

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**



**Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación**

“ANÁLISIS DE IMPLEMENTACIÓN DE CCAP y DOCSIS 3.X COMO  
SOLUCIÓN A LA CRECIENTE DEMANDA DE ANCHO DE BANDA DE UNA  
EMPRESA PROVEEDORA DE INTERNET POR CABLE”

**EXAMEN DE GRADO (COMPLEXIVO)**

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE

**MAGISTER EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN GERENCIAL**

**FELIPE ISRAEL FREIRE FRANCO**

**GUAYAQUIL – ECUADOR**

**2015**

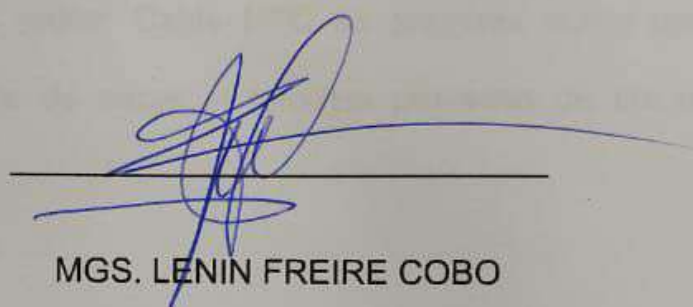
## **AGRADECIMIENTO**

Doy gracias a Dios por haberme permitido alcanzar esta nueva meta en mi vida profesional, A mis padres y hermanos, por sus consejos y ayuda a cada instante a lo largo de esta carrera. A mi esposa, Gilly y a mis hijos, por darme fuerza e impulsarme a concluir este reto. Y a mi familia, amigos y compañeros por todo el apoyo brindado.

## DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis padres Felipe y Martha, por enseñarme los valores y virtudes que me formaron como una persona responsable. A mi hermana Marthita, por ser parte importante para conseguir este logro académico. A mi amada esposa Gilly, por ser mi ayuda y apoyo incondicional. A mis hijos que son la razón que me impulsa a seguir adelante

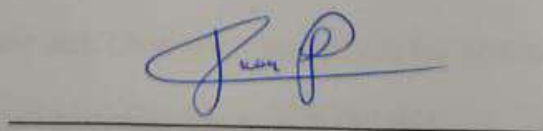
## TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN



A handwritten signature in blue ink, consisting of several overlapping loops and a long horizontal stroke extending to the right, positioned above a solid horizontal line.

MGS. LENIN FREIRE COBO

DIRECTOR DEL MSIG



A handwritten signature in blue ink, featuring a stylized 'J' and 'G' with a horizontal line extending to the right, positioned above a solid horizontal line.

MGS. JUAN CARLOS GARCÍA

PROFESOR DELEGADO DE LA FIEC

## RESUMEN

La creciente demanda de ancho de banda por parte de los clientes de las empresas proveedoras de internet ha obligado a estas, a buscar soluciones más robustas, escalables y rentables para optimizar la capacidad y rendimiento de sus redes; Cable HFC se presenta como una excelente alternativa a la hora de sacar el máximo provecho de las redes CATV existentes.

La empresa ABC, proveedora de Internet por cable ha tenido un notable crecimiento en los últimos años debido a la calidad de sus productos ofertados que le permiten hacer frente a sus competidores por fibra; sin embargo este crecimiento y la nueva era de aplicaciones y dispositivos conectados que demandan un alto uso de ancho de banda han incrementado el tráfico requerido por sus clientes y por ende ha comenzado a experimentar problemas debido a la capacidad actual de la red.

El presente trabajo va orientado al análisis de los diferentes puntos que permitan a una empresa de cable “ABC”, optimizar su red HFC ya desplegada, al poner en funcionamiento CCAP y Docsis 3.x; lo cual supone permita alcanzar velocidades superiores a las ofertadas en la actualidad.

En el primer capítulo se presenta el marco teórico de las redes HFC y un breve resumen de la evolución de Docsis; además se especifica la descripción del problema y la propuesta planteada como solución para solventar dichos problemas de capacidad de la red de la empresa ABC originada por la creciente demanda de ancho de banda de sus clientes.

El capítulo 2 nos permite conocer un poco más a detalle la definición de la solución y se enumera los pasos necesarios para realizar la implementación de CCAP E6000 y Docsis 3.x.

Finalmente el capítulo 3 nos permite conocer los beneficios de la implementación de CCAP y Docsis 3.x en la empresa ABC; así mismo la creación de controles que permitan obtener el máximo rendimiento de nuestra red.

## ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTO .....	ii
DEDICATORIA.....	iii
TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN .....	iv
RESUMEN .....	v
ÍNDICE GENERAL.....	viii
ABREVIATURAS Y SIMBOLOGÍA .....	x
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xi
ÍNDICE DE TABLAS .....	xii
INTRODUCCIÓN .....	xiii
CAPÍTULO 1	
GENERALIDADES.....	15
1.1. MARCO TEÓRICO .....	15
1.2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	17
1.2.1 SITUACIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA .....	17
1.2.2 ANÁLISIS DE FRECUENCIAS USADAS .....	20
1.3. PLANTEAMIENTO DE LA SOLUCIÓN .....	23
CAPÍTULO 2	
DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN Y MODELO DE GESTIÓN .....	25



2.1. CRITERIOS PARA DECIDIR LA IMPLEMENTACIÓN DE CCAP.....	25
2.2. ¿QUÉ ES CCAP? .....	26
2.3. DOCSIS 3.X.....	29
2.4. PASOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE CCAP .....	30
CAPÍTULO 3	
ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	32
3.1. BENEFICIOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE CCAP E6000 Y DOCSIS 3.X.....	32
3.2. CREACIÓN DE CONTROLES PARA EVALUAR LA OPERATIVIDAD DE CCAP.....	34
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	36
BIBLIOGRAFÍA .....	39

## ABREVIATURAS Y SIMBOLOGÍA

<b>CAPEX</b>	Costos de Inversión
<b>CM</b>	Cable módem
<b>DS</b>	Downstream, bajada
<b>EQAM</b>	Edge QAM
<b>HEADEND</b>	Cabecera de red
<b>OPEX</b>	Costos de Operación
<b>PYMES</b>	Pequeña y mediana empresa
<b>QOS</b>	Calidad de servicio
<b>RF</b>	Radiofrecuencia
<b>US</b>	Upstream, subida

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Tendencia de Consumo de ancho de banda	18
Figura 1.2 Canales usados en Downstream	21
Figura 1.3 Canales usados en Upstream	23
Figura 2.1 Arquitectura de un Headend Modular	26
Figura 2.2 Arquitectura de un Headend integrando CCAP	27
Figura 2.3 E6000 CER vista posterior	28
Figura 2.4 Proyección de la empresa usando CCAP	29
Figura 3.1 Beneficios de CCAP	34

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Estatus actual del Chassis CMTS	20
Tabla 1.2 Bajada (Downstream) en Mbits/s	21
Tabla 1.3 Subida (Upstream) en Mbits/s	22

## INTRODUCCIÓN

Desde el 2008, la empresa “ABC”, proveedora de servicios de Internet ha venido experimentando un crecimiento notable en la cantidad de clientes que usan la tecnología cable HFC, lo que ha incrementado la cantidad de ancho de banda demandada por los consumidores.

Según la ley de Nielsen, se dice que la velocidad de conexión de Internet que un usuario requiere se incrementa en un 50% cada año, por lo que un suscriptor residencial que disfruta de un servicio de 10 Mbps en 2015 necesitará al menos de una capacidad de 30 Mbps para el año de 2018. Esto pensando en que el uso que le dé a su red el abonado no sea intensivo o que la red sea compartida con más usuarios de manera simultánea.

Tomando en consideración este factor antes mencionado, es necesario que las tecnologías actuales de transporte y acceso se optimicen para poder cumplir con los requerimientos de los clientes residenciales, empresariales y

corporativos, además de que garanticen el buen funcionamiento de las aplicaciones a las que desean acceder.

En la actualidad, el ancho de banda de los planes de internet que la empresa ABC ofrece a los consumidores residenciales, oscila entre velocidades 2,5 Mbps hasta 20 Mbps para clientes residenciales, PYMES y corporativos; esto debido a limitantes en la capacidad y estándares de los equipos de la tecnología instalada (CMTS y Docsis2.0).

En esta tesis analizaremos las ventajas de CCAP y Docsis 3.x, los cuales se presentan como la evolución de los servicios ofrecidos por HFC. La implementación de CCAP y Docsis 3.x es la solución más rentable al momento de pensar explotar el mayor rendimiento de nuestra red CATV y hacer frente a sus competidores FTTH (Fiber to the Home).

# **CAPÍTULO 1**

## **GENERALIDADES**

### **1.1. MARCO TEÓRICO**

HFC “Hybrid Fiber Coaxial”, es una tecnología de banda ancha que integra tanto fibra óptica como cable coaxial; esta tecnología se implementa a partir de las redes de sistemas de televisión por cable existentes. Su topología consta de dos partes, la primera permite conectar al cliente al nodo óptico de una zona por medio de cable coaxial y la segunda es la interconexión de los nodos zonales con fibra óptica [1].

Docsis “Data Over Cable Service Interface Specification” es el estándar usado en la definición de los requerimientos de la interfaz de

comunicación y operación para transmitir datos de alta velocidad a una red CATV (sistema de televisión por cable). Docsis es la norma que estandariza la transmisión de datos mediante cable módems y certifica la interoperabilidad de los equipos.

Docsis 1.0 y 1.1 especifican un ancho de canal entre 200 KHz y 3.2 MHz y modulaciones 64 QAM o 256 QAM en bajada y QPSK, 32 QAM en subida; además Docsis 1.1 integra QoS

Docsis 2.0 especifica un ancho de canal de 6.4 MHz pero compatible con los anteriores y 6 MHz en bajada (8 MHz en EuroDOCSIS), además integra el uso de modulación 64 QAM en subida [2].

Una de las limitantes de las empresas de cable proveedoras de internet para ofrecer planes de mayor ancho de banda tanto en Downstream como en Upstream, viene dada precisamente por el uso de Docsis 2.0 y velocidades máximas de 38 Mbps en bajada y 27 Mbps en subida.

CMTS "Cable Modem Termination System", es un equipo de acceso que está ubicado por lo general en HEADEND o HUB de la compañía de cable y permite habilitar servicios de datos de alta velocidad a los clientes (Internet por cable o Voz sobre IP).

La arquitectura física de un CMTS se puede entender visualizándolo como un router que tiene conexiones ethernet en un extremo y



conexiones RF coaxiales en el otro. La interfaz RF permite el flujo del tráfico de las señales de radio frecuencia desde y hacia el cable módem del cliente.

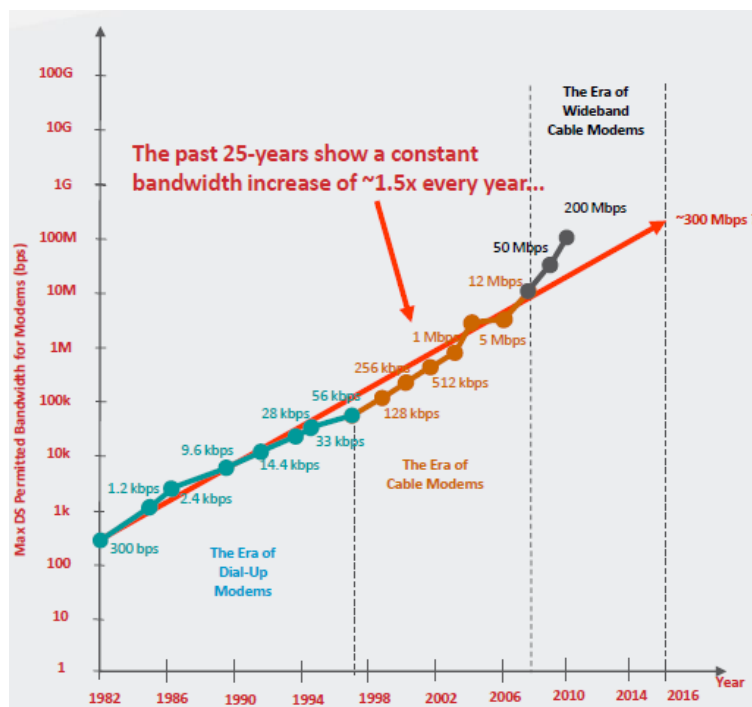
En efecto, la mayoría de CMTS tienen igual cantidad de conexiones Ethernet de alta velocidad como interfaces RF. De tal forma que el tráfico que llega desde internet es enrutado al CMTS por medio de la interfaz Ethernet, y después a las interfaces RF conectadas a la red de distribución de la empresa de cable.

## **1.2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA**

### **1.2.1 Situación actual de la empresa**

Cable HFC, sigue siendo una de las soluciones de tecnología de banda ancha más rentables para aplicaciones que requieren baja latencia y una alta calidad de servicio; mediante el uso de cable módems especialmente diseñados para las comunicaciones digitales, tienen capacidad para ofrecer servicios de acceso a redes de datos como Internet a velocidades superiores a las que el usuario estaba acostumbrado por DIAL-UP y acoplarse de esta manera a las tendencias de los requerimientos de los consumidores; sin embargo la creciente demanda por el ancho de banda hace indispensable la

búsqueda de nuevas soluciones que permitan optimizar nuestras redes HFC para cumplir dichos requerimientos



**Figura 1.1** Tendencia de Consumo de ancho de banda

La empresa ABC en estudio, ha venido ofreciendo durante varios años el servicio de internet y telefonía por cable usando equipos CMTS BSR64000 de marca Motorola en la cabecera de la red; estos CMTS BSR64000 comenzaron usando tarjetas CMTS2x8 que permitían habilitar una portadora de downstream para cada cuatro

nodos zonales y un ancho de banda compartido de 38 Mbps en bajada;

A medida que la red se fue expandiendo fue necesario adicionar el uso de tarjetas TX32 (8 puertos, 4 portadoras DS por puerto) que permitían sumar hasta cinco portadoras de DS por cada cuatro nodos zonales y un ancho de banda compartido de 190 Mbps en bajada.

A finales del 2013 se realizó el reemplazo de las tarjetas CMTS2x8 por tarjetas upstream RX48 (8 puertos, 6 portadoras US por puerto) y se aumentó la cantidad de tarjetas TX32; para sumar un total de ocho portadoras de DS y un ancho de banda teórico de 320 Mps por cada dos nodos .

Un BSR completo en su totalidad, puede dar servicio a 64 nodos zonales; sin embargo, el continuo crecimiento de clientes y su constante demanda por mayor ancho de banda han obligado instalar más de un CMTS por HUB en cada sector de la ciudad con el fin de aumentar la capacidad de la red y evitar problemas de lentitud de servicio y saturación de canal en las portadoras del CMTS, especialmente en downstream donde cada portadora tiene un ancho de banda máximo de 38 Mbps (256 QAM); este planteamiento de usar más de un CMTS por HUB produce mayores costos de operación y mantenimiento.

En adición, una de las limitantes que tiene la empresa ABC, viene dada por el uso del estándar Docsis 2.0 que permite un ancho de banda máximo de 38 Mbps en bajada y 27 Mbps en subida al no soportar channel bonding.

**Tabla 1.1** Estatus actual del Chassis CMTS

ESTADO INICIAL DE CHASSIS CMTS	MAX
NODOS POR CHASSIS	64
PORTADORAS US POR CHASSIS	64
PORTADORAS US HABILITADAS POR PUERTO	2
PUERTOS DE US POR TARJETA	8
PORTADORAS DS POR CHASSIS	256
PORTADORAS DS POR PUERTO	4
PUERTOS DE DS POR MAC DOMAIN	8

### 1.2.2 Análisis de Frecuencias usadas

El Downstream es el canal de comunicación de una sola vía que va del CMTS al CM. Se utiliza el canal de forward de la red HFC por lo que el rango de frecuencias permitido es de: 88 a 860 MHz en canales

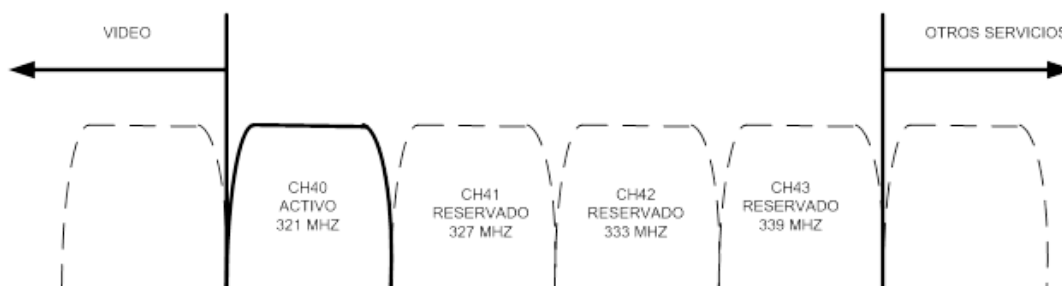
de 6 MHz. Se utilizan modulaciones 64QAM o 256 QAM que habilitan 27 y 38 Mbps respectivamente.

**Tabla 1.2** Bajada (Downstream) en Mbits/s

	<b>64-QAM</b>	<b>256-QAM</b>
<b>6 MHz</b>	30,34 (27)	42,88 (38)
<b>8 MHz</b>	40,44 (36)	57,20 (51)

Se requieren 24 dB de S/N para 64QAM y 30 dB para 256 QAM. El CM tiene un receptor que acepta un rango dinámico desde +15 dBmV hasta -15 dBmV por lo que el valor ideal de señal de entrada a un cable módem es de 0 dBmV.

En la Frecuencia de Downstream se seleccionó como canal primario el canal EIA 40, que corresponde a 321 MHz, esto para permitir que del canal 39 hacia abajo sean utilizados por los servicios de video.



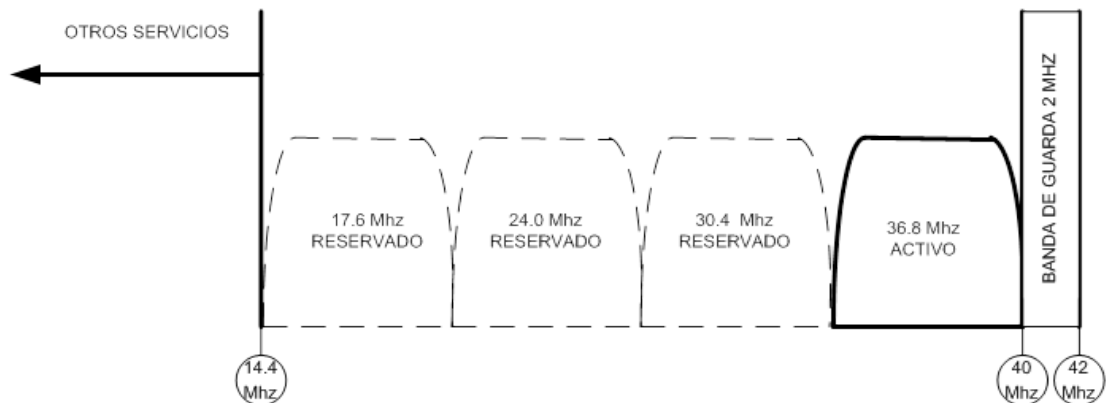
**Figura 1.2** Canales usados en Downstream

El upstream es el canal de comunicación de una sola vía desde el CM hasta el CMTS. Se utiliza el canal de retorno de la red HFC por lo que el rango de frecuencias válido está entre 5 a 42 MHz. Las modulaciones permitidas son QPSK, 16QAM y 64QAM. El cablemodem tiene un rango de transmisión de 8 a 58 dB, se recomienda que el CM transmita a una potencia alrededor de 45 dBmV para que se mejore la relación señal a ruido.

En la frecuencia de Upstream utilizará un canal primario de 6.4 Mhz de ancho centrado en 36.8 Mhz y se reservarán otros tres canales iguales centrados en 30.4 Mhz, 24 Mhz y 17.6 Mhz respectivamente.

**Tabla 1.3** Subida (Upstream) en Mbits/s

	<b>QPSK</b>	<b>16-QAM</b>	<b>64-QAM*</b>
<b>0,2 MHz</b>	0,32 (0,3)	0,64 (0,6)	1,28 (1,2)
<b>0,4 MHz</b>	0,64 (0,6)	1,28 (1,2)	1,92 (1,7)
<b>0,8 MHz</b>	1,28 (1,2)	2,56 (2,3)	3,84 (3,4)
<b>1,6 MHz</b>	2,56 (2,3)	5,12 (4,6)	7,68 (6,8)
<b>3,2 MHz</b>	5,12 (4,6)	10,24 (9,0)	15,36 (13,5)
<b>6,4 MHz*</b>	10,24 (9,0)	20,48 (18,0)	30,72 (27)



**Figura 1.3** Canales usados en Upstream

### 1.3. PLANTEAMIENTO DE LA SOLUCIÓN

Para hacer frente a los problemas que puede presentar la empresa ABC debido a saturación o lentitud de servicio originados por el incremento en la demanda de ancho de banda por parte de los clientes en especial en downstream, se requiere implementar CCAP como una solución para aumentar la densidad de canal y optimizar el espacio que ocupan las cabeceras de red; esto sumado al uso de Docsis 3.x permitirán explotar al máximo el tiempo de vida de nuestra red HFC.

Una de las novedades de Docsis 3.x es el uso de channel bonding, que permite el uso simultaneo de varias portadoras o canales, tanto en upstream como en downstream, por lo que se podría alcanzar velocidades superiores a los 100 Mbit/s en ambos sentidos. Estos

cambios son indispensables para conseguir prestaciones parecidas a las de sus competidores por fibra FTTH.



## **CAPÍTULO 2**

### **DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN Y MODELO DE GESTIÓN**

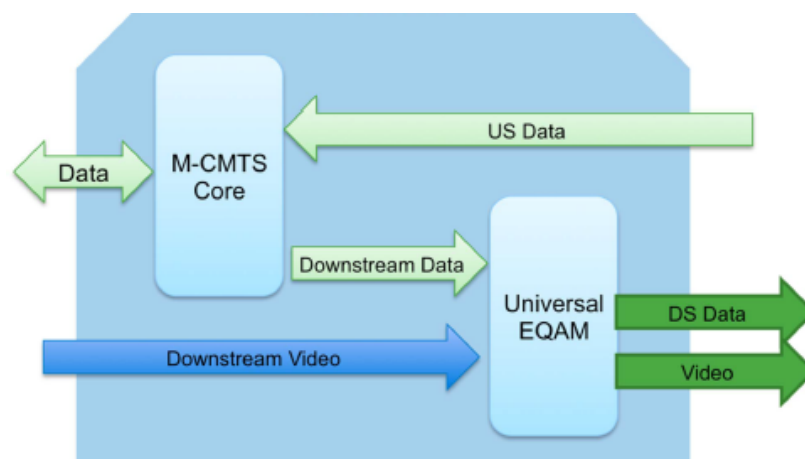
#### **2.1. CRITERIOS PARA DECIDIR LA IMPLEMENTACIÓN DE CCAP.**

- La empresa ABC necesita más de 8 canales de downstream por conector debido a la demanda de ancho de banda de sus clientes; la capacidad actual el BSR64000 nos permite habilitar un máximo de 320 Mbps compartido en bajada por cada 2 nodos [3].
- Se plantea una próxima convergencia de servicios por un solo conector (IP video). En la actualidad se tiene implementada una arquitectura de Headend Modular, esto quiere decir que la señal de video downstream es manejada por otra plataforma (EQAM).

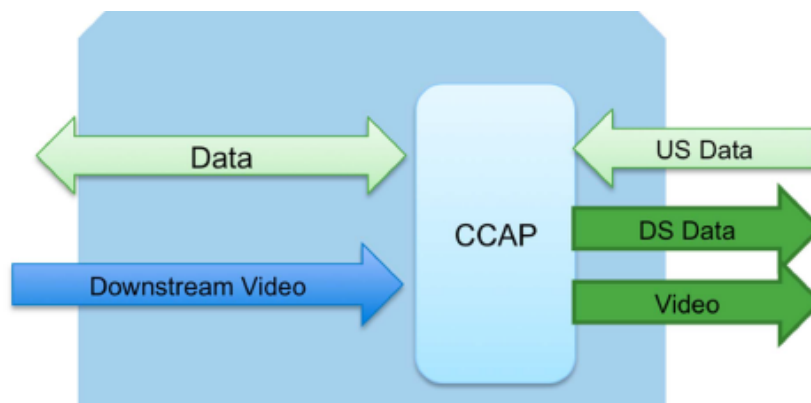
- Se tiene interés a largo plazo de evolucionar a Docsis 3.1, lo cual permitirá generar prestaciones a nuestra red que iguallen a los competidores por cable.

## 2.2. ¿QUÉ ES CCAP?

Cablelabs define a CCAP como Converged Cable Access Platform [4]; el CCAP combina las funciones del CMTS y EQAM, es decir soporta tanto datos de alta velocidad como servicios de video; además la capacidad de operación de CCAP es ampliamente superior a la de un CMTS, lo que permitiría un mayor rendimiento de la capa física para Docsis 3.1.



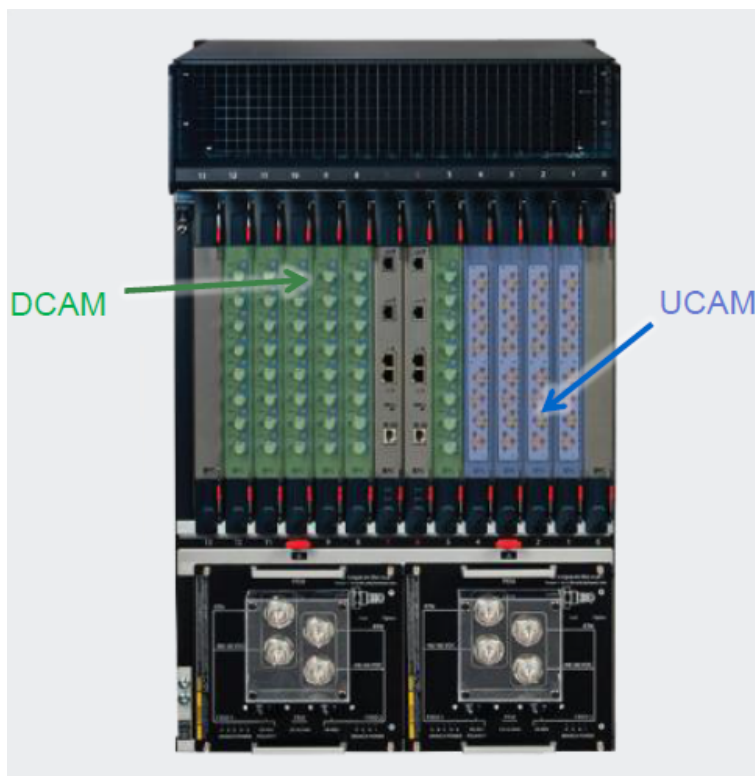
**Figura 2.1** Arquitectura de un Headend Modular



**Figura 2.2** Arquitectura de un Headend integrando CCAP

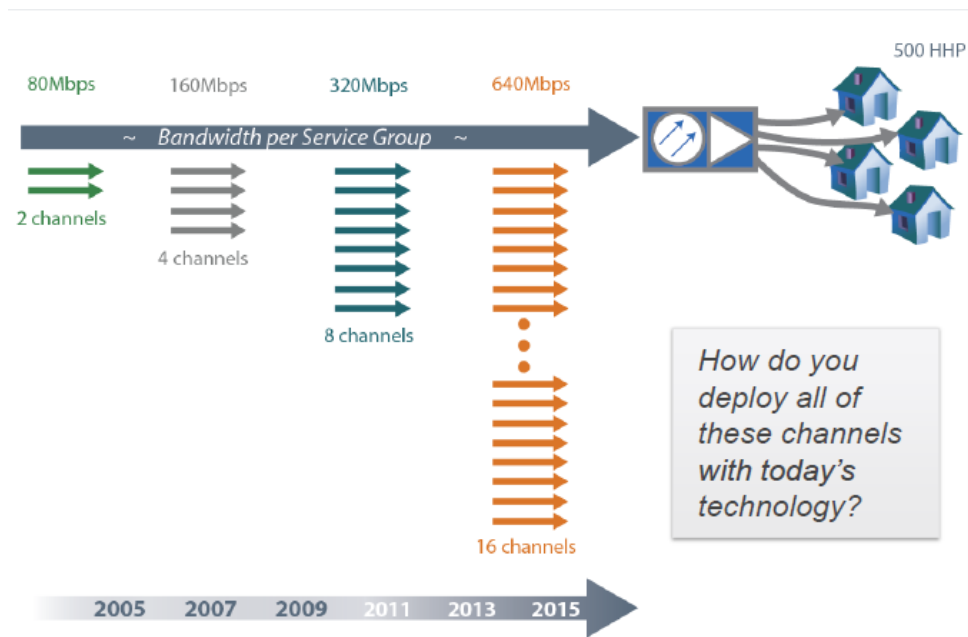
Existen varias soluciones en el mercado de equipos CCAP, las cuales soportan entre 16, 32 y 64 portadoras de DS por puerto. Para la empresa ABC nos basaremos en el E6000 de Arris que permite habilitar hasta 32 portadoras de downstream por puerto, con lo que pretendemos duplicar a mediano plazo la capacidad de nuestra red .

El E6000 utiliza tarjetas DCAM para downstream que pueden habilitar hasta 256 canales por slot (8 puertos, 32 portadoras por puerto) y tarjetas UCAM que permitirían habilitar hasta 96 canales por slot (8 grupos de conectores, 3 conectores por grupo, 4 portadoras por conector).



**Figura 2.3** E6000 CER vista posterior

La configuración inicial propuesta implica utilizar 16 portadoras de downstream en frecuencias que parten desde los 321 MHz y tienen un ancho de canal de 6 MHz (321, 327, 333, ....., 411) y modulación 256 QAM, con lo que se pretende duplicar la capacidad de la red a 640 Mbps en bajada.



**Figura 2.4** Proyección de la empresa usando CCAP

En Upstream se usaran las frecuencias 36.8 y 30.4 MHz con modulación 64 QAM para habilitar canales de 30 Mbps en subida; cabe indicar que para el uso de otros canales de frecuencia, es necesario realizar adecuaciones en la planta externa de la red con el fin de disminuir el impacto de interferencias o ruido que pueden reducir el ancho de banda máximo.

### 2.3. DOCSIS 3.x

Se utilizara Docsis 3.0 que integra el uso de channel bonding y permite que los cable modems con dicho estandar puedan escuchar mas de dos

portadoras tanto en Upstream como en Downstream, con lo que la empresa podra ofrecer planes de mayor velocidad;

El uso de Docsis 3.x no implica un reemplazo inmediato de los equipos terminales conectados al abonado ya que es compatible con sus predecesores Docsis 2.0 y Docsis 1.1

Docsis 3.1 es la siguiente generación en la evolución de Docsis y trae cambios fundamentales en la tecnología. DOCSIS 3.1 introduce OFDM en la capa física y permite anchos de canal de 24 MHz a 192 MHz los cuales distan de los canales anteriores de 6MHz. Docsis 3.1 permitiría habilitar modulaciones más eficientes como 4096 QAM con las que a la larga soportarían velocidades de datos que llegan a 10 Gbps de bajada y 1 Gbps en subida [5].

#### **2.4. PASOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE CCAP**

El proceso de Implementación se realizara de la siguiente manera:

- Levantamiento de la información actual de la red, con lo que se requiere conocer de manera precisa y actualizada la información física de instalación o zona de actualización.

- Elaboración de Plantilla con la configuración usada por los CMTS específicas del sitio que sirva como línea base para todas las configuraciones que se realizaran en los E6000.
- Diseño de la red usando CCAP de acuerdo a las proyecciones de la empresa. Aquí se designa la ubicación de tarjetas y asignación de puertos (RF, fibra, Ethernet y Poder).
- Preparación del sitio (racks, accesorios de racks y espacio de los racks).
- Instalación de hardware en sitio.
- Puesta en marcha de la solución. Aquí se enciende el equipo y se carga la configuración específica según el sitio de instalación.

## **CAPÍTULO 3**

### **ANÁLISIS DE RESULTADOS**

#### **3.1. BENEFICIOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE CCAP E6000 Y DOCSIS**

##### **3.0**

- Velocidad para proporcionar nuevos servicios habilitando capacidad por licencias.
- Ahorro de espacio en los racks y bajo consumo de energía en las cabeceras o HUBS ya que permite la integración de servicios y la expansión de la capacidad de la red; lo que supone una economía tanto en: CAPEX ya que la inversión de un CCAP nos permitiría una arquitectura integrada y OPEX debido a que reduciría los costos de operación y mantenimiento de arquitecturas distribuidas.



- Escalabilidad, estabilidad y continuidad de la plataforma, ya que las ventajas que nos proporciona CCAP nos permiten alinearnos a los nuevos requerimientos y demandas de los consumidores, extendiendo al máximo el tiempo de vida de nuestra red HFC.
- Redundancia, lo que permite reducir el impacto de cortes de servicio a los suscriptores.
- Mayor densidad de puertos y flexibilidad de configuración.
- Mayor despliegue de IPv6.
- Implementar CCAP trae beneficios significativos para nuestras redes HFC ya que permite un mayor rendimiento de la capa física para Docsis 3.x.
- El uso de Docsis 3.0 permitirá a la empresa ABC brindar planes superiores a los ofrecidos actualmente (2,5 – 20 Mbps) tanto en upstream como en downstream mediante la implementación de channel bonding.

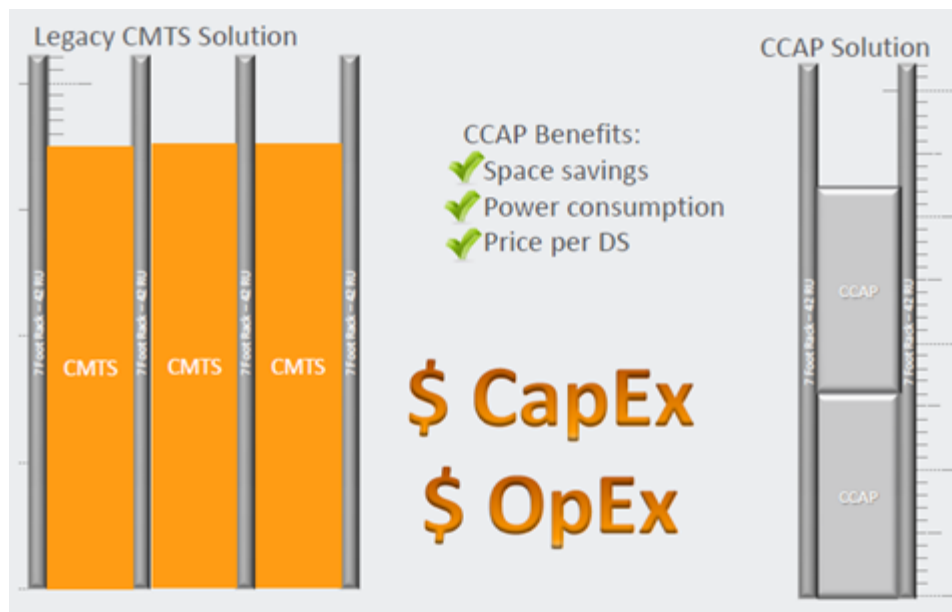


Figura 3.1 Beneficios de CCAP

### 3.2. CREACIÓN DE CONTROLES PARA EVALUAR LA OPERATIVIDAD DE CCAP

A continuación se detallan los principales controles preventivos y correctivos para asegurar el correcto funcionamiento de la red HFC implementada:

- **Evaluación de la Implementación de CCAP.** Para nuestra empresa ABC esta evaluación iría acompañada de un monitoreo del funcionamiento de los servicios de nuestra red una vez implementado CCAP E6000. Durante esta evaluación se puede evidenciar que el ancho de banda disponible por nodo se duplicara

inmediatamente se termine la migración de equipos a CCAP, recordemos que cuando se operaba a través del CMTS, los clientes experimentaban problemas de lentitud de servicio debido a la saturación del ancho de banda compartido para cada nodo, en especial en las horas de mayor consumo.

- **Mantenimientos preventivos de la red.** Se debe programar actividades de mantenimiento preventivo de manera continua para garantizar la correcta operatividad del E6000 (limpieza de filtros de aire, actualización de firmware, verificación de la redundancia, etc.; son partes de estas actividades).
- **Mantenimientos correctivos.** Debido al funcionamiento 24/7 que tienen los CCAP E6000 es necesario contar con un stock repuestos en bodega, con los cuales se pueda solventar cualquier emergencia de carácter físico.
- **Análisis periódico de la demanda de los clientes por nodo-sector.** Debido a la demanda de ancho de banda de los clientes de la empresa ABC, es necesario realizar un análisis periódico del consumo del tráfico de los clientes con el fin de evitar problemas de saturación de los canales especialmente en downstream. Este control es necesario para la toma de decisiones y redistribuir de manera más eficiente la capacidad de la red.

## **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **CONCLUSIONES**

1. Se ha presentado CCAP como un modelo semejante a su predecesor CMTS, que corrige ciertas limitaciones del hardware del CMTS (capacidad, escalabilidad, etc) y a su vez permite extender la utilidad de nuestra red de cable ya desplegada.
2. En la configuración del CCAP E6000 se integró el uso de channel bonding (Docsis 3.0) que permitirá utilizar varios canales simultáneamente y así ofrecer planes superiores a 100 Mbps en ambos sentidos; necesidades de clientes empresariales y corporativos que no eran posibles suplir con su predecesor CMTS.

3. Posteriormente a la implementación de CCAP E6000 se pudo duplicar la capacidad de bajada de la red al permitir la habilitación de 16 canales de downstream por mac domain en lugar de las 8 portadoras que utilizaba el CMTS.
4. Arris E6000 constituye un ahorro en los costos del capital CAPEX al integrar en un solo equipo las funciones de varios CMTS y equipos proveedores de IP video.
5. CCAP E6000 proporciona una economía en los costos de operación OPEX ya que reduciría los gastos de operación y mantenimiento de varios equipos, así como un bajo consumo de energía.

## **RECOMENDACIONES**

1. Previo a la implementación de CCAP Arris E6000, es necesario realizar el levantamiento de la información de la situación actual y requerimientos o proyecciones de la empresa, con el fin de realizar el mejor diseño de configuración (portadoras por mac domain).
2. Es necesario la creación de mecanismos de control que permitan asegurar la correcta instalación y funcionamiento de CCAP Arris E6000, esto encierra los oportunos mantenimientos tanto preventivos como

correctivos, así como un análisis de escalabilidad de la red de acuerdo al consumo y requerimiento de los clientes.

3. Previo a la habilitación de nuevas frecuencias en especial en upstream, es necesario realizar adecuaciones a nivel de planta externa con el fin de obtener el máximo provecho de la red.
4. Implementar IP video en nuestra red HFC; con lo cual aprovecharemos de una manera más rentable la inversión realizada al implementar CCAP, Arris E6000 soporta la integración de servicios.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] Wikipedia. «*Hibrido de Fibra Coaxial*». [https://es.wikipedia.org/wiki/H%C3%ADbrido\\_de\\_Fibra\\_Coaxial](https://es.wikipedia.org/wiki/H%C3%ADbrido_de_Fibra_Coaxial) (último acceso: 09 de 2015).
- [2] Wikipedia. «*Docsis*». <https://es.wikipedia.org/wiki/DOCSIS>, (último acceso: septiembre de 2015).
- [3] Cablelabs. «*Converged Cable Access Platform (CCAP) Operations Support System Interface Specification*.» 08 de Agosto de 2013. <http://www.cablelabs.com/wp-content/uploads/specdocs/CM-SP-CCAP-OSSI-I05-130808.pdf> (último acceso: Septiembre de 2015).
- [4] ARRIS. «*CCAP Evolution and Docsis 3.1 Advantages and Deployment Strategies*.» *CCAP Evolution and Docsis 3.1*. Guayaquil, julio de 2014.
- [5] Cablelabs. «*DOCSIS 3.1 Physical Layer Specification*.» 10 de septiembre de 2015. [http://www.cablelabs.com/index.php?aam\\_media=12898](http://www.cablelabs.com/index.php?aam_media=12898) (último acceso: septiembre de 2015).