

IMPLEMENTACIÓN Y VERIFICACIÓN DE UN ENLACE TODO-ÓPTICO DE BANDA ANCHA MEDIANTE FIBRAS ESPECIALES EN LA ÚLTIMA MILLA

Guillermo Lamadrid Perojo^(1,2), Miguel Alejandro Rodríguez Colmenares⁽¹⁾, Felix Fanjul Vélez⁽²⁾, Noe Ortega Quijano⁽²⁾, Irene Salas García⁽²⁾, Susana Camara⁽¹⁾, Jose Luis Arce Diego⁽²⁾
glamadrid@hotmail.com, susana.camara@b3cables.com, arcedj@unican.es

⁽¹⁾ B3Cable Solutions S.L. c/ Concha Espina s/n - 39600 Maliaño - Cantabria - Spain.

⁽²⁾ Grupo de Técnicas Ópticas Aplicadas. Dpto. TEISA. Universidad de Cantabria. Av. de los Castros s/n, 39005 Santander, España.

Abstract- A greenfield installation of an all-optical system that adjusts to the in force regulation in one-family housings is developed. The reproduction of the final section of the access network, it offers a spatial and descriptive vision of the configuration FTTH

The implantation in the last mile of the special fibers AllWave FLEX ZWP and AllWave Zero Water Peak (ZWP) with the external coating of B3CABLE SOLUTIONS is a highly satisfactory solution. The profile G.652 constitutes a notable solution for the distribution networks whereas the insensitive fiber to curvatures is positioned as suitable solution for the most demanding assaults from the physical point of view.

I. INTRODUCCIÓN

La aplicación de la tecnología PON para proveer una conexión de banda ancha en la red de acceso a casas, pequeños negocios o vecindarios, conocida como FTTx, tiene diversas vertientes y soluciones. Países como Estados Unidos o Japón, han visto reducida radicalmente la promoción de servicios ADSL por parte de sus operadores, en beneficio de sistemas de banda ancha basados en fibra óptica más atractivos desde el punto de vista comercial.

Las consideraciones que se toman en el diseño de la estructura de la red referente a la última milla, dependen en gran medida, de las características del cliente que se quiere abastecer y de si éste carece de red previa o bien se ha de reformar una existente.

En este artículo se presenta el desarrollo de la instalación *greenfield* de un sistema todo-óptico que se ajusta a la normativa vigente en viviendas unifamiliares [1]. La reproducción del tramo final de la red de acceso, ofrece una visión espacial y descriptiva de la configuración FTTH (*fiber-to-the-home*) y que en conjunción con los valores arrojados tras la probatura del enlace, evidencia la idoneidad de una de las soluciones propuestas.

II. DESCRIPCIÓN DE LA RED

La instalación sigue el esquema mostrado en la Fig. 1. La red de distribución, la cual se implementará con los perfiles de fibra que se ajustan a los estándares G.651, G.652 y G.657, es la sección del enlace todo-óptico que prolonga los cables

de la red de alimentación y que se distribuye por la zona anexa a la edificación. Este tramo de la red ha de ser único para cada tecnología de acceso, con total independencia del número de operadores que pudieran utilizarla para dar servicio. A través de la canalización principal enlaza con la red de dispersión en el punto de distribución óptico, cuya realización física es la caja de segregación (Fig. 2). Todos los elementos de la caja de segregación están diseñados de forma que se garantiza un radio de curvatura mínimo de 15 milímetros en el recorrido de la fibra óptica perteneciente al conexionado interior.

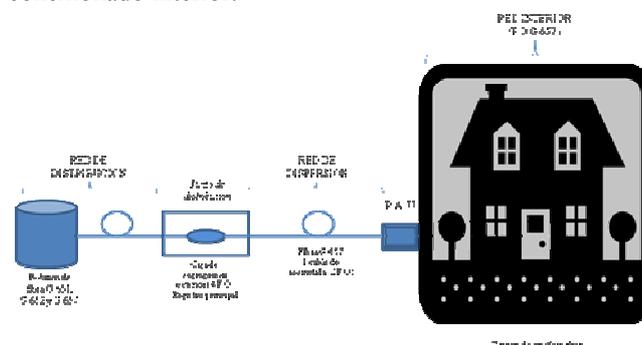


Fig. 1. Diseño del enlace todo-óptico

La red de dispersión está implementada con fibra óptica AllWave® FLEX ZWP Single-Mode Fiber de acometida exterior de B3CABLE SOLUTIONS S.L., la cual presenta un comportamiento idóneo cuando se somete la estructura de guiado a condiciones climáticas y/o físicas adversas [2]. Este tramo de la red enlaza con la red interior de la vivienda en el punto de acceso al usuario (PAU), en el que se posiciona fibra optimizada frente a curvaturas (ITU-T G.657), diseñando los empalmes y los bucles alojados en su interior para que garanticen unos radios de curvatura mínimos de 20 milímetros. La red interior que discurre por la vivienda y debe soportar los servicios de telefonía y banda ancha, enlazando a través de la canalización interior con las bases de acceso de terminal, situadas en los registros de toma. Esta última sección de la red ha sido diseñada para implementarse con fibra óptica AllWave® FLEX ZWP Single-Mode Fiber de acometida interior de B3CABLE SOLUTIONS S.L.



(a)



(b)

Fig. 2. Diseño (a) e implementación (b) de la caja de segregación empleada

III. DIMENSIONAMIENTO Y CARACTERÍSTICAS DE LA RED

La instalación de las diferentes redes que conforman el enlace todo-óptico para el acceso de los servicios de telefonía y de banda ancha está sujeta a unos valores de dimensionamiento mínimos y de obligado cumplimiento.

Para facilitar un hipotético redimensionamiento y prever posibles averías, se emplean en cada una de las redes cables multifibra normalizados de capacidad igual o superior a A , tal y como se expresa en (1):

$$A = \text{Demanda prevista} * 1,2 \quad (1)$$

Las redes de dispersión y distribución se realizan con cables de acometida de dos fibras ópticas, puesto que el número de PAU es inferior a 15.

Los cables multifibra empleados para la acometida individual horizontal se componen de fibras que, de acuerdo a la norma, son monomodo del tipo G.657 con baja sensibilidad a curvaturas y están definidas en la recomendación ITU-T G.657 (12/2006) “*Características de las fibras y cables ópticos monomodo insensibles a la pérdida por flexión para la red de acceso*”. Son, así mismo, compatibles con las del tipo G.652.D, definidas en la recomendación ITU-T (06/2005) “*Características de las fibras ópticas y los cables monomodo*”.

La primera protección de las fibras ópticas está coloreada de forma intensa, opaca y fácilmente distinguible e identificable de acuerdo con el siguiente código de colores:

Fibra	Color	Fibra	Color	Fibra	Color
1	Verde	3	Azul	5	Gris
2	Rojo	4	Blanco	6	Violeta
Fibra	Color	Fibra	Color	Fibra	Color
7	Marrón	9	Amarillo	11	Turquesa
8	Naranja	10	Rosa	12	Verde claro

Tabla 1. Código de colores normalizado del cable multifibra.

Todos los cables empleados son completamente dieléctricos, es decir, no poseen ningún elemento metálico, y el material de la cubierta es termoplástico, libre de halógenos,

retardante a la llama y de baja emisión de humos (característica acentuada para los de acometida interior).

Las fibras ópticas están localizadas dentro de un micromódulo que contiene 12 fibras ópticas. El micromódulo es de material termoplástico elastómero de poliéster y se encuentra impregnado con un compuesto bloqueante del agua.

Los cables poseen hilaturas de fibras de aramida como elementos de refuerzo, y garantizan la reversibilidad física y la invariabilidad de la atenuación frente a esfuerzos de tracción de 450 N (acometida interior) y 1200 N (acometida exterior), tal y como especifica la normativa vigente.

Puesto que se procede a implementar una acometida horizontal, una característica adicional frente al caso de acometida vertical es la capacitación del cable, por medio de los elementos necesarios, para evitar la penetración del agua en la dirección radial. Ambos cables de acometida (interior y exterior) cumplen holgadamente la restricción de tener un radio de curvatura mínimo de, al menos, 5 veces su diámetro, siendo éste de 4 y 5 milímetros respectivamente [2].



Fig. 3. De izquierda a derecha: tramos de acometida exterior e interior respectivamente.

IV. CARACTERÍSTICAS DE LAS FIBRAS

Fibra ITU-T G.657: la fibra *AllWave® FLEX ZWP* monomodo, cumple además la especificación G.652D y presenta cero pico de agua para las aplicaciones de CWDM o DWDM que requieren el espectro completo. Esta característica sumada a su geometría ajustada la hace perfectamente compatible con otras fibras monomodo que pudieran haber sido instaladas con anterioridad en la red. La fibra con cero pico de agua permite el uso de 6 nuevos canales en la banda 1360–1480 nm por lo que se pueden aprovechar 18 canales con 20 nm de *coarse wavelength division multiplexing* (CDWM), como se describe en la especificación ITU 694.2. En la actualidad el 65% de las ventas de fibra monomodo en América del Norte son fibras G.652D (con pico de agua cero y bajo pico de agua); esto significa que las redes están listas para un uso de ancho de banda adicional.

Fibra ITU-T G.652: la fibra *AllWave® Zero Water Peak (ZWP)* monomodo puede operar en el espectro completo desde 1260 nm hasta 1625 nm. Es idónea para redes metropolitanas, locales y de acceso debido, entre otras razones, a su bajo PMD, que permite incrementar su velocidad y distancia alcanzables.

Fibra ITU-T G.651.1: la fibra *LaserWave® Laser-Optimized*, constituye una fibra multimodo diseñada para soportar tasas de transmisión de 10 Gb/s, de vigencia acuciante hoy en día, así como tasas de hasta 40Gb/s o 100Gb/s que previsiblemente adquirirán un uso generalizado a corto plazo.

La fibra *LaserWave* está recomendada para el desarrollo de redes de distribución, entre otros usos.

V. IMPLEMENTACIÓN DEL ENLACE TODO-ÓPTICO

Tanto la implementación de la red como las medidas experimentales han sido desarrolladas en el laboratorio de I+D de B3CABLE SOLUTIONS S.L.

La *red de distribución* se simula con tres bobinas de fibra de diversos perfiles (las descritas en IV), todas ellas de 1060 metros de longitud.

Por su parte, la *red de dispersión* se implementa con el perfil de fibra G.657, anteriormente descrito, con el revestimiento externo de acometida exterior que la adecúa a las restricciones físicas ya descritas. Esta acometida exterior se extiende a lo largo de 392 metros.

El último tramo de la instalación, la *red interior*, se realiza con un cable de fibra G.657 de acometida interior de 121 metros. Esta sección de la red es especialmente exigente en cuanto a radios de curvatura límites, esfuerzos de tracción adicionales y condiciones cercanas a los límites físicos del cable.

Una vez finalizada la instalación se procede a la identificación y continuidad extremo a extremo de las conexiones mediante el método de retroesparcimiento con el OTDR MTS 8000 (ver Fig. 4).

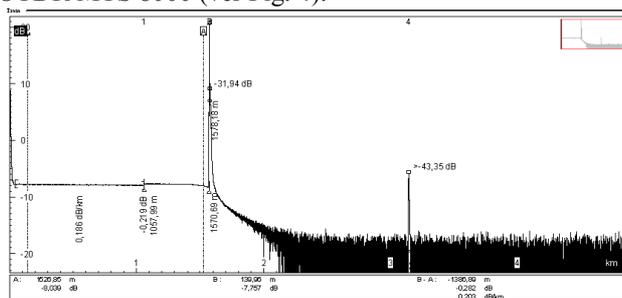


Fig. 4. Traza del enlace a 1550 nanómetros con la red de distribución G.657

Las medidas de potencia óptica se realizan mediante un sistema de fuente-detector. La fuente láser es del tipo FP correspondiente a la *clase 1* según IEC 825, y su anchura espectral es inferior a 5 nanómetros en todos los casos; entrega -7 dBm a un pigtail (9/125 μ m).

El medidor de potencia trabaja en el rango de longitudes de onda de 780-1650 nm y está basado en un fotodiodo de Germanio.

Todos los empalmes están realizados mediante la fusionadora FSM 50S de Fujikura que ofrece una pérdida promedio por empalme de 0.02 para fibras G.652, 0.01 para fibras G.651 y 0.04 para fibras G.657.

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Fig. 5 se ilustran los valores de potencia recibidos para la segunda y la tercera ventana de transmisión en la toma final del usuario (fin de la red interior). Se transmite una señal no modulada (onda continua) de -7dBm (0.2 mW) desde el punto final de la red de alimentación, es decir, desde el comienzo de la red de distribución, para las diferentes configuraciones de esta última.

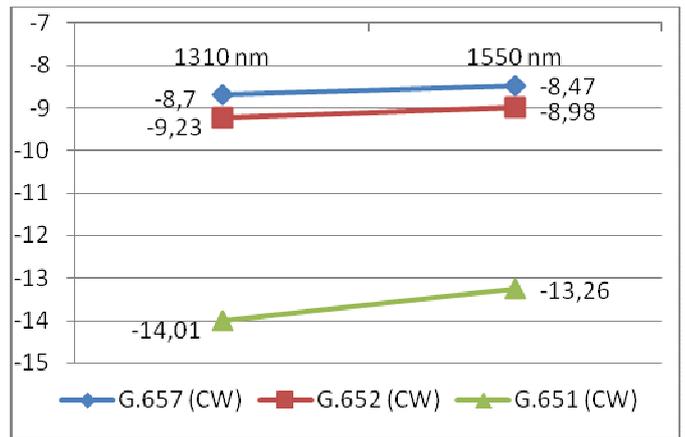


Fig. 5. Valores de potencia recibidos (en dBm) si se transmite una señal sin modulación alguna

En la Fig. 6 se muestran los valores de potencia recibidos si se transmite una señal con modulación de onda cuadrada, con ciclo de trabajo de 1:1 y un factor de modulación del 100%. En este caso particular, el valor medio de la potencia de la señal entregada por la fuente láser es -10 dBm. La señal modulada puede ser útil para evaluar la atenuación en sistemas que no son sensibles a la luz parásita.

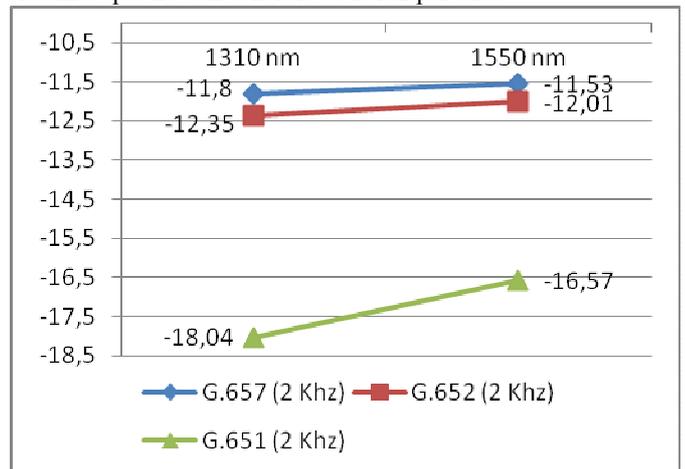


Fig. 6. Valores de potencia recibidos (en dBm) si se transmite una señal modulada a 2 KHz

A la vista de los resultados, se aprecia una notable mejora si la red de distribución se diseña con la fibra *AllWave® FLEX ZWP* monomodo (G.657), recomendada también para este propósito, pero con una aplicación más directa, dado su perfil, a su implantación en la última milla (acometidas interior y exterior).

La degradación de la transmisión a través de la red todo-óptica cuando se diseña una red de distribución basada en fibra multimodo (G.651), se debe principalmente al *speckle*. Para mitigar el efecto se emplea un filtro modal.

VII. CONCLUSIONES

La norma técnica de la infraestructura común de telecomunicaciones para el acceso de los servicios de banda ancha, impone como principal restricción que la atenuación de las fibras ópticas de las redes de distribución y dispersión no sea, en ningún caso, superior a 3 dB, condición que se cumple holgadamente, incluso incluyendo en la medida la red interior, para los sistemas con redes de dispersión implementadas con fibras G.657 y G.652.

La implantación en la última milla de las fibras especiales *AllWave® FLEX ZWP* y *AllWave® Zero Water Peak (ZWP)* con el revestimiento externo de CABLE SOLUTIONS S.L. , es altamente satisfactoria. El perfil G.652 supone una solución notable para las redes de distribución mientras que la fibra insensible a curvaturas se posiciona como solución idónea para las acometidas más exigentes desde el punto de vista físico.

REFERENCIAS

- [1] Norma Técnica de la ICT *para el acceso a los servicios de telecomunicaciones de telefonía disponible al público y de banda ancha*. Anexo II.
- [2] G. Lamadrid Perojo, M. A. Rodríguez Colmenares, F. Fanjul Vélez, N. Ortega Quijano, I. Salas García, S. Camara del Castillo, J. L. Arce Diego, “*Perdidas en curvaturas del estandar de fibra optica G-657 para su implantación en la ultima milla*”, enviado a *URSI 2010*, Septiembre 2010.