

# IMPLEMENTACIÓN DEL BACKBONE WDM Y UN NODO DE ACCESO WIFI PARA LA EMPRESA REGIONALTEL CÍA. LTDA. DE LA CIUDAD DE CUENCA

Pedro Fabián Larrea Vivar<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Departamento de Eléctrica y Electrónica; Escuela Politécnica del Ejército, Sangolquí, Ecuador  
pflarreav@hotmail.com*

**Resumen:** La tecnología actual involucra o hace converger en una red varios protocolos, de los cuales para el proyecto se ha puesto énfasis en WDM (Wavelength Division Multiplexing) que se basa en el transporte de varios flujos de información, cada uno codificado de una única fibra. De esta manera se ha incrementado la capacidad de la red de fibra óptica. WDM reduce costos en la instalación de fibra óptica, por tener una mayor capacidad que otras tecnologías porque puede transportar varias longitudes de onda dentro de una sola fibra, siendo necesario implementar un número menor de fibras para tener un backbone que soporte la nueva red de acceso WiFi.

**Palabras Clave:** HFC, WDM, WiFi.

**Abstract:** Current technology involves or does converge multiple protocols on a network, of which for the project has emphasized WDM (Wavelength Division Multiplexing) based on the transport of multiple streams of information, each encoded by a single fiber. In this manner has increased the capacity of the fiber optic network. WDM reduces the installation costs of optical fiber, having a greater capacity than other technologies that can carry multiple wavelengths in a single fiber, it being necessary to implement a smaller number of fibers having a backbone for supporting the new access network WiFi.

**Key words:** HFC, WDM, WiFi.

## I. Introducción

La Empresa Regionaltel realizó la ampliación de su red HFC (Hybrid fiber-coaxial) para tener una mayor cobertura y aumentar el pool de clientes de televisión por cable; en la actualidad la empresa solo brinda el servicio de televisión, por lo que, es indispensable desarrollar e implementar los servicios de valor agregado como el caso de internet en la red, para ello se han analizado algunas alternativas, para implementar dicho servicio.

Con la implementación del sistema, la Empresa Regionaltel podrá reducir costos, mejorar en su totalidad la red HFC, lo que permitirá ofrecer planes de internet y de televisión (Doble Play) garantizando el servicio a cada cliente y a la vez mantener su red optimizada.

## II. Metodología

Las empresas de telecomunicaciones buscan optimizar sus redes a través de la implementación de nuevas tecnologías para brindar nuevos servicios a sus abonados. Las redes de acceso de banda ancha actualmente han experimentado un incremento en sus prestaciones, al ofrecer todo tipo de servicio.

Las redes HFC fueron diseñadas para dar solución al transporte de señales de video a través de un cable coaxial.

## 2.1 REDES HFC

La red HFC (Hybrid Fiber-Coaxial) es la arquitectura más usada y flexible para brindar video, voz datos y servicios interactivos [1], en la figura 2.1 se presenta el esquema básico de una red HFC<sup>1</sup>.

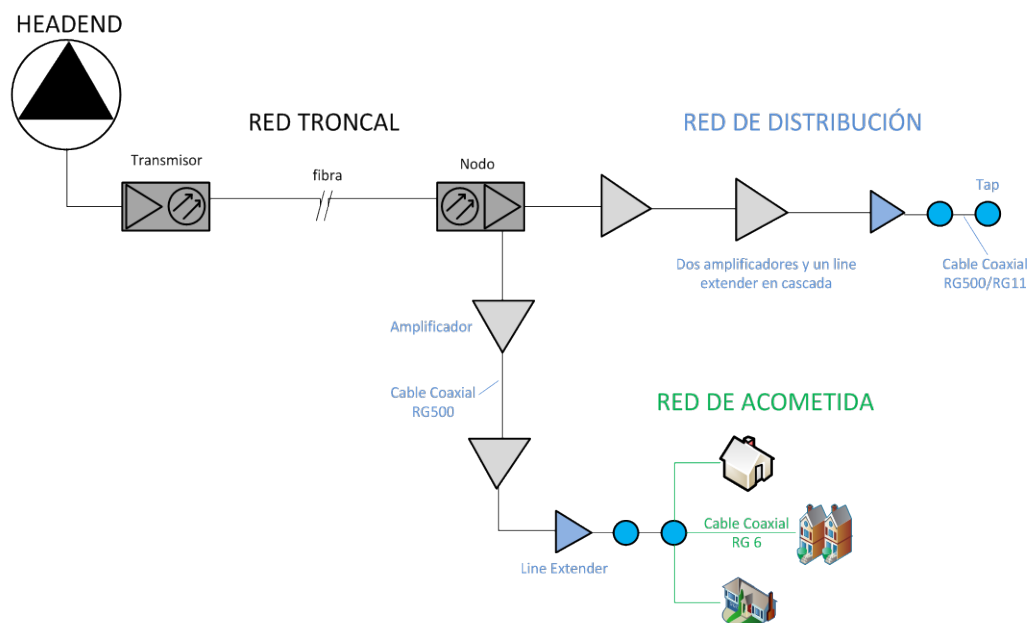


Figura 2.1: Arquitectura de una red HFC.  
Realizado por: El investigador.

Este tipo de red reduce las cascadas de amplificadores, incrementando el desempeño sobre todo en el retorno de la señal [2].

En la figura 2.1 se observa como está estructurada una red HFC, la cual se puede visualizar que se divide en las siguientes partes:

- Cabecera (*Headend*)
- Red Troncal
- Red de Distribución
- Red de Acometida

## 2.2 WDM

Las tecnología actual involucra o hace converger en una red varios protocolos, se pondrá énfasis en la Multiplexación por división en longitud de onda (*Wavelength Division Multiplexing, WDM*) y DWDM (*Dense WDM*) los cuales “se basan en el transporte de varios flujos de información, cada uno

<sup>1</sup>HFC Su origen se atribuye a Ed Parson de Astoria, Oregón, quien en 1950 transmitió ondas terrestres convencionales por un cable paralelo.

codificado de una única fibra. De esta manera se logra incrementar de manera considerable la capacidad de las redes de fibra óptica” [3].

WDM reduce costos en la instalación de fibra óptica, por tener una mayor capacidad de transporte principalmente porque puede transportar varias longitudes de onda dentro de una sola fibra, siendo necesario implementar un número menor de fibras, o se aprovecha la instalada [3].

La figura 2.2 muestra el nivel de protocolos en la capa de transporte, en la cual prevalece las redes IP y WDM.

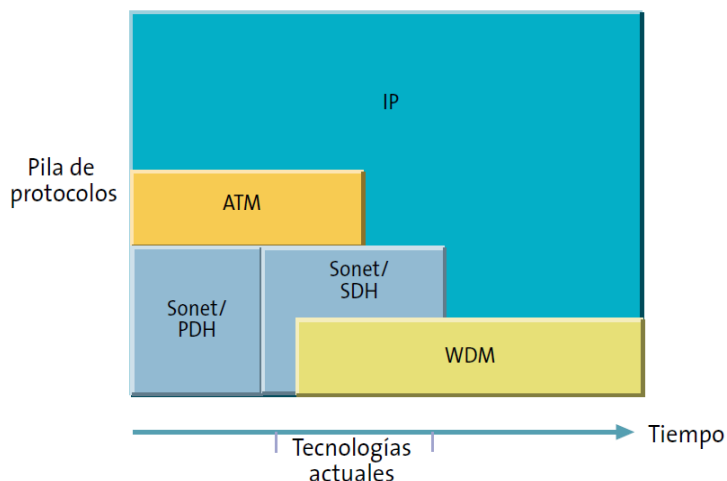


Figura 2.2: Evolución de los protocolos en la capa de transporte.  
Fuente: Las Telecomunicaciones de Nueva Generación, capítulo 6, página 126, 2001.

Generalmente para realizar transmisiones bidireccionales por fibra óptica se usaban dos hilos de fibra como se muestra en la figura 2.3 [4].

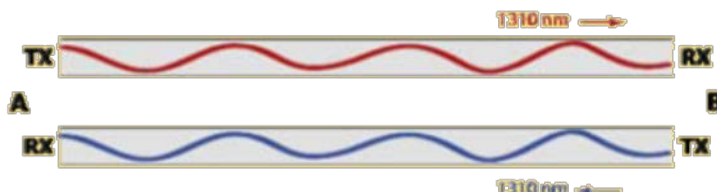


Figura 2.3: Transmisión bidireccional sin usar WDM.  
Fuente: Ethernet / Gigabit Ethernet Media Conversión, [www.cxr.anderson-jacobson.com](http://www.cxr.anderson-jacobson.com).

La emisión es de forma simultánea de  $A \Rightarrow B$  y de  $B \Rightarrow A$  y se utiliza la misma longitud de onda. WDM da una solución para transmitir por un solo hilo de fibra como se muestra en la figura 2.4.



Figura 2.4: Transmisión bidireccional con WDM.  
Fuente: Ethernet / Gigabit Ethernet Media Conversión, [www.cxr.anderson-jacobson.com](http://www.cxr.anderson-jacobson.com).

Un extremo está transmitiendo en 1310nm y otro en 1550nm, es decir, la Tx del un extremo A es la Rx en el otro. Ambas transmisiones son recibidas sin atenuación.

### 2.3 WIFI

Al utilizar la tecnología WiFi (*Wireless Fidelity*), se tendrá algunas ventajas que en la tecnología inalámbrica son evidentes como por ejemplo el abaratamiento y facilidad de implantación de redes LAN (*Local Area Network*), posibilidad de crear espacios con conectividad de manera inmediata, movilidad de usuarios, etc. A toda esta funcionalidad se le suma el bajo coste de los dispositivos necesarios para su puesta en marcha de la red [5].

La WLAN se usa generalmente para ampliar los límites de la red de área local, usan la tecnología RF y cumplen con los estándares IEEE 802.11 (Figura 2.5). Permiten a muchos usuarios conectarse a una red por cable, mediante un dispositivo conocido como punto de acceso (AP). El punto de acceso proporciona una conexión entre los hosts inalámbricos y los hosts en una red Ethernet [6].

WLAN	
Estándar	IEEE802.11 a/b/g/n, HiperLAN, HiperLAN2
Velocidad	De 1 a 540 Mbps
Intervalo	Medio
Aplicaciones	Redes de hogares, pequeñas empresas y grandes empresas

Figura 2.5: Capacidad de las redes inalámbricas.

Fuente: CCNA Discovery 1, Networking para el hogar y pequeñas empresas, *Cisco Networking Academy*, Capítulo 7.1.3, 2007.

### 2.4 ANÁLISIS DEL CABLE MODEM VS WIFI CON WDM

Al hacer una comparación entre el estándar DOCSIS y el protocolo WI-FI tanto en el downlink como en el uplink las velocidades que se manejan en WiFi son superiores al DOCSIS, en la tabla 2.1 se detalla las diferentes velocidades que manejan los diferentes versiones de los estándares.

DOCSIS			WIFI		
Versión	Downstream	Upstream	Versión	Downlink	Uplink
1.x	42.88 (38) Mbit/s	10.24 (9) Mbit/s	802.11	2 Mbit/s	2 Mbit/s
2.0	42.88 (38) Mbit/s	30.72 (27) Mbit/s	802.11a	54 Mbit/s	54 Mbit/s
			802.11b	11 Mbit/s	11 Mbit/s
3.0	$m \times 42.88$ ( $m \times 38$ ) Mbit/s	$n \times 30.72$ ( $n \times 27$ ) Mbit/s	802.11g	54 Mbit/s	54 Mbit/s
			802.11n	540 Mbit/s	540 Mbit/s

Tabla 2.1: Comparación entre DOCSIS y WIFI.  
Realizado por: El investigador

El DOCSIS 3.0 puede manejar un ancho de banda superior al WI-Fi, gracias a que el estándar soporta tecnología digital, pero hay que considerar al momento el implementar un CMTS que soporte DOCSIS 3.0 tiene un costo muy elevado.

La capacidad de transporte en los dos tipos de redes difieren notablemente, puesto que con WDM se pueden obtener para la implementación de este proyecto velocidades de hasta 100 Mbps a una distancia de hasta 20 km de fibra (Tabla 2.2).

<b>Capacidad de Transporte</b>	
<b>CMTS</b> 42 Mbps	<b>WDM</b> 100 Mbps

Tabla 2.2: Capacidad de transporte de un CMTS vs WDM.  
Realizado por: El investigador.

En cuanto a los equipos que se requieren en para los tipos de red son:

<b>HFC</b>	<b>WDMWI-FI</b>
Manejador de ancho de banda	Manejador de ancho de banda
CMTS	Switch configurable capa 2
Rx ópticos (1 por cada nodo)	Convertidor Óptico a Ethernet con WDM 10/100 (1 por cada AP)
Nodos con retorno	Nodo WIFI
Amplificador 750 con retorno	
Modem de Cable (CM)	CPE cliente

Tabla 2.3: Equipos que constan en una red HFC y WDM para dar internet a usuarios.  
Realizado por: El investigador.

En los dos casos se requieren de varios elementos de red para poder dar el servicio de datos a clientes de televisión por cable (tabla 2.3). En el caso de las redes HFC si un cable operador no tiene la red diseñada para activar el retorno se debería tomar en cuenta el costo de preparar la red y el tiempo que este paso lleva, en el caso de Wifi el despliegue es rápido y los equipos de los nodos son accesibles pero el equipo de usuario en promedio cuesta 3 veces más que un cable modem.

Existen diferencias en cuanto a los niveles de seguridad que presenta los diferentes estándares o protocolos que manejan tanto DOCSIS como WIFI, en la tabla 2.4 se hace un análisis de las seguridades de estos estándares:

Seguridad					
DOCSIS	Protocolo	Nivel de seguridad	WI-FI	Protocolo	Nivel de seguridad
versión 1.0	BPI	Bajo	802.11 a / b /g /n	WEP	Bajo
versión 1.1	BPI+	Bajo		WPA	Medio
versión 2.0	SP-BPI+	Medio		WPA 2	Alto
versión 3.0	SEC	Alto			

Tabla 2.4: Protocolos de seguridad de DOCSIS vs WiFi.  
Realizado por: El investigador.

Como se puede observar en la actualidad los protocolos de encriptación de las redes inalámbricas son más robustos que los niveles de seguridad que presenta un CM. En la actualidad hasta la versión DOCSIS 2.0 es muy susceptible a la piratería, es decir, es fácil conseguir en el mercado CM configurados para obtener validaciones clandestinas en el CMTS y de esta manera poder navegar sin tener que pagar.

En el caso de los equipos WI-FI protocolos de encriptación WEP y WPA ya son vulnerables por hackers, por lo que es necesario utilizar sistemas de encriptación más robustos como lo son el WPA2 y el WPAPSK.

### III. Evaluación de resultados y discusión

Cuando se utiliza WDM sobre una red HFC para el transporte y WiFi para la red de acceso, se optimiza la infraestructura existente. Una de las razones para utilizar este esquema de red es cuando se tiene un promedio de clientes alejados de la red de distribución, por lo que, es importante analizar el número de clientes que están instalados con cables de acometidas superiores a los 80m, puesto que, si se implementara un CMTS en el headend, los clientes con acometidas muy largas no tendrían acceso al servicio de internet; por el contrario con un sistema WiFi se podría acceder a todos los usuarios en la red.

Al utilizar el programa SPSS podemos realizar un análisis estadístico del número de clientes con cables de acometidas menores a 80 metros. Para el análisis se tomó una muestra de 210 clientes (tabla 3.1) en las dos parroquias del área de cobertura:

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos <= 80,00	161	19,5	76,7	76,7
81,00 - 140,00	29	3,5	13,8	90,5
141,00 - 200,00	15	1,8	7,1	97,6
201,00+	5	,6	2,4	100,0
Total	210	25,4	100,0	

Tabla 3.1: Distancia de Instalación Promedio (agrupado).  
Realizado por: El investigador.

De acuerdo al sector se tiene que el porcentaje de abonados instalado con distancias mayores a 80 metros es de 4.5% en la parroquia Monay y del 21.1% en la parroquia el Valle, cuyos resultados se muestran en la figura 3.1:

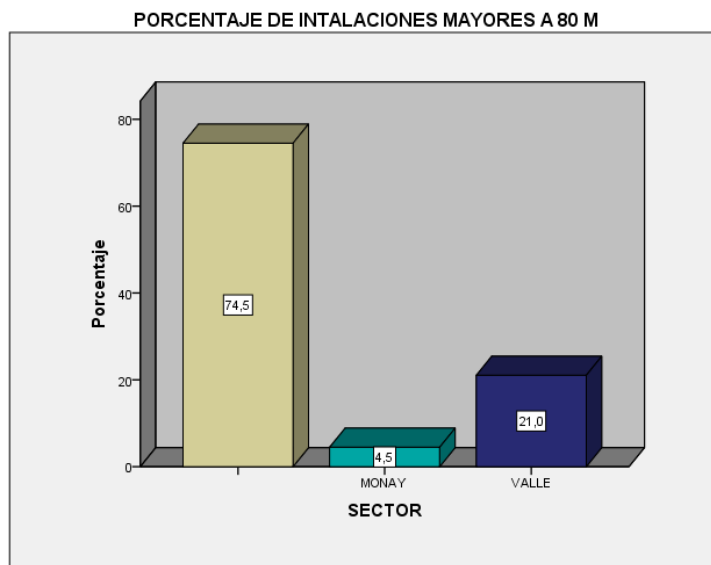


Figura 3.1: Porcentaje de instalaciones mayores a 80 metros por sector.  
Realizado por: El investigador.

Con los datos obtenidos tenemos que en promedio con la implementación de un CMTS vamos a tener casi un 25% de clientes que no van a estar servidos con el servicio de internet por estar instalados lejos de la red de distribución como se ilustra en la figura 3.2.

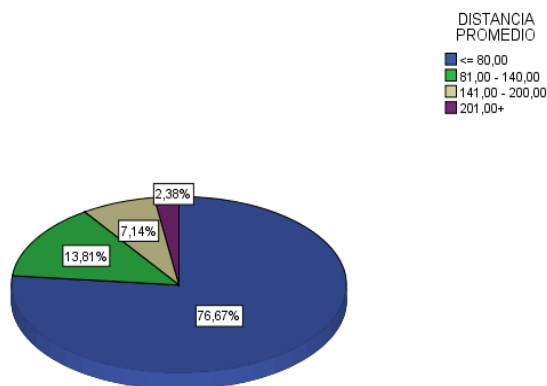


Figura 3.2: Distancias promedio de instalación de clientes en l red.  
Realizado por: El investigador.

En cambio con la tecnología WiFi se tendría una cobertura total en las dos parroquias para dar el servicio de internet.

Para el caso de clientes hotspot, medimos la descarga de datos de los diferentes planes creados en el equipo Mikrotik, tomamos una muestra de 20 usuarios, los cuales tienen tres tipos de planes con una compresión 1 a 1, lo que se resume en la tabla 3.1:

Plan					
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	128,00	7	35,0	35,0	35,0
	256,00	7	35,0	35,0	70,0
	512,00	6	30,0	30,0	100,0
	Total	20	100,0	100,0	

Tabla 3.1: Planes clientes hostpot.  
Realizado por: El investigador.

#### IV. Conclusiones y trabajo futuro

Al desplegar una red WDM sobre una red HFC se realiza un despliegue rápido de un backbone para dar el servicio de internet a los clientes de televisión.

En redes HFC que no están diseñadas de forma total o parcial para soportar el canal de retorno, la alternativa presentada en este proyecto hace que la inversión no sea alta y el tiempo de despliegue de la red sea relativamente corto.

Este esquema de red mixto sugerido en el proyecto también se lo debería considerar cuando los clientes de la red tienen un promedio elevado de instalaciones que sobre pasan los 80 metros.

En esta nueva red se garantiza que no existirá corte del servicio de televisión de los clientes existentes en la red, puesto que se ocupa la red principalmente la fibra oscura de la red HFC.

Con el equipo Mikrotik se puede dar el servicio de internet a sus clientes de dos formas que son: hostpot o IP fija, en ambos caso el rendimiento es similar, con lo que se lo puede diferenciar de acuerdo a los tipos de clientes de la empresa.

En sectores donde las viviendas se encuentran dispersas, el implementar WiFi sobre una red WDM hiciera que el despliegue sea rápido y con una cobertura muy buena.

#### Agradecimientos

Agradezco a la Empresa Regionaltel Cia. Ltda. y en especial a la Gerente General la Eco. María Fernanda Larrea, y a los trabajadores de la Empresa, quienes me brindaron la colaboración necesaria para el desarrollo de esta tesis.

#### Referencias Bibliográficas

[1] “Motorola Document Classification”, Canopy Enterprise Solutions, Rev. 2.0, © Motorola, Inc. 20XX.

[2] “Introduction to Broadband Networks”, Training Manual, © 2003 by Motorola, Inc.

[3] José Antonio Adell, José Gabeiras, Las Telecomunicaciones de Nueva Generación, Edición División de Relaciones Corporativas y Comunicación de Telefónica, primera edición, capítulo 6,



páginas 124-126, 2001.

[4] Ethernet / Gigabit Ethernet Media Conversión, [www.cxr.anderson-jacobson.com](http://www.cxr.anderson-jacobson.com), consultado en mayo – 2012.

[5] Rodrigo Castro, Avanzando en la seguridad de las redes WIFI, Boletín de RedIRIS, N° 73, septiembre 2005.

[6] CCNA Discovery 1, Networking para el hogar y pequeñas empresas, *Cisco Networking Academy*, Capítulos 6.1.2, 6.3.3, 7.1.3, 2007.