....	7
10.1	Cable de fibra óptica.....	8
10.2	Empalme de fibra óptica.....	8
10.3	Otros componentes ópticos.....	8
11	Sistema de mantenimiento, supervisión y prueba de la red óptica	9
12	Suministro de energía eléctrica.....	9
13	Seguridad	9
13.1	Seguridad eléctrica	9
13.2	Seguridad óptica	9
Apéndice I – Experiencia de Brasil Ejemplo de arquitectura de la red óptica de acceso		10
I.1	Introducción.....	10
I.2	Alcance	10
I.3	Modelo propuesto	10
I.4	Exposición y resultados.....	11
I.5	Conclusiones.....	11
Apéndice II – Experiencia de Japón Breve resumen de las tecnologías de diseño estructural de la red óptica de acceso		12
II.1	Optimización del tamaño del bucle (zona de alimentación)	13
II.2	Optimización del tamaño de la zona de derivación al cliente (zona de distribución).....	13
Apéndice III – Experiencia de Corea Métodos de distribución para el diseño de redes ópticas en zonas de acceso.....		14
III.1	Número y tamaño de bucles en la red de alimentación.....	17

	Page
Apéndice IV – Experiencia de los Países Bajos	19
IV.1 Introducción.....	19
IV.2 Configuraciones del sistema minitubos.....	20
IV.3 Redes de acceso utilizando el sistema de minitubos	21

Recomendación UIT-T L.42

Soluciones de fibra óptica ampliadas en la red de acceso

1 Introducción

La evolución de las tecnologías multimedios ha propiciado el desarrollo activo de muchos tipos de servicio de banda ancha, como la comunicación de datos y vídeo, utilizando las redes de acceso. Resulta importante crear redes de banda ancha y alta velocidad para proporcionar estos servicios de manera rentable y a su debido tiempo, y para ello, han de instalarse inmediata y efectivamente redes ópticas de acceso económicas para llevar la fibra a la vivienda (FTTH). Por lo tanto, el diseño de la red debe tener en cuenta su instalación, mantenimiento y funcionamiento. En este contexto, se define una red óptica de acceso como una red de fibra óptica que va desde la central del operador a las casas individuales, edificios de apartamentos y oficinas gracias a la FTTH.

2 Alcance

Esta Recomendación aborda principalmente las arquitecturas de las redes de acceso y la capacidad de mejorar las redes ópticas, que son los elementos más importantes en términos de diseño e instalación de redes ópticas de acceso. Además, se describen en esta Recomendación la calidad de funcionamiento de la transmisión óptica, el sistema de mantenimiento y alimentación necesarios para la instalación de una red óptica de acceso de FTTH.

3 Referencias

Las siguientes Recomendaciones del UIT-T y otras referencias contienen disposiciones que, mediante su referencia en este texto, constituyen disposiciones de la presente Recomendación. Al efectuar esta publicación, estaban en vigor las ediciones indicadas. Todas las Recomendaciones y otras referencias son objeto de revisiones por lo que se preconiza que los usuarios de esta Recomendación investiguen la posibilidad de aplicar las ediciones más recientes de las Recomendaciones y otras referencias citadas a continuación. Se publica periódicamente una lista de las Recomendaciones UIT-T actualmente vigentes. En esta Recomendación, la referencia a un documento, en tanto que autónomo, no le otorga el rango de una Recomendación.

- [1] Recomendación UIT-T G.652 (2003), *Características de las fibras y cables ópticos monomodo.*
- [2] Recomendación UIT-T G.662 (1998), *Características genéricas de los dispositivos y subsistemas de amplificadores ópticos.*
- [3] Recomendación UIT-T G.664 (2003), *Procedimientos y requisitos de seguridad óptica para sistemas ópticos de transporte.*
- [4] Recomendación UIT-T G.671 (2002), *Características de transmisión de los componentes y subsistemas ópticos.*
- [5] Recomendación UIT-T G.694.1 (2002), *Planes espectrales para las aplicaciones de multiplexación por división de longitud de onda: Plan de frecuencias con multiplexación por división de longitud de onda densa.*
- [6] Recomendación UIT-T G.694.2 (2003), *Planes espectrales para las aplicaciones de multiplexación por división de longitud de onda: Plan de multiplexación por división aproximada de longitud de onda.*

- [7] Recomendación UIT-T G.982 (1996), *Redes de acceso óptico para el soporte de servicios que funcionan con velocidades binarias de hasta la velocidad primaria de la red digital de servicios integrados (RDSI) o velocidades binarias equivalentes.*
- [8] Recomendación UIT-T G.983.1 (1998), *Sistemas de acceso óptico de banda ancha basados en redes ópticas pasivas.*
- [9] Recomendación UIT-T G.983.2 (2002), *Especificación de la interfaz de control y gestión de terminales de red óptica para redes ópticas pasivas de banda ancha.*
- [10] Recomendación UIT-T G.983.3 (2001), *Sistema de acceso óptico de banda ancha con capacidad de servicio incrementada mediante la asignación de longitud de onda.*
- [11] Recomendación UIT-T G.983.4 (2001), *Sistema de acceso óptico de banda ancha con asignación dinámica de anchura de banda para aumentar la capacidad de servicio.*
- [12] Recomendación UIT-T G.983.5 (2002), *Sistema de acceso óptico de banda ancha con mayor capacidad de supervivencia.*
- [13] Recomendación UIT-T G.983.6 (2002), *Especificaciones de la interfaz de gestión y control de terminales de red óptica para sistemas de red óptica pasiva de banda ancha con características de protección.*
- [14] Recomendación UIT-T G.983.7 (2001), *Especificación de la interfaz de gestión y control de terminación de red óptica para sistema de red óptica pasiva de banda ancha con asignación dinámica de anchura de banda.*
- [15] Recomendación UIT-T G.983.8 (2003), *Soporte de la interfaz de control y gestión de terminales de red óptica pasiva de banda ancha de protocolo Internet, la red digital de servicios integrados, el vídeo, el etiquetado de redes de área local virtuales, las transconexiones de canales virtuales y otras funciones seleccionadas.*
- [16] Recomendación UIT-T G.984.1 (2003), *Redes ópticas pasivas con capacidad de gigabit: Características generales.*
- [17] Recomendación UIT-T K.51 (2000), *Criterios de seguridad para equipos de telecomunicación.*
- [18] Recomendación UIT-T L.10 (2002), *Cables de fibra óptica para aplicaciones en conductos y galerías.*
- [19] Recomendación UIT-T L.12 (2000), *Empalmes de fibra óptica.*
- [20] Recomendación UIT-T L.13 (2003), *Requisitos de calidad para los nodos ópticos pasivos: caja de cierre hermético para entornos exteriores.*
- [21] Recomendación UIT-T L.15 (1993), *Redes de distribución local de fibra óptica – Factores que han de considerarse para su construcción.*
- [22] Recomendación UIT-T L.26 (2002), *Cables de fibra óptica para aplicaciones aéreas.*
- [23] Recomendación UIT-T L.31 (1996), *Atenuadores de fibra óptica.*
- [24] Recomendación UIT-T L.36 (1998), *Conectores de fibra óptica monomodo.*
- [25] Recomendación UIT-T L.37 (1998), *Dispositivos de derivación de fibra óptica (no selectivos en longitud de onda).*
- [26] Recomendación UIT-T L.40 (2000), *Sistema de soporte de mantenimiento, supervisión y pruebas de la planta exterior de fibra óptica.*
- [27] Recomendación UIT-T L.41 (2000), *Longitud de onda de mantenimiento en fibras que transportan señales.*

- [28] Recomendación UIT-T L.43 (2002), *Cables de fibra óptica para aplicaciones enterradas*.
- [29] Recomendación UIT-T L.44 (2000), *Alimentación de energía eléctrica para equipos instalados en la planta exterior*.
- [30] Recomendación UIT-T L.50 (2003), *Requisitos para los nodos ópticos pasivos: Tramas de distribución ópticas, para utilización en las centrales telefónicas*.
- [31] Recomendación UIT-T L.51 (2003), *Elementos de nodo pasivo para redes de fibra óptica – Definiciones y principios generales para la caracterización y la evaluación de la calidad de servicio*.
- [32] Recomendación UIT-T L.53 (2003), *Criterios de mantenimiento de fibras ópticas para redes de acceso*.
- [33] CEI 60825 (2001), *Safety of laser products*.
- [34] CEI 60950 (2001), *Information technology equipment – Safety*.

4 Términos y definiciones

A los efectos de esta Recomendación, tienen vigor las definiciones de las Recomendaciones UIT-T G.652, G.662, G.664, G.671, G.694.1, G.694.2, G.982, G.983.1 a G.983.8, G.984.1, K.51, L.13, L.26 y L.51.

5 Abreviaturas

En esta Recomendación se utilizan las siguientes siglas.

CATV	Televisión por cable (<i>cable television</i>)
CWDM	Multiplexación por división aproximada en longitud de onda (<i>coarse wavelength division multiplexing</i>)
DWDM	Multiplexación por división en longitud de onda densa (<i>dense wavelength division multiplexing</i>)
FTTH	Fibra a la vivienda (<i>fibre to the home</i>)
OLT	Terminal de línea óptica (<i>optical line terminal</i>)
ONU	Unidad de red óptica (<i>optical network unit</i>)
WDM	Multiplexación por división en longitud de onda (<i>wavelength division multiplexing</i>)

6 Características de la arquitectura de la red de acceso

Para seleccionar o diseñar una red óptica de acceso para la FTTH, las empresas de telecomunicaciones deberán considerar en primer lugar:

- 1) la escalabilidad (número de fibras terminadas, longitud total de la fibra de la red, etc.);
- 2) la robustez (seguridad, sistema de supervisión, etc.);
- 3) la funcionalidad (velocidad binaria, distancia de transmisión, etc.);
- 4) los costos de construcción y mantenimiento;
- 5) la mejora de la red óptica (aumento de la capacidad de transmisión, aumento de la longitud de transmisión, aumento del número de clientes, incluida la demanda futura).

A partir de los requisitos de la red óptica de acceso de cada región, las empresas de telecomunicaciones seleccionarán y utilizarán, en el momento de diseñar o construir una red óptica de acceso, una o más de las siguientes arquitecturas, de acuerdo con las características reales.

6.1 Red punto a punto

En la figura 1 se muestra la configuración básica de una red punto a punto. Este tipo de red distribuye una o más fibras individualmente desde una OLT en una central a una ONU en las casas individuales, edificios de apartamentos u oficinas. Por consiguiente, se instalan y distribuyen un gran número de fibras desde la central hasta los usuarios. Esta configuración se caracteriza por una baja atenuación óptica y es la que permite que exista una mayor distancia entre la central y los usuarios. Además, puede resultar adecuada para usuarios que requieran un gran ancho de banda y/o seguridad.

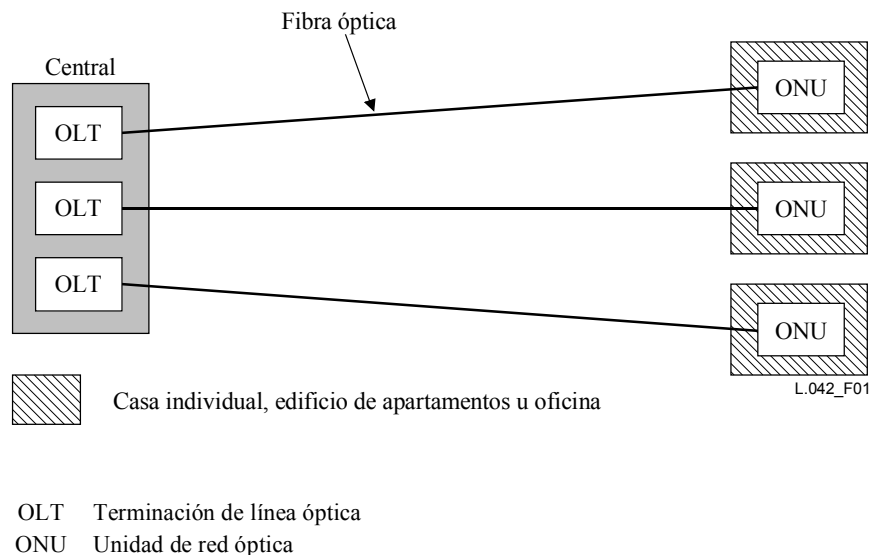
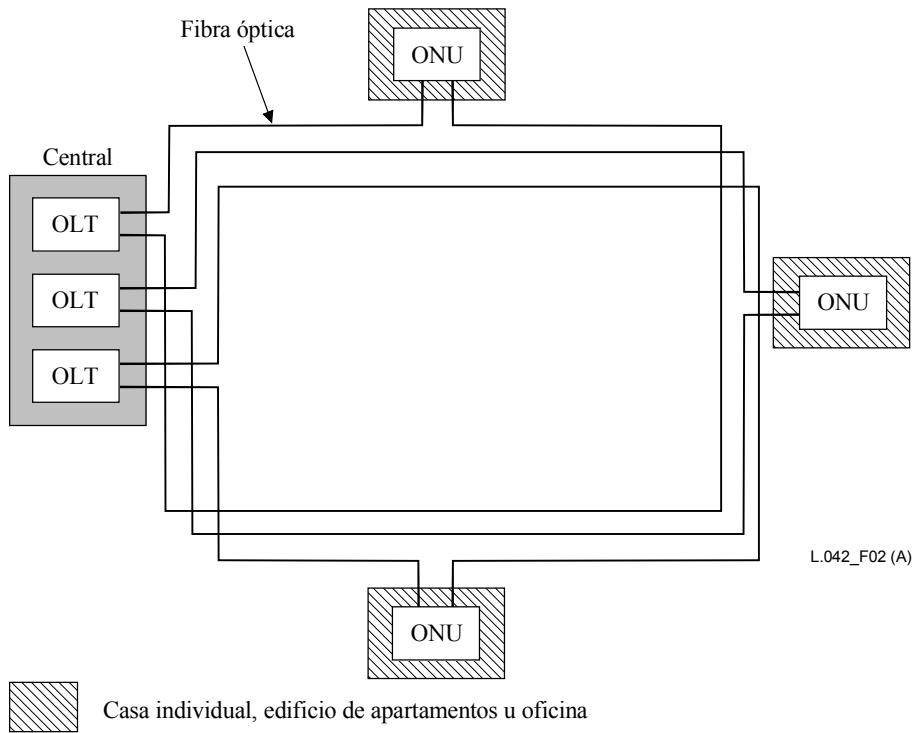


Figura 1/L.42 – Red punto a punto

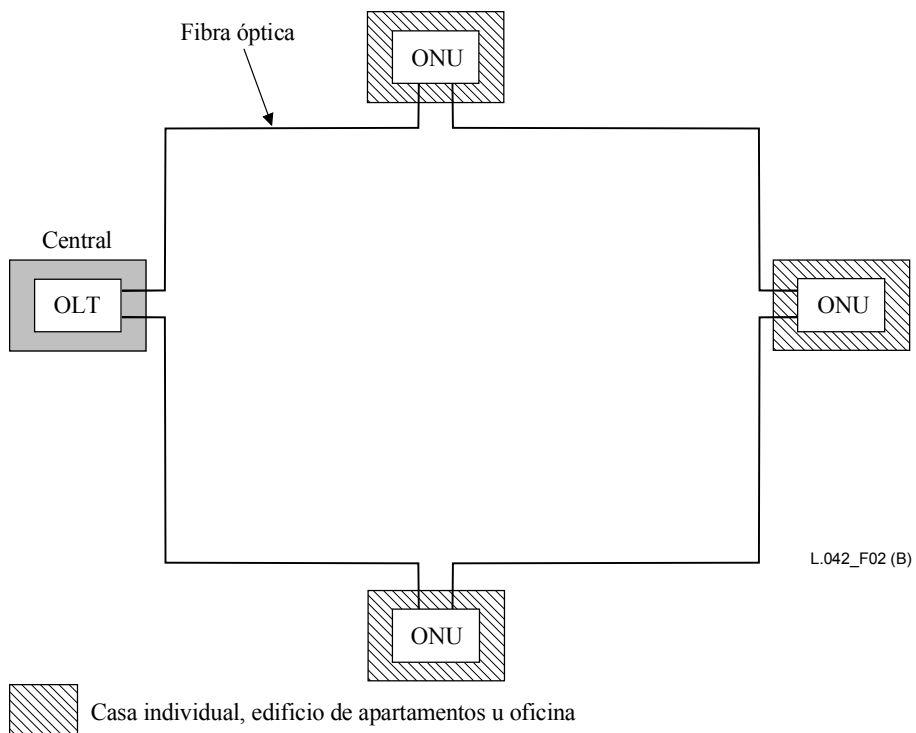
6.2 Red anular

En la figura 2 se muestra la configuración anular básica. Este tipo de red comienza y termina en la misma central y distribuye dos o más fibras a las ONU en casas individuales, edificios de apartamentos u oficinas. Por consiguiente, en las redes anulares punto a punto que se muestran en la figura 2a, se instalan y distribuyen un gran número de fibras desde la central hasta los clientes. Por el contrario, en las redes anulares múltiples que se muestran en la figura 2b, puede reducirse el número de fibras distribuidas con respecto a la red anular punto a punto. Las ventajas de la red anular son su gran fiabilidad y fácil mantenimiento para el encaminamiento alternativo.



OLT Terminación de línea óptica
 ONU Unidad de red óptica

Figura 2a/L.42– Red anular (punto a punto)



OLT Terminación de línea óptica
 ONU Unidad de red óptica

Figura 2b/L.42 – Red anular (múltiple)

6.3 Red punto a multipunto

En la figura 3 se muestra la configuración básica de una red punto a multipunto. La principal característica de este tipo de red es que se sitúa un componente de derivación (de fibra óptica) o un nodo activo entre una OLT y varias ONU. La ubicación donde se instalan los componentes de derivación (de fibra óptica) o los nodos activos es el elemento más importante del diseño y la construcción de este tipo de red. Además, pueden utilizarse dos tipos de componentes de derivación (de fibra óptica) en este tipo de red. El primero dispone de un multiplexador y demultiplexador en longitud de onda; el segundo, no. Un componente de derivación (de fibra óptica) sin multiplexador y demultiplexador en longitud de onda aumenta la pérdida por inserción y reduce la distancia de transmisión a medida que se aumenta el número de derivaciones. Por el contrario, los componentes de derivación (de fibra óptica) con multiplexador y demultiplexador en longitud de onda se utilizan principalmente en los sistemas WDM (multiplexación por división en longitud de onda). En este caso la pérdida por inserción no aumenta mucho, pero resulta difícil controlar y gestionar la longitud de onda a medida que se aumenta en el número de derivaciones.

Cuando se instala en una central un componente de derivación (de fibra óptica), al menos una de las fibras conecta la central y la casa individual, edificio de apartamentos de oficina del cliente. Por consiguiente, se instalan y distribuyen un gran número de fibras desde la central. Además, los componentes de derivación (de fibra óptica) no tienen efectos medioambientales dañinos, puesto que se instalan dentro de la central.

Por otro lado, puede instalarse un componente de derivación (de fibra óptica) en un recinto o armario de la planta exterior o del edificio del usuario. En estos casos, se puede reducir el número de fibras entre la OLT y el componente de derivación (de fibra óptica). No obstante, en este caso el impacto medioambiental de los componentes de derivación (de fibra óptica) es más grave al estar ubicados en la planta exterior o en los muros exteriores del edificio o vivienda.

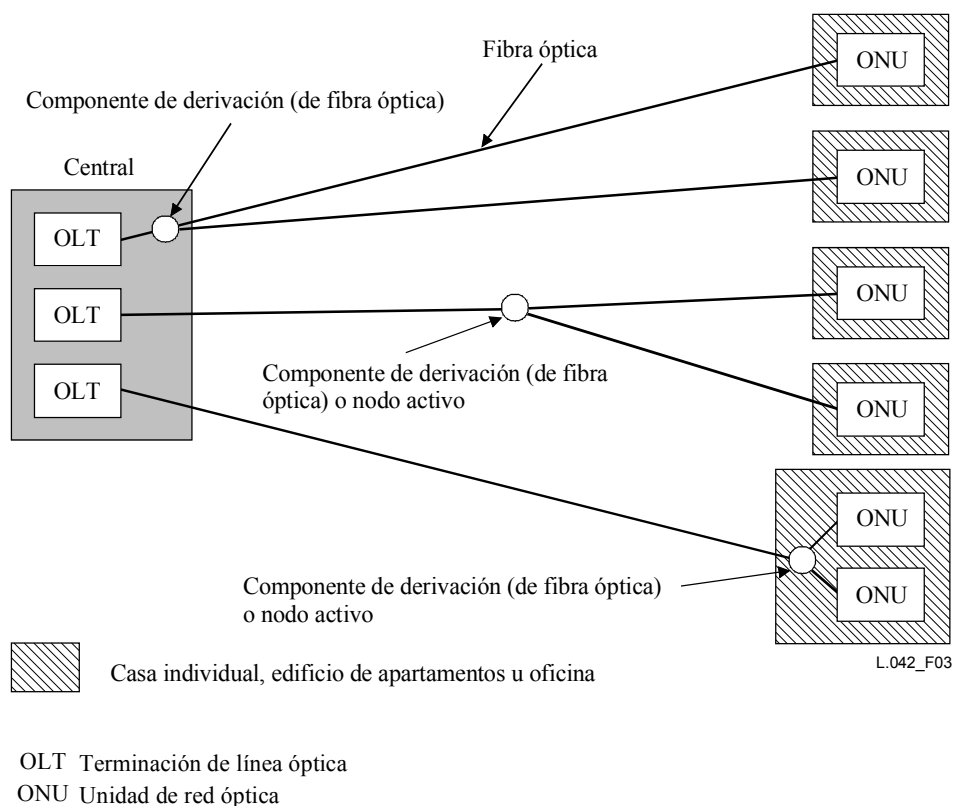


Figura 3/L.42 – Red punto a multipunto (con 2 derivaciones)

7 Métodos de distribución de la fibra óptica en la planta exterior

Factores tales como las condiciones geográficas, la densidad de población, la demanda futura de fibra, etc. difieren de una región a otra. Por consiguiente, las empresas de telecomunicaciones deberán decidir, basándose en estos factores, qué método de distribución de fibra óptica utilizan para que el sistema resulte rentable y eficaz.

8 Mejora de la red óptica

Cuando la capacidad de transmisión, la longitud de transmisión y/o el número de clientes aumenten, resultará necesario mejorar la red óptica. En ese momento, las empresas de telecomunicaciones deberán considerar los puntos que se exponen en el cuadro 1 para seleccionar el método adecuado de mejora de la red.

Cuadro 1/L.42 – Método de mejora de la red

	Red punto a punto	Red anular	Red punto a multipunto
Aumento de la capacidad de transmisión	<ul style="list-style-type: none">• Utilizar un sistema de mayor velocidad binaria• Utilizar un sistema WDM (CWDM, DWDM)		
Aumento de la longitud de transmisión	<ul style="list-style-type: none">• Reducir el número de empalmes de fibra óptica utilizando, por ejemplo, las técnicas de fibras por aire comprimido• Utilizar un amplificador de fibra óptica		<ul style="list-style-type: none">• Reducir el número de empalmes de fibra óptica utilizando, por ejemplo, las técnicas de fibra por aire comprimido• Utilizar un sistema WDM. (Utilizar un componente de derivación (de fibra óptica) con multiplexador y demultiplexador en longitud de onda.)• Reducir el número de derivaciones o transformar la red en una red punto a punto• Utilizar un amplificador de fibra óptica
Aumento del número de clientes	<ul style="list-style-type: none">• Pasar a una red punto a multipunto e incrementar el número de derivaciones• Instalar un nuevo cable	<ul style="list-style-type: none">• Instalar un nuevo cable	<ul style="list-style-type: none">• Incrementar el número de derivaciones• Instalar un nuevo cable

En el caso de las redes anulares múltiples y las redes punto a multipunto, la mejora de la red óptica deberá repercutir en todos los clientes conectados simultáneamente a una OLT.

9 Calidad de funcionamiento de la transmisión óptica en la red óptica de acceso

Deberán diseñarse las rutas de la red óptica de acceso para cumplir los requisitos de calidad de funcionamiento de la red óptica de acceso (gama de atenuación, atenuación por reflexión, dispersión, etc.) descritas en las Recomendaciones UIT-T G.982, G.983.1 a G.983.8 o G.984.1.

NOTA – El cálculo de la atenuación óptica de la red total se hará de conformidad con la Rec. UIT-T G.982.

10 Componentes ópticos

La red está compuesta principalmente por componentes ópticos que incluyen un cable de fibra óptica monomodo, componentes ópticos pasivos como los componentes de derivación (de fibra

óptica), y empalmes de fibra óptica (empalmes de fusión, empalmes mecánicos, conectores de fibra óptica).

La calidad de funcionamiento de estos componentes ópticos puede verse afectada por condiciones medioambientales como la temperatura, la humedad y condiciones mecánicas, y ha de tenerse en cuenta que el entorno diferirá de una región a otra. Por consiguiente, los componentes han de diseñarse y seleccionarse para funcionar en las condiciones reales concretas. Además, ataques biológicos pueden provocar fallos de los componentes, por lo que deberán estar protegidos del posible daño que puedan sufrir en condiciones medioambientales especiales.

Además, todos los componentes deberán conformarse a las Recomendaciones que se mencionan a continuación.

10.1 Cable de fibra óptica

En lo que concierne a los cables de fibra óptica monomodo, éstos deben ser conformes con las Recomendaciones UIT-T L.10, L.26 o L.43, y, por regla general, la fibra debe conformarse a la Rec. UIT-T G.652.

10.2 Empalme de fibra óptica

Generalmente se utilizan tres métodos distintos para empalmar fibras ópticas: los empalmes por fusión, los empalmes mecánicos y los conectores de fibra óptica. Las características de los empalmes por fusión y mecánicos deben ajustarse a Recomendaciones UIT-T G.671 y L.12. Los conectores de fibra óptica se seleccionarán teniendo en cuenta lo prescrito en las Recomendaciones UIT-T G.671 y L.36.

En el caso de la transmisión de televisión por cable analógica, deberá prestarse atención a la atenuación por reflexión en el conector óptico para cumplir los requisitos del sistema.

Cuando la distancia de transmisión esté limitada por la atenuación óptica total de una red con muchos empalmes de fibra óptica, el diseño deberá reducir el número de empalmes utilizando, por ejemplo, la técnica de la fibra por aire comprimido.

10.3 Otros componentes ópticos

1) *Componente de derivación (de fibra óptica)*

Cuando se diseña una red punto a multipunto, se utiliza un componente de derivación (de fibra óptica) con o sin multiplexador y demultiplexador en longitud de onda. El componente de derivación (de fibra óptica) divide la señal óptica de las fibras entrantes hacia una o más fibras de salida. La calidad de funcionamiento óptica del componente de derivación (de fibra óptica) deberá ser conforme con las Recomendaciones UIT-T G.671 y L.37.

Cuando en el componente de derivación (de fibra óptica) quede un puerto sin utilizar y la atenuación por reflexión en ese puerto sea pequeña, será necesario incrementar la atenuación por reflexión utilizando un método de terminación adecuado con el fin de cumplir con los requisitos del sistema.

2) *Amplificador óptico*

Un amplificador óptico compensa la atenuación óptica de, por ejemplo, el componente de derivación (de fibra óptica). La calidad de funcionamiento del amplificador óptico deberá ajustarse a las Recomendaciones UIT-T G.662 y L.50.

3) *Atenuador óptico*

Es necesario utilizar un atenuador óptico con atenuación fija o variable para ajustar los balances de potencia ópticos a las gamas requeridas. La calidad de funcionamiento del

atenuador (de fibra óptica) deberá ser conforme con las Recomendaciones UIT-T G.671 y L.31.

4) *Compensador de dispersión pasivo*

Puede resultar necesario recurrir a un compensador de dispersión pasivo para compensar la dispersión cromática de un trayecto óptico que utiliza regiones de longitud de onda muy amplias y una alta velocidad, además de una transmisión a larga distancia. El compensador de dispersión pasivo se ajustará a lo prescrito en la Rec. UIT-T G.671.

5) *Filtro óptico*

Puede resultar necesario utilizar un filtro óptico para que la región de longitud de onda requerida de un servicio acepte y rechace otras longitudes de onda del servicio o longitudes de onda de prueba ópticas dentro de una red. La respuesta espectral del filtro puede darse en regiones muy amplias o muy estrechas de longitud de onda dependiendo de la aplicación. La calidad de funcionamiento del filtro óptico deberá ajustarse a la Rec. UIT-T G.671.

6) *Repartidores ópticos (ODF, optical distribution frames)*

Un repartidor óptico, que puede contener y a la vez proteger las fibras ópticas y los componentes ópticos pasivos, y encaminar y almacenar los rabillos de fibras en interiores, se necesita para unir los cables en el extremo de la cubierta. Deberán tenerse en cuenta los requisitos de la Rec. UIT-T L.50 en lo que concierne a la calidad de funcionamiento del repartidor óptico.

11 Sistema de mantenimiento, supervisión y prueba de la red óptica

En la Rec. UIT-T L.40 se describe el sistema de mantenimiento, supervisión y prueba de una red óptica, en el caso de una red punto a punto o punto a multipunto con componentes de derivación (de fibra óptica) en una central. La longitud de onda de mantenimiento se seleccionará de acuerdo con la Rec. UIT-T L.41.

Cuando se utilice una red anular o una red punto a multipunto con componentes de derivación (de fibra óptica) o un nodo activo en la planta exterior o en una casa individual, edificio de apartamentos u oficina, el sistema de mantenimiento, supervisión y prueba de la red óptica será el que se describe en la Rec. UIT-T L.53. La longitud de onda de mantenimiento se seleccionará de conformidad con la Rec. UIT-T L.41.

12 Suministro de energía eléctrica

Habrà de seleccionarse el suministro de energía eléctrica y las baterías de reserva de una ONU teniendo en cuenta la proporción de interrupciones del suministro eléctrico comercial, el costo que supone recurrir a estos proveedores y el tiempo de reparación de fallos, según se describe en la Rec. UIT-T L.44.

13 Seguridad

13.1 Seguridad eléctrica

Deberán tenerse en cuenta las prescripciones sobre seguridad eléctrica de la Rec. UIT-T K.51 y de CEI 60950.

13.2 Seguridad óptica

Deberán tenerse en cuenta las prescripciones sobre seguridad óptica de la Rec. UIT-T G.664 y de CEI 60825.

Apéndice I

Experiencia de Brasil

Ejemplo de arquitectura de la red óptica de acceso

I.1 Introducción

En este apéndice se muestra un ejemplo de arquitectura de red anular con nodos ópticos como material suplementario a esta Recomendación.

I.2 Alcance

Las redes ópticas de acceso (OAN, *optical access networks*) se están acercando al usuario final utilizando arquitecturas de red basadas ampliamente en los sistemas SDH. Las soluciones basadas en paquetes están ganando popularidad gracias a Ethernet en las tecnologías de la primera milla, por oposición a las redes ópticas pasivas ATM. Se prevé incluso en un futuro próximo la comercialización de la tecnología óptica de paquetes gracias a los ensayos en laboratorio y sobre el terreno que se están llevando a cabo.

A continuación se presenta una propuesta de arquitectura de nodos y red innovadora para las redes ópticas de acceso con la que se pretende establecer un enlace entre las topologías anulares de fibra existentes y los sistemas ópticos de paquetes futuros, permitiendo una transición económicamente atractiva.

I.3 Modelo propuesto

En la figura I.1 se presenta un modelo esquemático. Se supone que los nodos de red tienen conmutación óptica de paquetes (OPS, *optical packet switching*), aunque en general no es necesario. Esta solución también se aplica a la conmutación de ráfagas. El tráfico de red se genera en cualquier nodo y se encamina hacia cualquier otro nodo, donde también puede extraerse. Las direcciones de nodo vienen dadas por las cabeceras de paquete o de ráfaga en los dominios de código temporal o frecuencia. Desde este punto de vista, la OLT es equivalente a cualquier ONU.

Por otro lado, la interconexión a la red de servicio se hace exclusivamente a través del nodo OLT, que de este modo se considerará de jerarquía superior y puede tener las funciones de una OTN (Rec. UIT-T G.872).

Los nodos están formados por conmutadores ópticos rápidos (que funcionan en μ s o velocidades incluso superiores) y circuitos electrónicos para el reconocimiento de cabeceras, control de conmutadores, encaminamiento de paquetes/ráfagas. Los nodos completamente ópticos presentan paquetes/ráfagas ópticos a la ONU, que convertirá y procesará el contenido de la cabida útil junto con la función de adaptación correspondiente. La función de adaptación (AF, *adaptation function*) es lo que hace a la red transparente frente a las distintas velocidades y formatos elegidos por los usuarios. Se entiende que ésta es una solución para redes de gran capacidad, con al menos una anchura de 1 Gbit/s digital por nodo. La conmutación de paquetes/ráfagas se caracteriza por una latencia muy baja y una pérdida de paquetes extremadamente pequeña, de acuerdo con los requisitos de las redes de gran capacidad. Pueden encontrarse más detalles al respecto en las referencias que se enumeran más adelante.

La protección del tráfico y la capacidad de supervivencia del servicio requerirán, no obstante, una arquitectura más detallada de la bidireccionalidad, teniendo en cuenta que el flujo de tráfico de paquetes/ráfagas necesario para el adecuado funcionamiento de la conmutación óptica es intrínsecamente unidireccional.

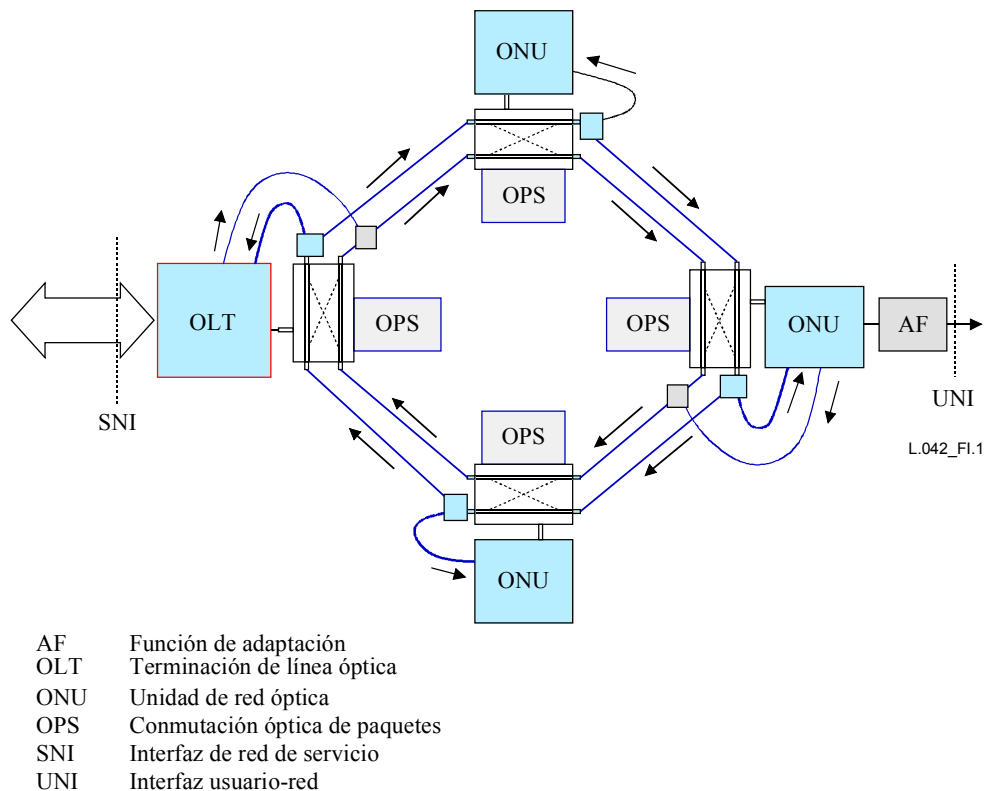


Figura I.1/L.42 – Red óptica de acceso con topología angular con funciones de inserción, extracción y encaminamiento totalmente ópticas

I.4 Exposición y resultados

La presente propuesta se ha probado en prototipos de laboratorio y simulaciones informáticas y se han obtenido unos resultados coherentes y adaptables. Un nodo de red con funciones de inserción/extracción, conmutación y encaminamiento se aplicó obteniendo una calidad de funcionamiento de conmutación de paquetes y encaminamientos sin pérdidas. Las medidas de BER sobre la integridad de la cabida útil ha dado resultados mejores que 10^{-12} utilizando PRBS ($2^{23} - 1$). La simulación del tráfico de red, utilizando tanto paquetes como ráfagas, y nodos ópticos sin memoria intermediaria de 2×2 , y encaminamiento de reflexión para evitar la colisión de paquetes, ha dado como resultado una muy baja pérdida de paquetes ($<10^{-6}$) en redes de 4, 8 y 16 nodos.

Estos resultados deben interpretarse para basarse en ellos y proceder al perfeccionamiento y mejora de las funcionalidades de la red óptica, promoviendo nuevos conceptos en el diseño de la red para aumentar la rentabilidad y la flexibilidad del servicio.

I.5 Conclusiones

Además, al anticipar el encaminamiento y la conmutación óptica de paquetes, se tienen en cuenta nuevos paradigmas del diseño de red. Por ende, se explora más a fondo el enorme potencial de las fibras ópticas y los sistemas WDM para las redes de acceso.

Referencias

- [I-1] CHIARONI (D): Status and Applications of Optical Packet Switching, paper WeM.1, *ECOC'2001*, Amsterdam, septiembre de 2001.
- [I-2] BLUMENTHAL (D.J.): Photonic Packet and All-Optical Label Switching Techniques and Technologies, paper WO3, *OFC'2002*, Anaheim, USA, marzo de 2002.

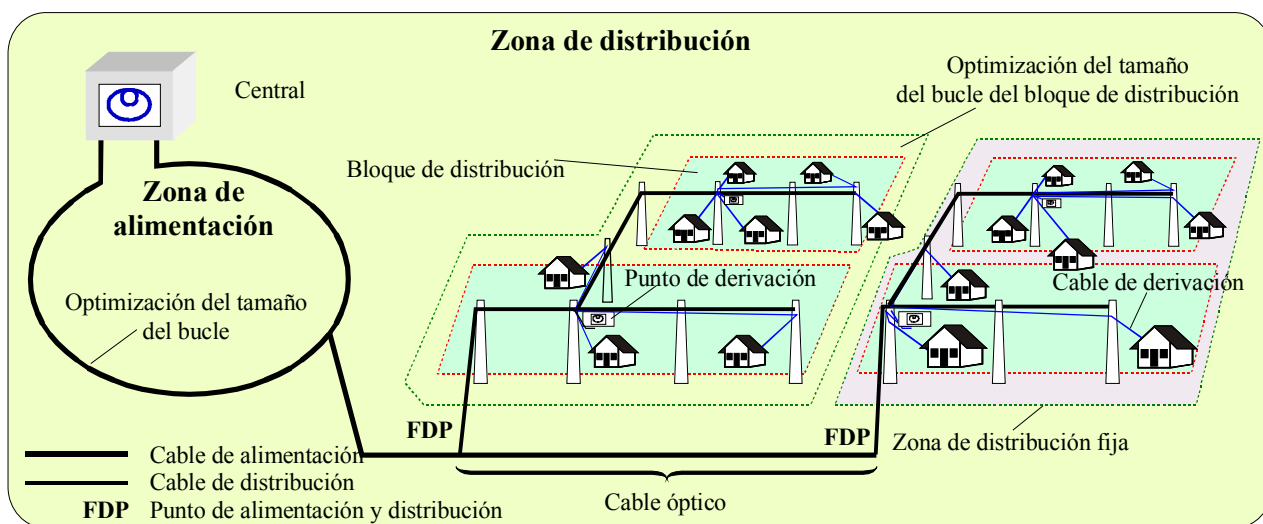
- [I-3] BARBOSA (F.R.), SACHS (A.C.), FERREIRA (R.S.), FURTADO (M.T.): New Photonic System for Optical Packet Switching, *6th World Multiconference on Systemics, Cybernetics and Informatics – SCI'2002*, Orlando FL, USA, julio de 2002.
- [I-4] Ericsson Telecom AB, Apparatus, Method and System for Optical Packet Switching using Frequency Headers, *International Patent Application PCT/BR02/00015*, Munich, febrero de 2002.
- [I-5] BONANI (L.H.), FURTADO (M.T.), SACHS (A.C.), MOSCHIM (E.), YAMAKAMI (A.): Non-Uniformly Distributed Traffic in Optical Networks with Optical Packet Switching Functionalities, *Brazilian Symposium on Microwaves and Optoelectronics – SBMO'2002*, Recife, Brasil, agosto de 2002.

Apéndice II

Experiencia de Japón

Breve resumen de las tecnologías de diseño estructural de la red óptica de acceso

Los servicios de comunicación basados en la fibra óptica en Japón han aumentado rápidamente en los últimos años. El método de diseño de la red de fibra óptica es importante en la medida en que constituye los cimientos sobre los que se construye la red de fibra óptica. Para cumplir con la demanda óptica, pequeña y dispersa en las primeras etapas, es necesario hacer funcionar un número determinado de instalaciones de manera eficaz. En la figura II.1 se muestra la configuración de la red óptica de acceso en Japón.



L.042_Fil.1

Figura II.1/L.42 – Configuración de la red óptica de acceso

Los cables de alimentación se instalan en un túnel o conducto de cables, ubicado entre la central y el punto de alimentación y distribución (FDP) de la zona de alimentación. El cable de distribución, que se instala principalmente entre postes de telecomunicaciones, está conectado al cable de alimentación y se distribuye desde el FDP a los puntos de derivación cercanos a las zonas residenciales. La central cubre una determinada zona, que se divide en un número de zonas de

distribución fija de tamaño adecuado. Cada zona de distribución fija se divide en varios bloques de distribución, dependiendo de la demanda, utilizando la fibra óptica.

En el marco del diseño estructural de la red de acceso óptico, deben examinarse dos elementos concretos de las zonas de alimentación y distribución.

- 1) Optimización del tamaño del bucle
- 2) Optimización del tamaño del bloque de distribución

II.1 Optimización del tamaño del bucle (zona de alimentación)

La "distribución en bucle" se compone de un cable que sale de la central, toma una ruta circular y vuelve al punto de origen. Este tipo de configuración puede hacer que la fibra óptica vaya en dos direcciones diferentes para responder a la fluctuación de la demanda, siendo así una configuración más flexible que la "distribución en estrella". No obstante, no sólo la distribución en bucle responde mejor a las modificaciones de la demanda, sino que también permite la reparación de las averías más rápidamente al conmutar los caminos en dirección opuesta, incluso en líneas que requieren un alto grado de fiabilidad. Por ello, se ha empleado la distribución en bucle en las rutas de la zona de alimentación, por ejemplo, en grandes zonas metropolitanas, donde se encuentran la mayoría de las líneas principales.

Este tipo de distribución se está utilizando actualmente para conectar las rutas de los usuarios eficazmente en zonas donde se está instalando o se ha instalado la fibra óptica. De este modo, se han construido bucles de varios tamaños. Sin embargo, no puede decirse que esos bucles sean siempre la configuración de equipo más económica al adoptar la fibra óptica. Por consiguiente, al considerar toda la zona servida por una central, se están investigando las mejores configuraciones de distribución en bucle que se utilizarán en el futuro, y se está probando su eficacia utilizando modelos y simulaciones basados en las redes actuales.

II.2 Optimización del tamaño de la zona de derivación al cliente (zona de distribución)

Una zona de distribución se divide en diversos bloques de distribución, dependiendo de la demanda, utilizando la fibra óptica. La derivación se sitúa en el bloque de distribución. Los abonados de un mismo bloque reciben el servicio desde la misma derivación, como se muestra en la figura II.2.

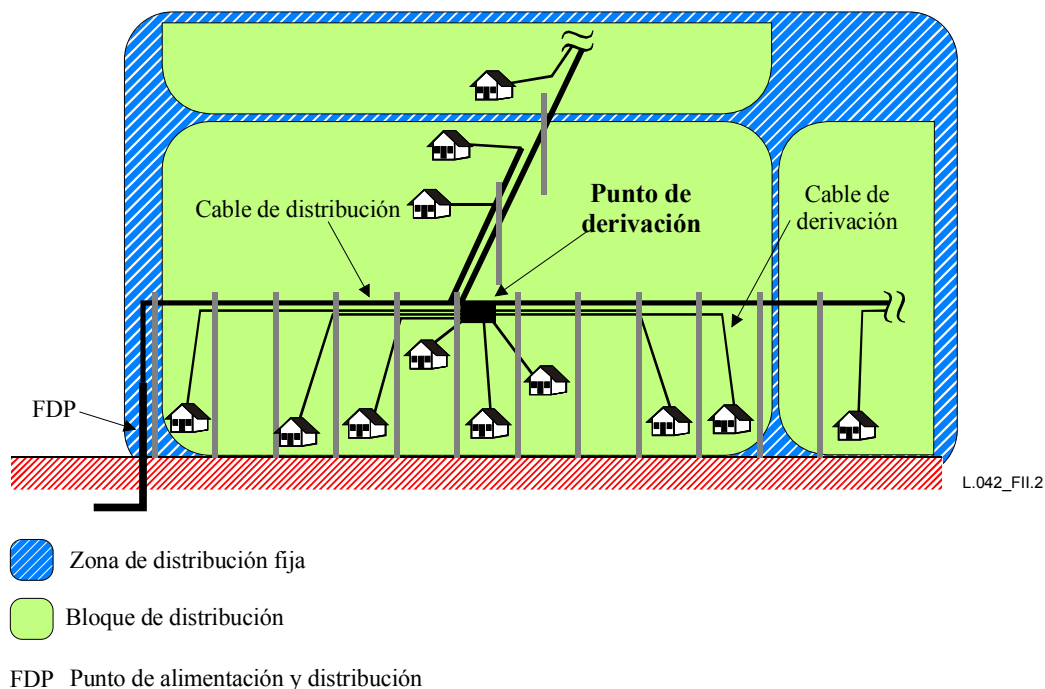
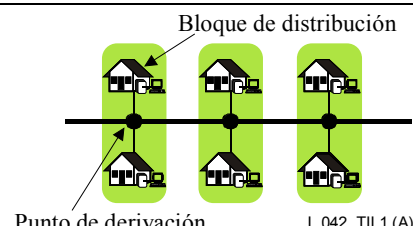
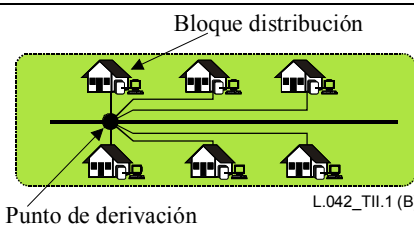


Figura II.2/L.42 – Configuración del bloque de distribución

El tamaño óptimo del bloque de distribución dependerá del costo mínimo de construcción entre un punto de alimentación y un abonado. Cuando existen muchos bloques de distribución y el número de puntos de derivación aumenta, el costo de construcción entre el punto de alimentación y el abonado es demasiado elevado para que puedan utilizarse recintos de cables de derivación y de distribución de alto grado. No obstante, cuando hay pocos bloques de distribución y disminuye el número de puntos de derivación, el costo de construcción entre un punto de alimentación y el cliente es también demasiado elevado para poder instalar largos cables de derivación, como se muestra en el cuadro II.1. Por consiguiente, se está calculando el número de bloques de distribución en la zona de distribución necesarios para minimizar el costo de construcción entre el punto de alimentación y el abonado.

Cuadro II.1/L.42 – Diferencias según el tamaño del bloque de distribución

		Grande	Pequeño
		 <p>Bloque de distribución Punto de derivación L.042_TII.1 (A)</p>	 <p>Bloque distribución Punto de derivación L.042_TII.1 (B)</p>
Costo	a) Cable de derivación	Bajo	Alto
	b) Recinto de derivación	Alto	Bajo
	c) Cable de distribución	Alto	Bajo

Apéndice III

Experiencia de Corea

Métodos de distribución para el diseño de redes ópticas en zonas de acceso

Se han considerado cinco métodos de distribución, incluidos los métodos convencionales: distribución arborescente, distribución en bucle, distribución en interconexión, distribución en enlace y distribución arborescente sin reducción. Cada una de ellas tiene sus propias características y aplicaciones útiles y son el resultado de las simulaciones y ensayos realizados en Korea Telecom.

1) *Método de distribución arborescente*

Según este método, los cables de distribución se instalan simplemente dónde y cuándo se necesitan o se supone que se necesitarán. Así se reducen los costos de material e instalación. No obstante, este método es difícil de adaptar a la demanda inesperada y no resulta fácil restaurar los servicios en caso de fallo. Por este motivo, esta aplicación es muy eficaz en zonas desarrolladas o estables, tales como las zonas con urbanizaciones de apartamentos, especialmente cuando esta demanda se dispersa linealmente a lo largo de la ruta de distribución.

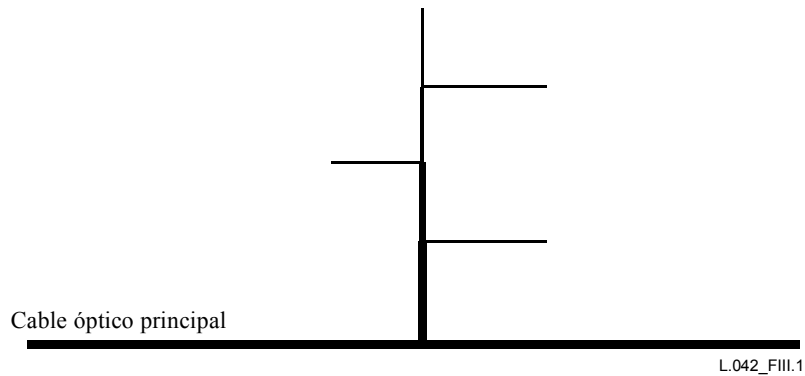


Figura III.1/L.42 – Método de distribución arborescente

2) *Método de distribución en bucle*

El método de distribución en bucle resulta rentable para las redes ópticas de distribución principalmente en zonas residenciales con una gran densidad de población, así como para las redes ópticas de alimentación. Este método puede emplearse en bloques residenciales formados por filas de casas y viviendas independientes distribuidas uniformemente en términos de la demanda. La demanda de servicios de alta velocidad, como Internet, procedente de usuarios en zonas residenciales está aumentando rápidamente, y este método tiene la ventaja de poder responder de manera flexible a esta demanda de las redes ópticas de distribución, aunque los costos de instalación son altos.

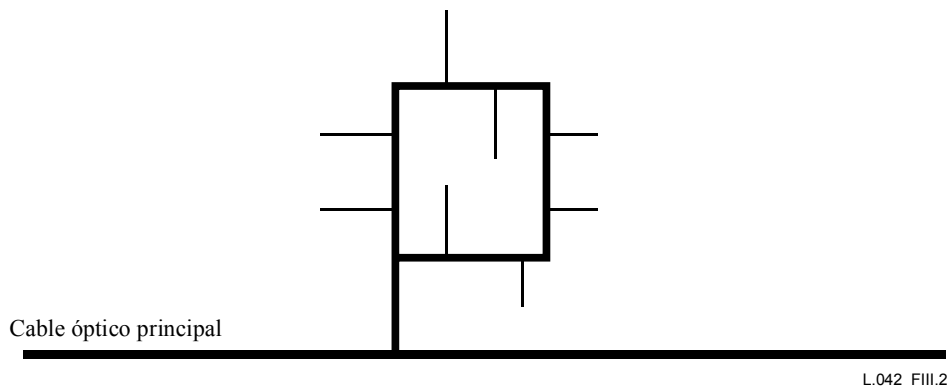


Figura III.2/L.42 – Método de distribución en bucle

3) *Método de distribución en interconexión*

El método de distribución en interconexión resulta muy útil en cuanto a su fiabilidad y capacidad para utilizar armarios de interconexión. Cuando han de instalarse nuevos cables para responder a la demanda creciente, esta instalación se hace fácil y eficazmente puesto que puede realizarse en el armario de interconexión que no está enterrado. No obstante, resulta difícil reservar espacio para los armarios de interconexión en las zonas de distribución y protegerlos del vandalismo. Este método se emplea también por su rentabilidad en zonas residenciales alejadas de las redes de alimentación.

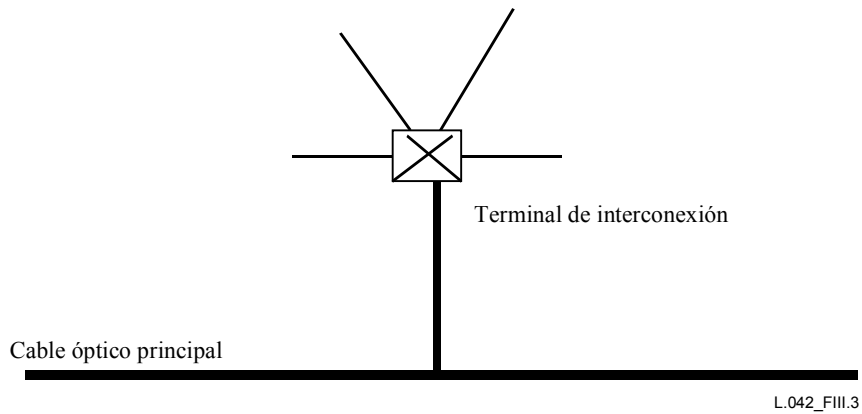


Figura III.3/L.42 – Método de distribución en interconexión

4) *Método de distribución en enlace*

Ante un incremento inesperado de la demanda pueden utilizarse los núcleos comunes de cualquier punto de distribución a los que están unidos. No obstante, si el número de cables de distribución enlazados aumenta, el costo del material, por ejemplo, de los cables de distribución aumentará igualmente. Por ello, el análisis de la rentabilidad indica que el número de cables de distribución enlazados más económico oscila entre 3 y 5. También este análisis sugiere que es el método más ventajoso para llevar a cabo ampliaciones de hasta un 15% en distancias cortas, a un radio de 1 km de las redes de alimentación, por oposición a la distribución arborescente y la distribución en interconexión. Por su relación con el número de núcleos de fibra óptica gestionados en un punto de distribución, este modelo resulta más económico a medida que se incrementan los núcleos. Por ello, este método es aplicable cuando resulta difícil instalar armarios de interconexión o en las zonas de distribución que se encuentran a menos de 1 km de las redes de alimentación.

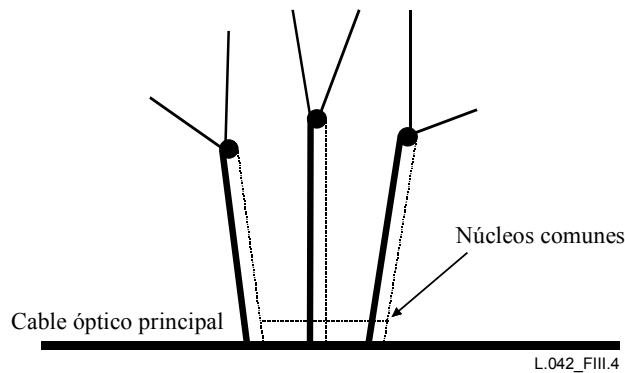


Figura III.4/L.42 – Método de distribución en enlace

5) *Método de distribución arborescente sin reducción*

El método de distribución arborescente sin reducción puede responder con más flexibilidad a la demanda que la distribución arborescente simple. De ser necesario, puede además ampliarse y transformarse en una distribución en bucle. Por ello, puede aplicarse en zonas en desarrollo donde la demanda no se ha estabilizado. La distribución en bucle y la distribución arborescente sin reducción son muy flexibles a la hora de adaptarse a la demanda inesperada, si no se utilizan armarios de interconexión.

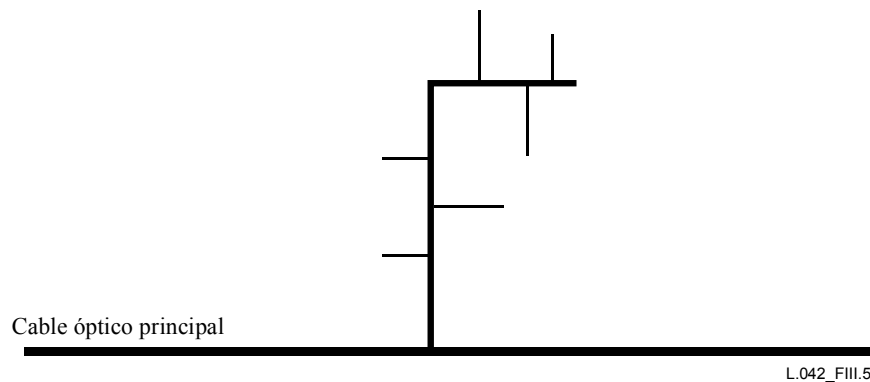


Figura III.5/L.42 – Método de distribución arborescente sin reducción

Además, si se selecciona y aplica un método de distribución adaptado al entorno local, pueden proporcionarse y utilizarse rápida y eficazmente núcleos de fibra óptica en el momento en que sea necesario. Por último, los métodos de distribución descritos y las directrices para las redes ópticas de distribución pueden aplicarse al diseño de redes ópticas para zonas de acceso donde se utilice, por ejemplo, la fibra hasta la vivienda.

III.1 Número y tamaño de bucles en la red de alimentación

La red de acceso está formada por una red de alimentación y una red de distribución. El costo de construcción de la red de acceso es el total de los costos de construcción de la red de alimentación y la red de distribución. Se supone que el número y tamaño óptimos del bucle de la red de alimentación se basa en la minimización del costo de construcción de la red de acceso. En los modelos y simulaciones que se muestran en la figura III.6 y en el cuadro III.1 se han encontrado algunas relaciones entre el número y el tamaño del bucle de la red de alimentación y el costo de construcción de la red de acceso. Como se ve en el cuadro III.1 puede haber una relación de compensación entre el costo de construcción de la red de alimentación y el costo de construcción de la red de distribución.

Se supone que la zona de servicio de la central (CO, *central office*) y el bucle de alimentación tienen forma cuadrada y la central está ubicada en el centro de la zona de servicio. En el modelo, se establece K , la longitud de un lado del bucle de alimentación (d) en relación con el lado (D) de la zona de servicio de la central para tener en cuenta el tamaño del bucle de alimentación, como se muestra en la figura III.7. En la figura III.8 se calculan los costos de construcción para algunas K y modelos seleccionados.

A medida que K aumenta, el costo de construcción de la red de alimentación aumenta y disminuye el costo de construcción de la red de distribución. De acuerdo con la experiencia de Corea, se llegó a la conclusión de que el valor óptimo de K oscila entre 0,188 y 0,25, y que el número de bucles definitivos en servicio de una central varía entre 5 y 6. Como referencia, la zona de servicio media de las zonas urbanas de Corea es de 16 km^2 . Así, en este caso, la longitud óptima de un bucle de alimentación está entre 3 y 4 km.

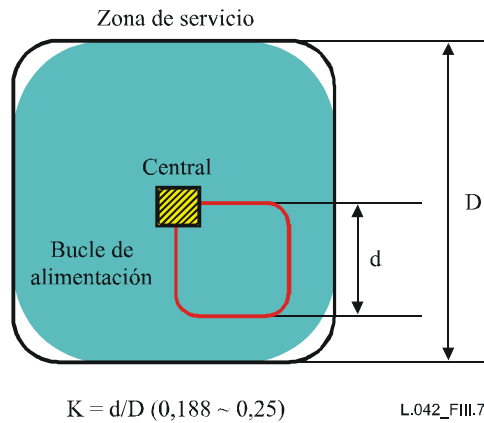


Figura III.7/L.42 – K es igual a la relación entre longitud de un lado del bucle de alimentación (d) y el lado (D) de la zona de servicio de la central

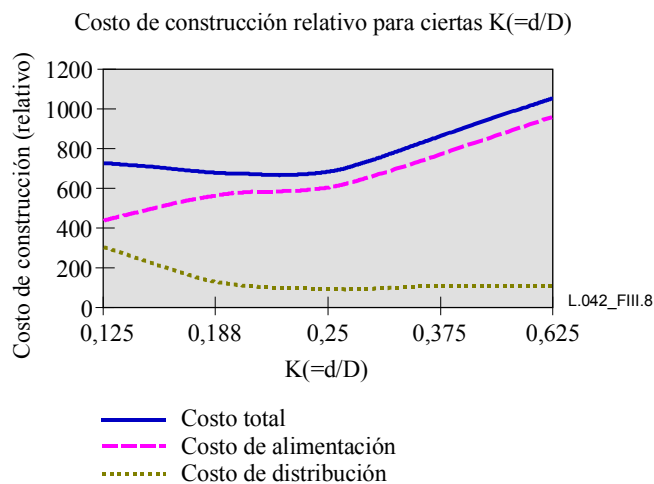


Figura III.8/L.42 – Costo de construcción relativo para algunas K seleccionadas (=d/D)

Apéndice IV

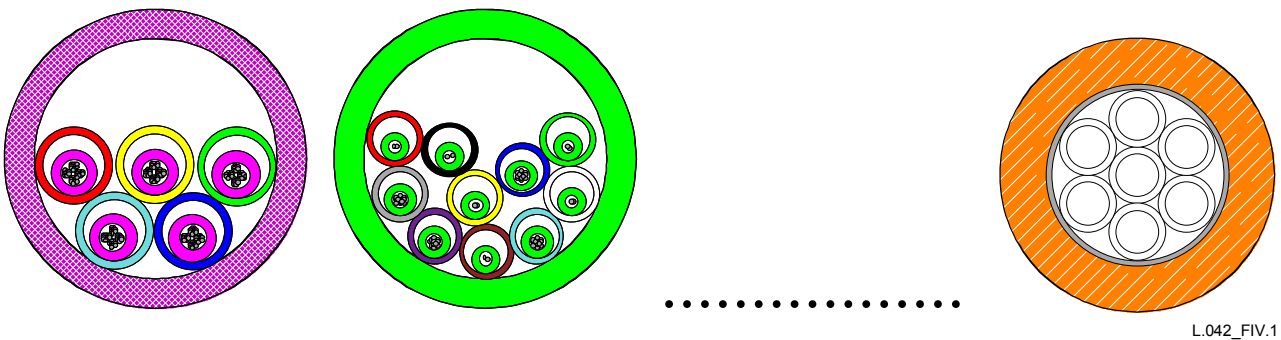
Experiencia de los Países Bajos

IV.1 Introducción

En la actualidad se tiende a utilizar la fibra óptica en los bucles locales. La tecnología de cableado óptico tradicional no puede cumplir los requisitos de las redes de acceso, ya que han de realizarse un gran número de empalmes y derivaciones para hacer llegar una conexión de la central local al cliente (problema que no existe en las redes de cobre). Existe una nueva generación de técnicas de cableado, basada en sistemas de microcables, fibras por aire comprimido y minitubos (o tubos guía) que superan estas limitaciones, pues ofrecen la posibilidad de hacer derivaciones sin realizar empalmes. Son extremadamente flexibles y pueden crecer con la demanda. Además, el (limitado) espacio de los conductos se utiliza mucho más eficazmente. Por regla general, solamente se usa, en un principio, una pequeña porción de las fibras instaladas. En este aspecto, la previsión es dinero. También pueden elegirse tecnologías de fibra modernas y en este apéndice se presentan soluciones para el cableado de las redes de acceso y algunas técnicas de instalación en conductos que pueden utilizarse al aplicarlas.

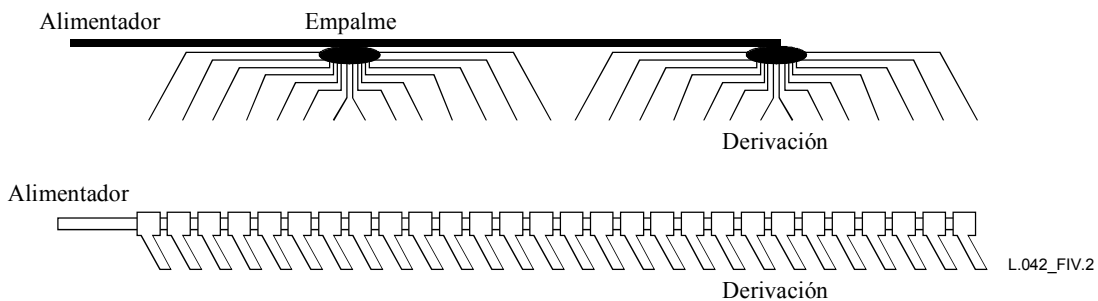
IV.2 Configuraciones del sistema minitubos

Estas técnicas consisten en haces, amplios o ceñidos, de pequeños tubos guía (véase la figura IV.1) que atraviesan una red de conductos protectores (polietileno, con un diámetro de 25 a 63 milímetros). El conducto principal es paralelo a la calle y los conductos más pequeños se derivan hacia los abonados (véase la figura IV.2). Se utilizan conexiones de derivación "de enganche" de bajo costo (véase la figura IV.3) o cajas de manipulación de tubos, que pueden instalarse en cualquier momento y lugar. Una vez conectados entre ellos los tubos guía elegidos mediante conectores simples de contacto, se crean trayectos individuales desde la central local o el punto de presencia (por ejemplo, los nodos primarios en la figura IV.5) hasta los clientes. En estos trayectos pueden instalarse con aire comprimido cables ópticos miniaturizados o unidades de fibra sin empalmes. Esta operación también puede realizarse con posterioridad, cuando el cliente solicite la conexión.



L.042_FIV.1

Figura IV.1/L.42 – Ejemplos de haces amplios de minitubos (a la izquierda y en el centro), para microcables con 24-60 y 2-24 fibras ópticas por minitubo, respectivamente) y haz ceñido de minitubos (a la derecha para fibras)



L.042_FIV.2

Figura IV.2/L.42 – Estructura de red con cableado tradicional (imagen superior) y con minitubos (imagen inferior)



L.042_FIV.3

Figura IV.3/L.42 – Conector de derivación de minitubos

IV.3 Redes de acceso utilizando el sistema de minitubos

Al construir redes ópticas de acceso con la tecnología tradicional, pueden sufrirse carencias de flexibilidad. Para empalmar un cable de derivación a un cable de alimentación es necesario reservar un segmento (corte de ventana) del cable de alimentación (véase la figura IV.4). Ello puede realizarse en posiciones fijas predeterminadas, de preferencia cercanas al usuario. El problema es que generalmente no se conoce a los usuarios con antelación. En la práctica, los nuevos usuarios suelen estar alejados de la ubicación de estos segmentos. Para evitar excavaciones a lo largo del trayecto de alimentación, se instalan otros tubos en paralelo. Se consume así mucho espacio en la trinchera y se invierte mucho dinero. También para evitar las excavaciones y una cantidad de empalmes excesiva en cada extensión de la tecnología tradicional, se requiere una instalación inicial de toda la longitud del cable de alimentación incluso más allá de la ubicación del primer cliente que pide la conexión.

Con el sistema basado en minitubos que se describe anteriormente, se soluciona este problema utilizando únicamente un conducto protector (del mismo tamaño que el cableado tradicional) con diversos tubos guía de pequeño tamaño, por lo que se ahorra espacio en la trinchera. Los usuarios pueden conectarse en cualquier momento y, si se utilizan conectores de derivación "de enganche", también en cualquier lugar. No es necesario hacer cortes de ventana se elimina de la red un nivel de empalmes (véase la figura IV.5). Además, tan sólo han de instalarse las fibras que se han solicitado y, en el caso que surjan nuevos clientes en zonas donde aún no se ha realizado la instalación, se puede enganchar simplemente una nueva sección permitiendo el paso de un nuevo cable sin tener que realizar un empalme.

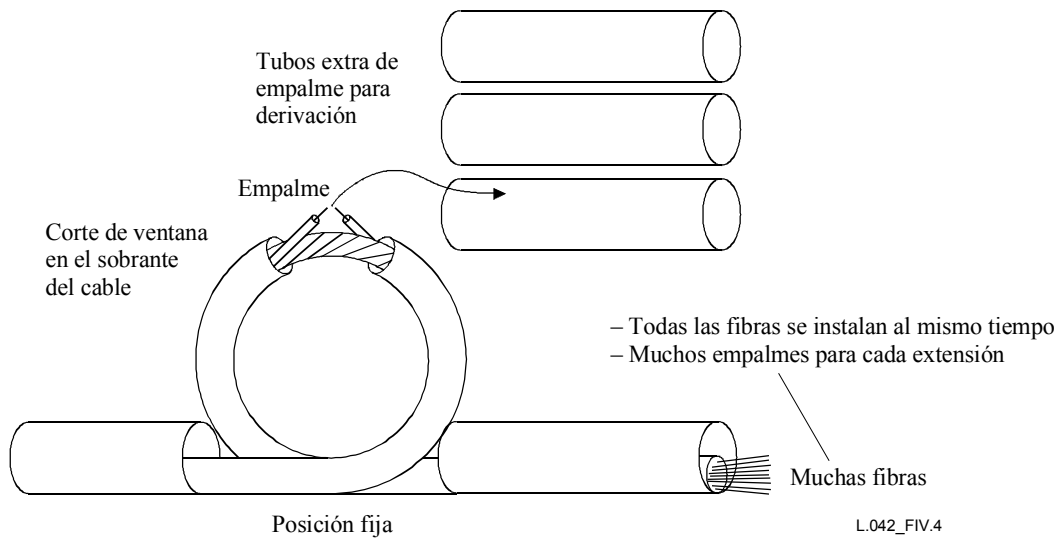


Figura IV.4/L.42 – Punto de empalme con sobrante de cable en el caso del cableado óptico tradicional

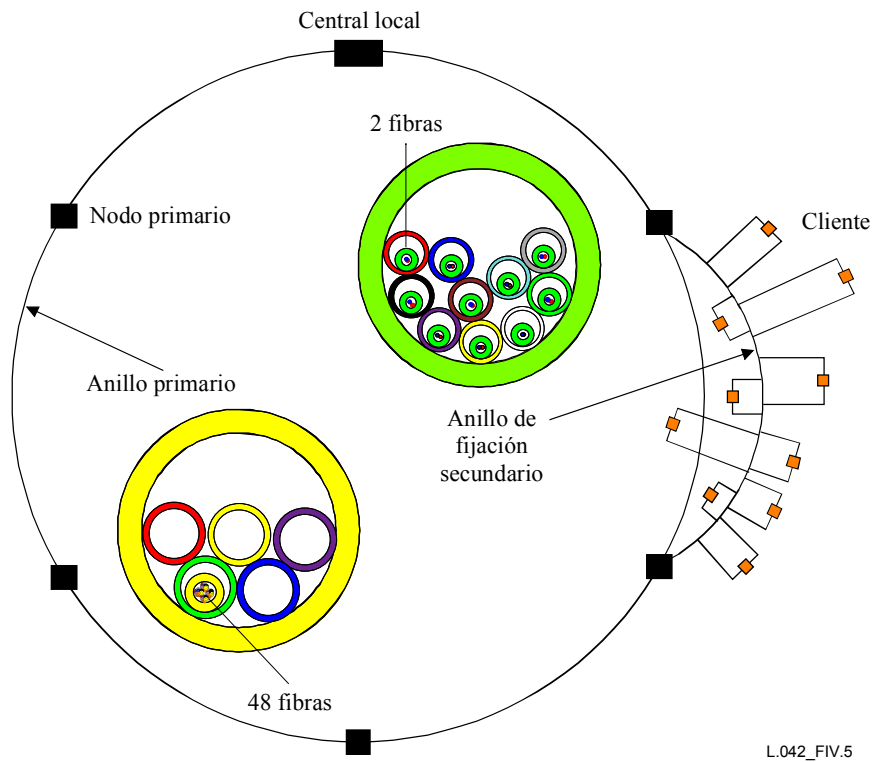


Figura IV.5/L.42 – Ejemplo de red redundante con cableado minitubos para clientes comerciales

SERIES DE RECOMENDACIONES DEL UIT-T

Serie A	Organización del trabajo del UIT-T
Serie B	Medios de expresión: definiciones, símbolos, clasificación
Serie C	Estadísticas generales de telecomunicaciones
Serie D	Principios generales de tarificación
Serie E	Explotación general de la red, servicio telefónico, explotación del servicio y factores humanos
Serie F	Servicios de telecomunicación no telefónicos
Serie G	Sistemas y medios de transmisión, sistemas y redes digitales
Serie H	Sistemas audiovisuales y multimedia
Serie I	Red digital de servicios integrados
Serie J	Redes de cable y transmisión de programas radiofónicos y televisivos, y de otras señales multimedia
Serie K	Protección contra las interferencias
Serie L	Construcción, instalación y protección de los cables y otros elementos de planta exterior
Serie M	RGT y mantenimiento de redes: sistemas de transmisión, circuitos telefónicos, telegrafía, facsímil y circuitos arrendados internacionales
Serie N	Mantenimiento: circuitos internacionales para transmisiones radiofónicas y de televisión
Serie O	Especificaciones de los aparatos de medida
Serie P	Calidad de transmisión telefónica, instalaciones telefónicas y redes locales
Serie Q	Conmutación y señalización
Serie R	Transmisión telegráfica
Serie S	Equipos terminales para servicios de telegrafía
Serie T	Terminales para servicios de telemática
Serie U	Conmutación telegráfica
Serie V	Comunicación de datos por la red telefónica
Serie X	Redes de datos y comunicación entre sistemas abiertos
Serie Y	Infraestructura mundial de la información, aspectos del protocolo Internet y Redes de la próxima generación
Serie Z	Lenguajes y aspectos generales de soporte lógico para sistemas de telecomunicación