



UNIVERSIDAD CENTRAL "MARTA ABREU" DE LAS VILLAS
VERITATE SOLA NOBIS IMPONETUR VIRILIS TOGA. 1948

Facultad de Ingeniería Eléctrica

Departamento de Telecomunicaciones y Electrónica



TRABAJO DE DIPLOMA

Propuesta de Proyecto de Red HFC (Híbrida Fibra Óptica-Cable Coaxial) para São Tomé y Príncipe

Autor: Adílio Cruz Viegas de Abreu

Tutor: Ing. Luis Armando Moreno Valiño

Santa Clara

Curso 2008-2009

"50 Año del Triunfo de la Revolución Cubana"



Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas

Facultad de Ingeniería Eléctrica

Departamento de Electrónica y Telecomunicaciones



TRABAJO DE DIPLOMA

Propuesta de Proyecto de Red HFC (Híbrida Fibra Óptica-Cable Coaxial) para São Tomé y Príncipe

Autor: Adilio Cruz Viegas de Abreu

e-mail: acviegasdeabreu@uclv.edu.cu

Tutor: Ing. Luis Armando Moreno Valiño

e-mail: armando.moreno@cimex.com.cu

Santa Clara

Curso 2008-2009

"50 Año del Triunfo de la Revolución Cubana"



Hago constar que el presente trabajo de diploma fue realizado en la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas como parte de la culminación de estudios de la especialidad de Telecomunicación y Electrónica, autorizando a que el mismo sea utilizado por la Institución, para los fines que estime conveniente, tanto de forma parcial como total y que además no podrá ser presentado en eventos, ni publicados sin autorización de la Universidad.

Firma del Autor

Los abajo firmantes certificamos que el presente trabajo ha sido realizado según acuerdo de la dirección de nuestro centro y el mismo cumple con los requisitos que debe tener un trabajo de esta envergadura referido a la temática señalada.

Firma del Autor

Firma del Jefe de Departamento
donde se defiende el trabajo

Firma del Responsable de
Información Científico-Técnica



PENSAMIENTO

**“El que se exalta será humillado y
el que se humilla será exaltado”**

Jesucristo

GST

DEDICATORIA

Dios por su gran amor por mí, a Jesús por ser mi Hermano mayor y al

Espirito Santo por la luz que me alumbra.

A mis padres, João da Costa y Alda da Cruz, que por intermedio de ellos yo

vine al mundo.

A todos mis hermanos, especialmente las carnales; Mariza, Tatiana, Mariete

y Ligia.

A Rossiny, mi hermano mayor, ejemplo de hombre luchador.

A la memoria de mis familiares.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, porque sin Él yo tengo la certeza que no lo iba a lograr. Porque Él ha sido todo para mi en estos años en Cuba.

A las familias Cruz, Costa y Viegas de Abreu.

Al gobierno de mi país, São Tomé y Príncipe, por brindarme la posibilidad de venir a estudiar en Cuba.

A la Revolución de Cuba, la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas, la Facultad de Ingeniería Eléctrica y a todos los profesores y trabajadores por la formación, académica y humana.

A la Iglesia de Cristo en Cuba, que por su universalidad no tiene puertas, para que el que quiera pueda entrar para ser y sentirse hermano.

A Luis Armando por apoyarme como tutor y amigo.

Al Grupo de hermanos cristianos que compartimos todos los martes. Por el amor compartido.

A Valdemar Viegas y a su familias, por su amistad. A Celma Mendes y su familia.

A todos los santomenses en Cuba especialmente los que estamos en Santa Clara, por la hermandad.

A todos los compañeros de clase, desde del primero hasta el último año de carrera.

A mis amigos, Sandra, Yoel, María Lourdes, Gail Louraine, Jennifer, Pedro, Vanessa, Yadira, Matanzas, Anamarys, Liset, Mayusley. Ulises, Islemy, y otros que están calvamos en mi corazón..

TAREA TÉCNICA

- ❖ Realizar un estudio de las características de la fibra óptica y el cable coaxial como soportes de transmisión en las redes HFC.
- ❖ Analizar la utilización de las redes HFC.
- ❖ Efectuar el estudio del equipamiento propuesto para utilizarse.
- ❖ Analizar la estructura del sistema de comunicación de São Tomé y Príncipe para realizar una optima selección de la topología y sistema de red, de manera que se puedan conseguir niveles de señal óptimos en los distintos puntos terminales del país.
- ❖ Realizar los cálculos utilizando tablas de EXCEL y programas específicos para calcular los niveles de señal en los diferentes puntos de la red.
- ❖ Elaboración del informe final.

Firma del Autor

Firma del Tutor

RESUMEN

La adaptación o creación de un sistema de telecomunicación que se ajuste a las necesidades actuales y de la modernidad debe constituir una preocupación y un reto - de las empresas que brindan servicios a sus clientes – que estimule una constante toma de decisiones para que se logre estar a mano con el desarrollo tecnológico en nuestro tiempo.

Con las crecientes aplicaciones que brinda una red de fibra óptica, la red HFC se presenta actualmente como la principal alternativa a la gran demanda del ancho de banda, por su grande capacidad de transmisión de señal, fruto de la combinación entre el cable de fibra óptica y el coaxial.

De este modo en el presente trabajo se propone un proyecto de red HFC para São Tomé y Príncipe, que logre dar mayor rapidez, velocidad, eficiencia, confiabilidad y calidad a los servicios, actuales y futuros, de la Empresa de Telecomunicación del país (CST).

Y todo eso solo será posible incrementando el ancho de banda utilizado en el país, equipando las centrales y los sistemas con equipos que hagan realidad dicha meta.

TABLA DE CONTENIDOS

PENSAMIENTO.....	i
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
TAREA TÉCNICA.....	iv
RESUMEN	v
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO 1. ASPECTOS TEÓRICOS SOBRE FIBRA ÓPTICA.....	3
1.1 Generalidad sobre la fibra óptica	3
1.1.1 Fibra Óptica. Descripción física	3
1.1.2 Origen y evolución histórica de la fibra óptica.....	4
1.1.3 Ventajas en el empleo de la fibra óptica	5
1.1.4 Desventajas en el empleo de la fibra óptica.....	5
1.1.5 Atenuación en la fibra optica	6
1.1.5.1 Pérdidas Intrínsecas.....	7
1.1.5.2 Pérdidas Extrínsecas.....	8
1.1.5.3 Atenuación por tramo y por empalme.....	9
1.1.5.4 Empalmes propiedades y empalmes atenuados.....	9
1.2 Clasificación de las fibras ópticas.....	10

1.2.1	Fibra multimodo.	10
1.2.2	Fibra multimodo con índice graduado.	11
1.2.3	Fibra monomodo.	11
1.3	Sistema de transmisión de señales por Fibra óptica	12
1.3.1	Transmisor óptico.	13
1.3.2	Receptor óptico.	14
1.3.3	Amplificadores ópticos.	14
1.3.3.1	Amplificadores de Erbium (Erbium Doped Fiber Amplifier).	15
1.3.4	Conectores.	16
1.3.4.1	Tipos de conectores.	16
1.3.5	Empalmes y conexión de fibras opticas.	17
1.3.6	Técnicas de empalmes.	18
1.3.6.1	Empalme por fusión.	18
1.3.6.2	<i>Empalme mecánico.</i>	18
1.4	Cables de la fibra óptica.	19
1.4.1	Tipos de cables de fibra óptica.	20
1.4.2	Aplicaciones de la fibra óptica.	21
1.5	Cable Coaxial.	22
1.5.1	Ventajas en el uso del cable coaxial.	23
1.5.2	Desventajas en el uso del cable coaxial.	23
1.5.3	Efecto pelicular en el cable coaxial.	23
1.5.4	Atenuación en cable coaxial y su relación con los parametros.	24
1.5.5	Tipos de cables coaxiales.	26
1.5.6	Conectores coaxiales.	27

1.5.7	Aplicaciones del cable coaxial.....	27
1.6	Los cables modems. Definición.....	28
1.6.1	Clasificación de los cable modems y su funcionamiento.....	28
1.6.2	Conexión del cable modem con el usuario.....	29
1.6.3	Tecnología de los cable modems.....	29
1.6.4	Portadoras y modulación.....	29
1.6.5	Potencia emitida por los cable modems.....	30
1.7	Splitter ópticos.....	30
CAPÍTULO 2. RED DE TELECOMUNICACIÓN DE SÃO TOMÉ Y PRÍNCIPE.		
CONSIDERACION PARA EL DISEÑO DE LA RED HFC.....		33
2.1	Situación geográfica de São Tomé y Príncipe.....	33
2.2	Telecomunicación en São Tomé y Príncipe.....	35
2.3	La red de telecomunicación de la empresa CST.....	36
2.4	Lugares estratégicos de la empresa CST en São Tomé y Príncipe.....	37
2.5	Sistema de comunicación en São Tomé y Príncipe.....	37
2.6	Red de transmisión de CST.....	38
2.6.1	São Tomé y Príncipe en comunicación con el mundo exterior.....	40
2.6.2	Influencia climática en las Telecomunicación en São Tomé y Príncipe ...	41
2.7	Consideraciones para el diseño de la Red HFC.....	42
2.7.1	Topología de las redes.....	42
2.7.1.1	Topología en Anillo.....	42
2.7.1.2	Topología de Bus.....	43
2.7.1.3	Topología en Árbol.....	44
2.7.1.4	Topología en Estrella.....	45
2.7.1.5	Topología en Malla.....	45

2.8	Topología de red Festoon	46
2.8.1	Sistemas de cables submarinos sin repetidores.....	47
2.9	La Red HFC. Definición.....	48
2.9.1	La cabecera de la red HFC.....	49
2.9.2	Red Troncal HFC.....	50
2.9.3	El canal de retorno en la red HFC.....	51
2.9.4	Red de distribución HFC	51
2.9.5	Ruido impulsivo en la red HFC	52
2.9.6	Ruido Blanco	53
2.9.7	Efecto Embudo en la red HFC.....	53
2.10	Transmisión Bidireccional en redes CATV-HEC	53
CAPÍTULO 3. PROPUESTA DE DISEÑO.....		56
3.1	Propuesta topológica de la red.	56
3.1.1	Propuesta de topología estrella-arbol.....	57
3.1.2	Propuesta de topología en anillo.....	59
3.1.3	Conexión submarina. Topología Festoon	60
3.1.4	Conexión por tierra. Propuesta de topología anillo redundante.....	60
3.2	Equipamiento de cabecera óptica. (Ver anexo V)	65
3.2.1	CMTS propuesta	66
3.2.2	Selección de los nodos ópticos. (Ver anexo V)	67
3.2.3	Propuesta del tipo de fibra	68
3.2.4	Red de distribución coaxial.....	69
3.3	Costo de la Instalación.....	69
CONCLUSIONES.....		73

RECOMENDACIONES.....	75
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	76
ANEXOS	79
Anexo I Conectores de fibra óptica	79
Anexo II Cable de tubo de estructura holgado.....	79
Anexo III Cable de estructura ajustada	80
Anexo IV Cable de fibra óptica blindado	80
Anexo V Equipos de la cabecera e de los nodos en la red HCF	80
Anexo VI hojas de datos de ORT 910E-3, producto de Kathrein	81
Anexo VII hojas de datos de VGU 80, producto de Kathrein	82

GGA 8-Verstärkersystem

Abzweigverstärker

VGU 80

24410033



Der Verstärker VGU 80 ist ein Breitband-Verstärker für den Frequenzbereich von 47 bis 862 MHz. Er wird in der Regel als Abzweigverstärker oder als Ausgangsverstärker nach optischen Receivern eingesetzt.

Funktionen:

- Verstärkung der Vorwärtssignale (47-862 MHz)
- Elektronischer Dämpfungssteller am Eingang
- Elektronische Preemphase am Eingang
- Abzweigausgang zur Speisung von Linien- und Stammverstärkern
- Abzweigausgang für Vorwärtsträger des Überwachungssystems
- Testbuchse zur Kontrolle des Ausgangssignals
- Inventory Data System

Bedienung/Anzeige erfolgt über Handbedienteil HTE 10

NMS-Funktionen:

- Eingestellte Dämpfung des Stellgliedes
- Stellung Preemphase Stellglied
- Remote Inventory Data



Typ		VGU 80
Bestell-Nr.		24410033
Frequenzbereich	MHz	47-862
Nennverstärkung	dB	18
Frequenzgang	dB	± 0,4
Abzweigausgang	dB	-15
Dämpfungssteller elektronisch, Geräteeingang	dB	0-10
Preemphase elektronisch, Geräteeingang	dB	0-5
Testbuchse	dB	-20
Rauschmaß	dB	11
Störabstände CENELEC, 862 MHz, 41 Kanäle, 110 dBµV, flach		
CSO	dB	64
CTB	dB	64
Störabstände CENELEC, 862 MHz, 41 Kanäle, 110 dBµV, 5-dB-Preemphase		
CSO	dB	67
CTB	dB	67
Betriebsspannung	V _{DC}	24
Stromaufnahme	mA	500

INTRODUCCIÓN

Desde el comienzo de la historia el hombre ha creado situaciones y se ha hecho dependiente de las mismas. Todo camina hacia un perfeccionamiento, y a su vez a un ahorro de espacio y tiempo. Fruto de esta gestión aparecen nuevas tecnologías.

La red de HFC (Híbrida Fibra Óptica-Cable Coaxial) es una de las consecuencias de esta búsqueda. La red de CATV está abriendo espacio para esta nueva tecnología de transmisión de las señales en banda ancha.

Con vista a minimizar o suprimir la gran carencia de ancho de banda que afecta el sistema de comunicación de São Tomé y Príncipe, y que a su vez limita la implementación de nuevos y avanzados servicios de telecomunicación, se pretende presentar esta propuesta de proyecto de red HFC.

El hecho de que São Tomé y Príncipe sea un país en vía de desarrollo debe incitar siempre a un mirar más allá de lo visible, porque el nivel de desarrollo de las telecomunicaciones en los países, también son termómetro que miden el estado de la sociedad y del país. Los gastos en los sistemas de transmisión radial son elevados y muy limitados en ancho de banda. De igual forma la instalación de una red de fibra óptica también tiene sus costos, pero los beneficios y las ventajas que de ahí se producen son incomparables.

Antes la demanda del ancho de banda en los mercados, con las apariciones de nuevos servicios, tecnologías y aplicaciones se exige sistemas convenientes y compatibles. Esto conduce a un esfuerzo en el presente para la obtención de buenos frutos en el futuro. La exigencia es que los países en vía de desarrollo den pasos largos para transformar el presente y no seguir estancados. El paso largo para transformar la realidad puede ser la creación de un sistema de red de fibra óptica.

Conociendo la posibilidad que tiene el país para conectarse por medio de fibra óptica submarina a través de Gabón, una estructura interna de fibra sería ideal para eliminar o respaldar profundamente el proceso de conexión del país con el mundo, que hasta ahora se efectúa por medio de enlaces satelitales .

Con este trabajo se pretende proponer la capacitación del sistema de red del país con una red HFC, para cubrir las necesidades presentes y futuras.

.Organización del informe

Como se pudo evidenciar, en la introducción queda definida la importancia, actualidad y necesidad del tema que se aborda para después dejar explícitos los elementos del diseño teórico.

Este se dedicará a la caracterización y análisis de dos principales medios de transmisión de la red híbrida fibra óptica-cable coaxial (HFC) y se estudiarán los sistemas ópticos de transmisión.

El capítulo II estará encaminado a su vez al estudio del sistema de telecomunicación de São Tomé y Príncipe y se considerarán los recursos para la propuesta de diseño. Esta propuesta será efectuada en el capítulo que le sigue y se considerarán variantes a elegir para una mejor optimización de la red. Se realizarán igualmente análisis económicos como forma de encontrar las vías y posibilidades de implementar el proyecto.

CAPÍTULO 1. ASPECTOS TEÓRICOS SOBRE FIBRA ÓPTICA.

1.1 Generalidad sobre la fibra óptica

1.1.1 Fibra Óptica. Descripción física

El cable de fibra óptica es un medio flexible y delgado capaz de confinar un haz de naturaleza óptica. Las fibras ultrapuras son muy difíciles de fabricar; las fibras de cristal multicomponente son más económicas y, aunque sufren mayores pérdidas, proporcionan unas prestaciones suficientes. La fibra de plástico tiene todavía un costo menor y pueden ser utilizadas en enlaces de distancias más cortas, en los que sean aceptables pérdidas moderadamente altas.

Un cable de fibra óptica tiene forma cilíndrica y está formado por tres secciones concéntricas:

- Núcleo: es la sección más interna; está constituido por una o varias fibras de cristal o plástico, con un diámetro entre 8 y 100 micrómetros.
- Revestimiento: rodea a cada fibra, es otro cristal o plástico con propiedades ópticas distintas a las del núcleo. La separación entre el núcleo y el revestimiento actúa como reflector, confinando así el haz de luz, ya que de otra manera escaparía del núcleo.
- Cubierta: capa más exterior que envuelve a uno o varios revestimientos. Está hecha de plástico y otros materiales dispuestos en capas para proporcionar protección contra la humedad, la abrasión y otros peligros.

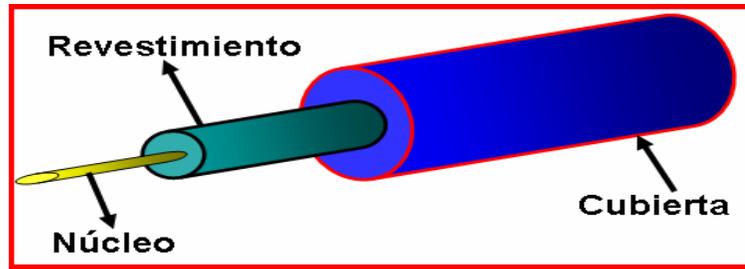


Fig. 1.1 Forma cilíndrica del cable fibra óptica

1.1.2 Origen y evolución histórica de la fibra óptica

El origen y evolución de la fibra óptica está señalada por los siguientes eventos ocurridos en el transcurso de los años:

1. En 1626 Snell presenta la ley que lleva su propio nombre (Snell).
2. Como resultado de estudios en física enfocados a la óptica, se descubrió un nuevo empleo para la luz llamado rayo láser.
3. La luz podía viajar dentro de un material (agua), curvándose por reflexión interna. En 1870 el físico irlandés John Tyndall demostró sus estudios a los miembros de la Royal Society. Más tarde J.L. Baird registró patentes que describían la utilización de bastones sólidos de vidrio en la transmisión de luz, para su empleo en un primitivo sistema de televisión de colores.
4. En 1966 un los investigadores Charles Kao y G.A. Hockham, de Inglaterra, propusieron el uso de fibras de vidrio y luz, en lugar de electricidad y conductores metálicos, en la transmisión de mensajes telefónicos.
5. El 22 de abril de 1977, General Telephone and Electronics envió la primera transmisión telefónica a través de fibra óptica, en 6 Mbit/s, en Long Beach, California.
6. El amplificador que marcó un antes y un después en el uso de la fibra óptica en conexiones interurbanas, fue el amplificador óptico inventado por David Payne de la Universidad de Southampton, y por Emmanuel Desurvire en los laboratorios de Bell.

El primer enlace transoceánico con fibra óptica fue el TAT-8 que comenzó a operar en 1988.(Rivero, 2008)

1.1.3 Ventajas en el empleo de la fibra óptica

A continuación podemos apreciar las siguientes ventajas en el uso de la fibra óptica.

- ✚ Acceso ilimitado y continuo las 24 horas del día, sin congestiones.
- ✚ Video y sonido en tiempo real.
- ✚ Fácil de instalar.
- ✚ Es inmune al ruido y las interferencias, como ocurre cuando un alambre telefónico - pierde parte de su señal a otra.
- ✚ Las fibras no pierden luz, por lo que la transmisión es también segura y no puede ser perturbada.
- ✚ Es segura. Al permanecer el haz de luz confinado en el núcleo, no es posible acceder a los datos transmitidos por métodos no destructivos.
- ✚ Carencia de señales eléctricas en la fibra, por lo que no pueden dar sacudidas ni otros peligros. Son convenientes para trabajar en ambientes explosivos.
- ✚ Presenta dimensiones más reducidas que los medios preexistentes.
- ✚ El peso del cable de fibras ópticas es muy inferior al de los cables metálicos, capaz de llevar un gran número de señales.
- ✚ La materia prima para fabricarla es abundante en la naturaleza.
- ✚ Compatibilidad con la tecnología digital

1.1.4 Desventajas en el empleo de la fibra óptica

Resulta oportuno señalar algunas desventajas en el empleo de la misma, que ciertamente no la quitará el mérito.

- ✚ La alta fragilidad de las fibras.

- ✚ Necesidad de usar transmisores y receptores más caros
- ✚ Los empalmes entre fibras son difíciles de realizar, especialmente en el campo, lo que dificulta las reparaciones en caso de rotura del cable.
- ✚ No puede transmitir electricidad para alimentar repetidores intermedios.
- ✚ La necesidad de efectuar, en muchos casos, procesos de conversión eléctrica-óptica.
- ✚ La fibra óptica convencional no puede transmitir potencias elevadas.
- ✚ No existen memorias ópticas.

1.1.5 Atenuación en la fibra óptica

La atenuación es el factor que indica con que frecuencia deben colocarse los repetidores de la señal que se conduce o propaga por el medio. La atenuación es la pérdida de la energía de la señal óptica durante la propagación por la fibra. La atenuación reduce la potencia óptica que debe atingir el receptor que necesita una cierta cantidad de potencia para recuperar la señal con precisión. La variación de la potencia de la señal a lo largo de la dirección de propagación z puede ser escrita por:

$$\frac{dP}{dz} = -\alpha P$$

Donde: P es la potencia óptica de la señal

α es el coeficiente de atenuación expresado en km^{-1}

Si P_{in} es la potencia de entrada de una fibra con el largo L , la potencia de salida P_{out} se puede lograr de la ecuación #1 y será dada por:

$$P_{out}(z) = P_{in} \exp(-\alpha L)$$

La variación de la potencia sigue una ley exponencial siendo por eso usual expresarse en dB/Km. mediante la relación:

$$\alpha(dB/km) = -\frac{10}{L} \log \left(\frac{P_{out}}{P_{in}} \right) = 4,343\alpha$$

La atenuación puede variar por factores como: la humedad, las curvaturas que sufre el cable, el tipo de fibra utilizada, ya que el método de fabricación determina la atenuación mínima que existe en ella y más.(Autores)

1.1.5.1 Pérdidas Intrínsecas

Son las que dependen de la composición del vidrio, impurezas y no las podemos eliminar.

Cuando ondas de luz se propagan por un medio en el vacío, interactúan con la materia produciéndose el fenómeno de *dispersión* debida a dos factores que son:

-Dispersión Modal: Este es el primer factor limitante con la fibra óptica multimodo (MMF), debido a que cuando los haces de luz se extienden a través de la fibra siguiendo diferentes ángulos, sus longitudes serán ligeramente diferentes y el resultado es que la luz toma menos tiempo para viajar en algunos modos y mas en otros, por lo que ocurre una dispersión por pulso de luz.

O sea que siguiendo diferentes trayectorias no arriban los pulsos en el mismo instante y en otros casos dos pulsos pueden solaparse, apareciendo como si fuera un solo pulso en el receptor. En cortas distancias esto no es problema, pero a distancias superiores a los 1000 metros, el pulso de luz se propaga de una forma tal que no es leído.(Murillo, 2002)

-Dispersión Cromática: La misma es debido a que diferentes longitudes de onda viajen a diferentes velocidades a través de la fibra y provocan que los haces de luz arriben al receptor en diferentes longitudes de onda y cada una de ellas viaja a una velocidad diferente. Estas arriban al receptor en diferentes instantes de tiempo, provocando que el pulso transmitido se expanda. Este parámetro es más importante en las Fibras SMF y el mismo es proporcional a la distancia.(Murillo, 2002)

A continuación se muestra en la tabla como varia este parámetro en un cable SMF.

Tabla 1: Variación de la dispersión cromática por longitudes de onda.

Dispersión cromática	
A 1310 nm	3.5 ps/nm.Km
A 1550 nm	18.0 ps/nm.Km

Esto significa que parte de la luz se irá perdiendo en el trayecto, y por lo tanto resultará estar atenuada al final de un tramo de fibra.

1.1.5.2 Pérdidas Extrínsecas

Son pérdidas debidas al mal cableado y empalme. Pérdidas por curvaturas se producen cuando le damos a la fibra una curvatura de radio menor de 4 o 5 cm aproximadamente. Lo que hace que se escapen los haces de luz del núcleo. Ver la figura 1.2-a.

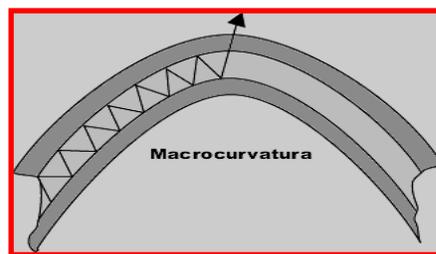


Fig. 1.2-a Superación del ángulo máximo de incidencia admitido para la reflexión total interna en la fibra óptica a causa de la macrocurvatura.

También se dan las pérdidas extrínsecas cuando, al aumentar la temperatura y debido a la diferencia entre los coeficientes de dilatación térmica entre fibras y buffer, las fibras se curvan dentro del tubo. Ver la 1.2-b

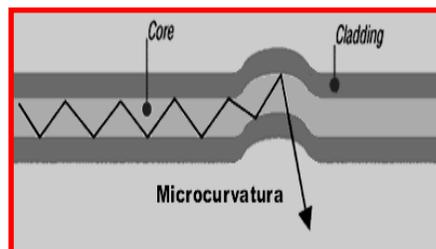


Fig. 1.2-b Superación del ángulo máximo de incidencia admitido para la reflexión total interna en la fibra óptica a causa del aumento de la temperatura

1.1.5.3 Atenuación por tramo y por empalme.

Es debida a las características de fabricación propia de cada fibra (naturaleza del vidrio, impurezas) y se mide en dB/Km, lo cual nos indica cuántos dB se perderán en un kilómetro.

Cuando empalmamos una fibra con otra, en la unión se produce una variación del índice de refracción lo cual genera reflexiones y refracciones, y sumándose la presencia de impurezas, todo esto resulta en una atenuación. Se mide en ambos sentidos tomándose el promedio.

En este proceso de atenuación por empalme podemos encontrar dos tipos de pérdidas: pérdida por inserción y pérdida de retorno reflectancia.

- **Pérdida por inserción:** es la atenuación que agrega a un enlace la presencia de un conector o un empalme.

Pérdida de retorno o reflectancia: es la pérdida debida a la energía reflejada, se mide como la diferencia entre el nivel de señal reflejada y la señal incidente, es un valor negativo y debe ser menor a -30 dB (típico -40dB).

1.1.5.4 Empalmes propiedades y empalmes atenuados.

El resultado real de la medición de un empalme se obtiene midiéndolo desde un extremo, luego, en otro momento se medirá desde el otro para finalmente se tomará como atenuación del empalme el promedio de ambas (suma sobre 2). Ver **Anexo 11**.

En algunos casos, la atenuación de un tramo de fibra óptica es tan baja que puede saturar o dañar el receptor. Para eso se provoca una atenuación inspeccionada y esto se hace con la misma empalmadora, con la función de empalme atenuado.

Entonces, para realizar empalmes atenuados una empalmadora puede desalinearse los núcleos o darle un ligero ángulo a una de las dos fibras los que podremos apreciar en la figura siguiente.

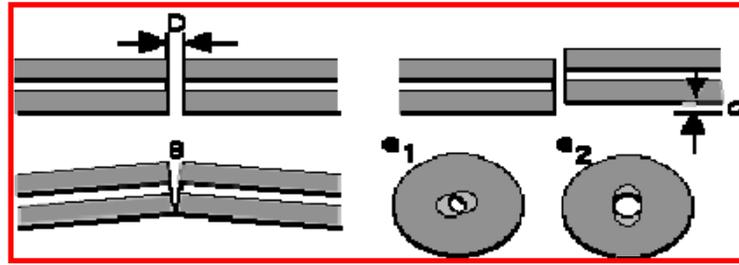


Fig. 1.3 Todos los causales de atenuación geométrica

1.2 Clasificación de las fibras ópticas.

Tipos básicos de fibras ópticas:

- Multimodo
- Multimodo con índice graduado
- Monomodo

1.2.1 Fibra multimodo.

Una fibra multimodo es aquella en la que los haces de luz pueden circular por más de un modo o camino como se muestra en la figura. Esto supone que no llegan todos a la vez. Las fibras multimodo se usan comúnmente en aplicaciones de corta distancia (entre 1 km y 2km). Es simple de diseñar y económico. Es más fácil de conectar y tiene una mayor tolerancia a componentes de menor precisión.

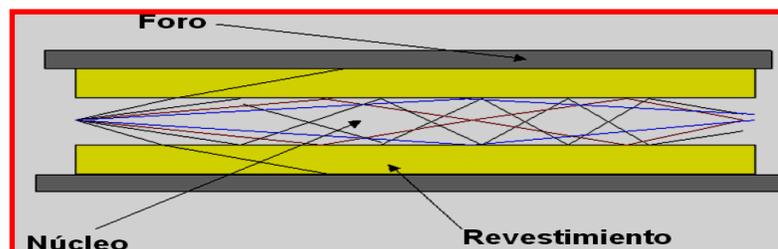


Fig. 1.4 Los rayos ópticos se reflejan a diferentes ángulos.

1.2.2 Fibra multimodo con índice graduado.

En este tipo de fibra óptica el núcleo está hecho de varias capas concéntricas de material óptico con diferentes índices de refracción. La propagación de los rayos en este caso sigue un patrón similar mostrado en la figura 1.5.

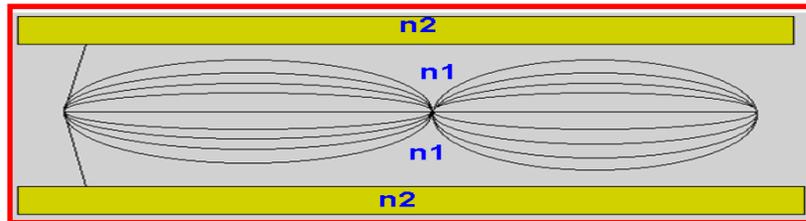


Fig. 1.5 La propagación de los rayos ópticos de forma elíptica en la fibra multimodo con índice graduado.

En estas fibras el número de rayos ópticos diferentes que viajan es menor y, por lo tanto, sufren menos el severo problema de las multimodales. Las fibras multimodo de índice graduado tienen una banda de paso que llega hasta los 500 MHz /km. Los rayos luminosos se encuentran enfocados hacia el eje de la fibra.

La fibra multimodo de índice de gradiente gradual de tamaño 62,5/125 μ m (diámetro del núcleo/diámetro de la cubierta) está normalizado, pero se pueden encontrar otros tipos de fibras que son Multimodo de índice escalonado 100/140 μ m y Multimodo de índice de gradiente gradual 50/125 μ m.

1.2.3 Fibra monomodo.

Potencialmente, esta es la fibra que ofrece la mayor capacidad de transporte de información. Comenzó a ser comercializada en 1983 y hoy constituye 90% de las redes de las principales operadoras de telecomunicación.

2002). Esta fibra tiene un valor igual a cero de dispersión cromática próximo de los 1310 nm y un valor de dispersión en 1550 nm de aproximadamente 17ps/nm.km. La atenuación en esta fibra en las ventanas de 1550 nm es baja (0.2 a 0.22dB/km)

Tiene una banda de paso del orden de los 100 GHz/km. Los mayores flujos se consiguen con esta fibra, pero también es la más compleja de implantar. Sólo pueden ser transmitidos

los rayos que tienen una trayectoria que sigue el eje de la fibra como se muestra la figura 1.6.

Son fibras que tienen el diámetro del núcleo en el mismo orden de magnitud que la longitud de onda de las señales ópticas que transmiten, es decir, de unos 5 a 8 μm . Si el núcleo está constituido de un material cuyo índice de refracción es muy diferente al de la cubierta, entonces se habla de fibras monomodo *de índice escalonado*. Los elevados flujos que se pueden alcanzar constituyen la principal ventaja de las fibras monomodo, ya que sus pequeñas dimensiones implican un manejo delicado y entrañan dificultades de conexión que aún se dominan mal. (LÓPEZ, Clarembaux)

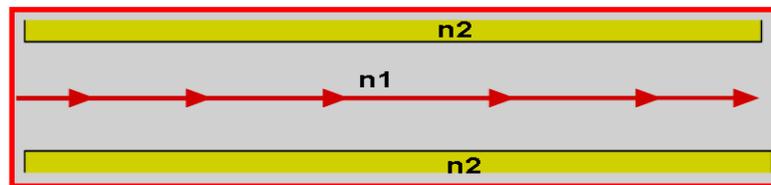


Fig. 1.6 Solo se puede transmitir un rayo en la fibra monomodo

1.3 Sistema de transmisión de señales por Fibra óptica

En un sistema de transmisión por fibra óptica existe un transmisor que se encarga de transformar las ondas electromagnéticas en energía óptica o en luminosa, por ello se le considera el componente activo de este proceso. Una vez que es transmitida la señal luminosa por las minúsculas fibras (según componente), en otro extremo del circuito se encuentra un tercer componente al que se le denomina detector óptico o receptor, cuya misión consiste en transformar la señal luminosa en energía electromagnética, similar a la señal original.

El sistema básico de transmisión se compone en este orden:

La señal de entrada, Amplificador, Fuente de luz, Corrector óptico, Línea de fibra óptica (primer tramo), Empalme, Línea de fibra óptica (segundo tramo), Corrector óptico, Receptor, Amplificador, Señal de salida. Ver figura 1.7

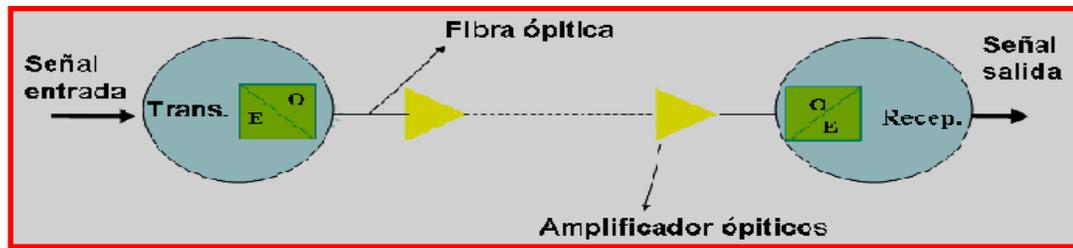


Fig. 1.7 Sistema básico de transmisión(Rivero, 2008)

1.3.1 Transmisor óptico.

El transmisor óptico es un equipo o dispositivo con la función de recibir la señal eléctrica de RF, convertirlo en señal óptica y transmitirlo por la fibra óptica.

El transmisor consiste de una interfase analógica o digital, un convertor de voltaje a corriente, una fuente de luz y un adaptador de fuente de luz a fibra.

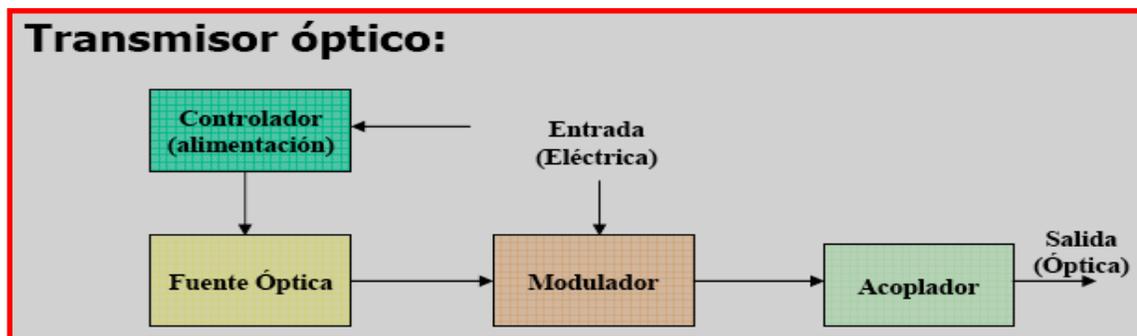


Fig. 1.9 Transmisor óptico(Carlos, 1999)

En un transmisor de fibra óptica la fuente de luz se puede modular por una señal análoga o digital, acoplado impedancias y limitando la amplitud de la señal o en pulsos digitales.

La fuente de luz puede ser un diodo emisor de luz LED (una corriente de 50 a 100 mA) para fibra monomodo o un diodo de inyección láser ILD (una corriente de 5 a 40 mA) para los dos tipos de fibra. La cantidad de luz emitida es proporcional a la corriente de excitación, por lo tanto el convertor voltaje a corriente convierte el voltaje de la señal de entrada en una corriente que se usa para dirigir la fuente de luz. Estos dispositivos se encargan de emitir el haz de luz que permite la transmisión de datos.

El convertor de voltaje a corriente sirve como interfase eléctrica entre los circuitos de entrada y la fuente de luz.

Las características más importantes de un transmisor óptico son la potencia óptica emitida, el espectro de radiación de la fuente óptica y la forma de la señal óptica en la salida del transmisor, que depende de la respuesta en frecuencia del dispositivo

1.3.2 Receptor óptico.

El receptor incluye un dispositivo conector detector de fibra a luz, un foto-detector, un convertor de corriente a voltaje un amplificador de voltaje y una interfase analógica o digital.

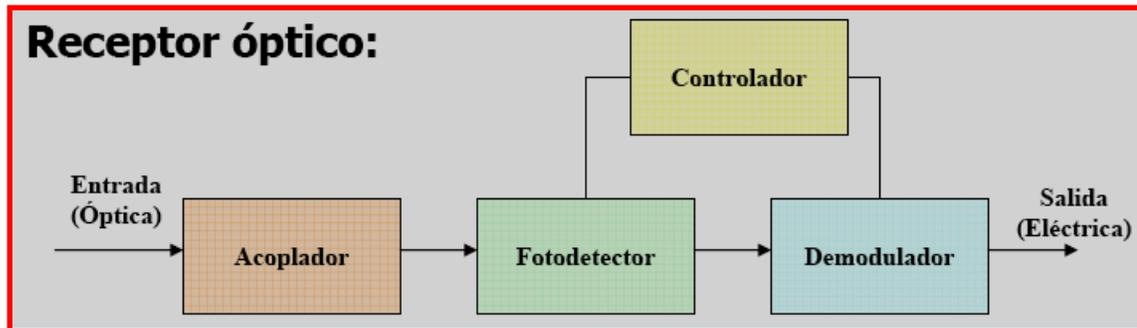


Fig. 1.10 Receptor óptico(Carlos, 1999)

El dispositivo de acoplamiento del detector de fibra a luz también es un acoplador mecánico.

El detector de luz generalmente es un diodo PIN o un APD (fotodiodo de avalancha). Ambos convierten la energía de luz en corriente. En consecuencia, se requiere un convertor corriente a voltaje que transforme los cambios en la corriente del detector a cambios de voltaje en la señal de salida.

1.3.3 Amplificadores ópticos.

Existen en la actualidad dos tipos de amplificadores de fibra: los amplificadores de semiconductor y los amplificadores de fibra óptica.

Existen dos ventajas básicas de los amplificadores de fibra óptica, respecto a los amplificadores convencionales, que han hecho que su uso sea más frecuente. En primer

lugar, la potencia de suministro necesaria es mucho menor. En segundo lugar, la fibra óptica puede enrollarse fácilmente, ocupando poco volumen, lo que permite utilizar amplificadores muy largos, para conseguir la máxima ganancia compatible con la potencia de suministro utilizada.

Existen tres tipos básicos de amplificadores de fibra óptica: los de núcleo dopado con iones de tierras raras, los de difusión Brillouin estimulada y los de difusión Raman estimulada.

El pequeñísimo ancho de banda de los amplificadores basados en efecto Brillouin y la considerable potencia de suministro necesaria en los amplificadores basados en efecto Raman, han hecho que se hayan dedicado esfuerzos mucho más considerables a la investigación y desarrollo de amplificadores de fibra dopada con tierras raras, y dentro de estos los de fibra de sílice dopada con erbio por su gran ganancia, ancho de banda y bajo ruido.

1.3.3.1 Amplificadores de Erblio (Erbium Doped Fiber Amplifier).

Los EDFAs se basan en la utilización de iones de tierras raras como medio de ganancia. Estos iones se introducen en el interior del núcleo de las fibras durante el proceso de fabricación y posteriormente se bombean ópticamente para producir la ganancia. (Ramos, 2002)

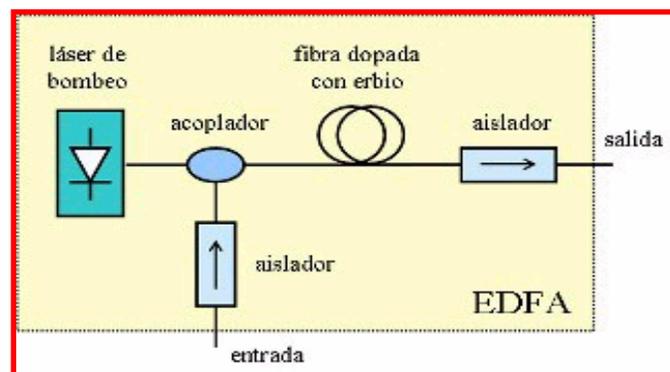


Fig. 1.11 Esquema de un EDFA (Rebolledo, 2000)

Con estos amplificadores se consiguen hasta 50dB de ganancia (en régimen de baja señal de entrada), con potencias de bombeo moderadas (de varias decenas de mW).

Por otra parte, la zona espectral en la que amplifican se encuentra típicamente en torno al intervalo que va desde 1530 a 1550nm, correspondiente a la tercera ventana, la cual tiene

especial interés en CATV por la baja atenuación que presentan las fibras de sílice a estas longitudes de onda, logrando extender el alcance de estas redes a distancias superiores a los 150Km.(Rebolledo, 2000)

1.3.4 Conectores.

Los conectores son dispositivos mecánicos utilizados para recoger la mayor cantidad de luz. Realizan la conexión del emisor y receptor óptico.

Facilidad en el empleo, invariabilidad en sus características, permiso de conectarse y desconectarse sin alterar su forma (deterioro) y garantizar menor cantidad de pérdida posible, son en total el conjunto de principales características que deben tener los conectores.

1.3.4.1 Tipos de conectores.

De los conectores existentes, los más comunes son (Ver Anexo I):

Conectores ST (straight tip): Estos son usados en redes de datos, son para los dos tipos de fibras. El ST es un conector de fibra óptica que utiliza un conector de enchufe y zócalo que está bloqueado en su lugar con un medio giro de bloqueo de bayoneta. El conector ST defactor fue la primera norma para el cableado de fibra óptica. El conector ST se ha normalizado como FOCIS 2 (conector de fibra óptica Intermateability Standards) en EIA/TIA-604-02.

Conectores SC (Subscriber connector): es un conector de fibra óptica con un conector push-pull, mecanismo de enganche rápido que proporciona la inserción y la eliminación al mismo tiempo que aseguran una conexión positiva. El conector SC se ha normalizado como FOCIS 3 (de fibra óptica Conector Intermateability Standards) en EIA/TIA-604-03.

FCPC (Fiber connector, physical contact) o FC: es un conector de fibra óptica con conector roscado cuerpo que fue concebido para utilización en ambientes de alta vibración. El conector FCPC se ha normalizado como FOCIS 4 (Fibra Óptica Connector Intermateability Standards) en EIA/TIA-604-04.

Los encima señalados son los conectores más comunes, pero sin embargo podemos titas algunos más como: TNC, LC, MTRJ y N.

1.3.5 Empalmes y conexión de fibras ópticas.

Concretamente, los empalmes son las uniones fijas para lograr continuidad en la fibra. Para la instalación de sistemas de fibra óptica los núcleos no se empalmen perfecta y uniformemente porque una parte de la luz que sale de un núcleo no incide en el otro núcleo y se pierde.

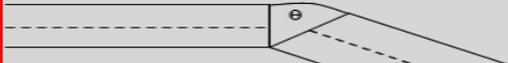
	MONOMODO	GRADUAL
Desalineamiento 	$x = 2 \mu m$ 0.74 dB	$x = 2 \mu m$ 0.06 dB
Inclinación de caras 	$\Theta = 1^\circ$ 0.21 dB	$\Theta = 1^\circ$ 0.03 dB
Diferencia de Índices 	$A_1 = 0.2 \%$ $A_2 = 0.25 \%$ 0.03 dB	$A_1 = 1 \%$ $A_2 = 0.8 \%$ 0.32 dB
Inclinación de ejes 	$\Theta = 1^\circ$ 0.4 dB	$\Theta = 1^\circ$ 0.15 dB
Diferencia de núcleos 	$2a_1 = 10 \mu m$ $2a_2 = 8 \mu m$ 0.02 dB	$2a_1 = 50 \mu m$ $2a_2 = 48 \mu m$ 0.15 dB

Fig. 1.12 Las pérdidas que se introducen en caso de que los núcleos no se empalmen perfecta y uniformemente.

En las fibras monomodo los problemas de empalme se encuentran principalmente en su pequeño diámetro del núcleo (10µm). Esto exige contar con equipos y mecanismos de alineamiento de las fibras con una mayor precisión.

Las pérdidas de acoplamiento se presentan en las uniones de: Emisor óptico a fibra, conexiones de fibra a fibra y conexiones de fibra a fotodetector.

Las pérdidas de unión son causadas frecuentemente por una mala alineación lateral, mala alineación de separación, mala alineación angular, acabados de superficie imperfectos y diferencias ya sea entre núcleos o diferencia de índices, como los indicados en la figura.

1.3.6 Técnicas de empalmes.

Existen fundamentalmente dos técnicas diferentes de empalme que se emplean para unir permanentemente entre sí las fibras ópticas son: empalme por fusión (actualmente se utiliza en gran escala) y el empalme mecánico.

1.3.6.1 Empalme por fusión.

El empalme por fusión se realiza fundiendo el núcleo, siguiendo las etapas que se muestra a continuación en la figura 1.3.5.

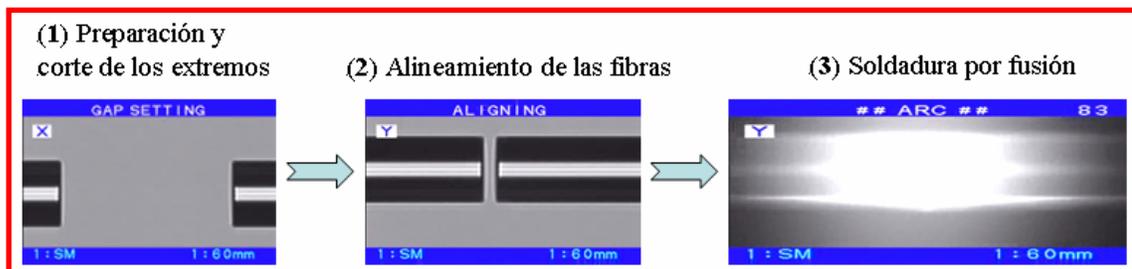


Fig. 1.13 Etapas a seguir para ejecución del empalme por fusión.

En este proceso de empalme por fusión todo se concluye con una última y cuarta etapa que es la de protección del empalme. Se protege de diferentes maneras: pegándose sobre unas almohadillas autoadhesivas existentes en algunos cassettes de empalmes, rodeándose con una bisagra autoadhesiva, o con manguitos termocontraíbles que poseen un nervio metálico.

1.3.6.2 Empalme mecánico.

Este tipo de empalme se usa en el lugar de la instalación donde el desmontaje es frecuente, por ejemplo, para probar bobinas. Producen atenuaciones altas, del orden de 0.20 a 1dB.

Estos empalmes pueden ser cilindros con un orificio central (ver la figura 7-a), o bandejitas cerradas con dos pequeñas llaves que nos permiten introducir las fibras (ver la figura 7-b).

Es importante que las caras del núcleo de la fibra óptica coincidan exactamente. (Autores_Colectivo)

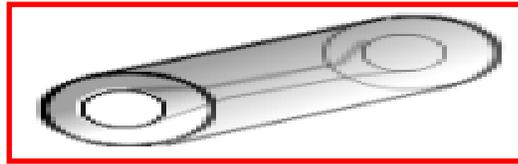


Fig. 1.14 Empalmes cilindros.



Fig. 1.15 Empalmes de bandejitas cerradas.

1.4 Cables de la fibra óptica

Los parámetros para formar un cable especial son:

- ✚ Esfuerzo máximo permitido en la fibra durante su fabricación, instalación y servicio; determina la fuerza mínima de ruptura de la fibra y la fuerza requerida para el miembro de tensión.
- ✚ Fuerza lateral dinámica y estática máxima ejercida sobre la fibra, para determinar la configuración del cable y el límite de tolerancia de micro curvaturas.
- ✚ Flexibilidad
- ✚ Rango de temperatura y medio ambiente en donde el cable va a operar, paralela elección del tipo de materiales a utilizar tomando en cuenta su coeficiente de expansión térmica y su cambio de dimensiones en presencia de agua.

Para cumplir estos requerimientos se observan las siguientes recomendaciones:

- ✚ Evitar cargas o esfuerzos mecánicos sobre las fibras.
- ✚ Aislar la fibra de los demás componentes del cable.
- ✚ Mantener las fibras cerca del eje central y proporcionar espacio a las fibras para su mantenimiento.
- ✚ Escoger los materiales de los elementos del cable con mínimas diferencias en sus coeficientes de expansión térmica.

1.4.1 Tipos de cables de fibra óptica.

Hay tres tipos de cable de fibra según su composición disponible actualmente que son:

- ✚ Fibra de núcleo de plástico y cubierta plástica
- ✚ Fibra de núcleo de vidrio con cubierta de plástico (frecuentemente llamada fibra PCS, El núcleo silicio cubierta de plástico)
- ✚ Fibra de núcleo de vidrio y cubierta de vidrio (frecuentemente llamadas SCS, silicio cubierta de silicio)

Las fibras de plástico tienen ventajas sobre las fibras de vidrio por ser más flexibles, más fuertes, fáciles de instalar, pueden resistir mejor la presión, son menos costosas y pesan aproximadamente 60% menos que el vidrio. La desventaja es su característica de atenuación alta: no propagan la luz tan eficientemente como las fibras de vidrio. Por tanto las de plástico se limitan a distancias relativamente cortas.

Básicamente los cables de fibra óptica se clasifican en:

- ✚ Cable de estructura holgada
- ✚ Cable de estructura ajustada.
- ✚ Cable blindado

Cable de estructura holgada

Este cable se figura de varios tubos de fibra rodeando un miembro central de refuerzo, y rodeado de una cubierta protectora. (Ver Anexo II)

Podemos decir que este tipo de cable son tubos de fibra con un aproximado de 2-3 milímetros de diámetro. Lleva varias fibras ópticas que descansan holgadamente en él. Los tubos pueden ser huecos o, más comúnmente estar llenos de un gel resistente al agua que impide que ésta entre en la fibra.

Cable de estructura ajustada

Contiene varias fibras con protección secundaria que rodean un miembro central de tracción, y todo ello cubierto de una protección exterior. (Ver Anexo II)

Un cable de estructura ajustada es más flexible y tiene un radio de curvatura más pequeño que el que tienen los cables de estructura holgada. Se ha diseñado para instalaciones en el interior de los edificios. Puede instalarse en tendidos verticales más elevados que los cables de estructura holgada, debido al soporte individual de que dispone cada fibra.

Cable blindado

Tienen una coraza protectora o armadura de acero debajo de la cubierta de polietileno, proporcionando al cable una resistencia excelente al aplastamiento y propiedades de protección frente a roedores. Se usa este cable frecuentemente en aplicaciones de enterramiento directo o para instalaciones en entornos de industrias pesadas. (Ver Anexo II)

Existen otros cables de fibra óptica para las siguientes aplicaciones especiales:

Cable aéreo autoportante o autosoportado: Generalmente este cable de estructura holgada es diseñado para utilizarse en estructuras aéreas.

Cable submarino: Es un cable de estructura holgada diseñado para permanecer sumergido en el agua.

Cable compuesto tierra-óptico (OPGW): Es un cable de tierra que tiene fibras ópticas insertadas dentro de un tubo en el núcleo central del cable.

1.4.2 Aplicaciones de la fibra óptica.

Internet

Con la fibra óptica es posible navegar por Internet a una velocidad de dos millones de bps, lo que no se alcanza en el sistema convencional.

Redes

La fibra óptica se emplea cada vez más en la comunicación, debido a que las ondas de luz tienen una frecuencia alta y la capacidad de una señal para transportar información aumenta con la frecuencia. En las redes de comunicaciones se emplean sistemas de láser con fibra óptica.

Telefonía

Precisamente con la implantación de los servicios en banda ancha como la videoconferencia, la videotelefonía, etc., la fibra óptica se hará imprescindible para el abonado.

Sensores

Las fibras ópticas se pueden utilizar como sensores para medir la tensión, la temperatura, la presión y otros parámetros.

Transmisión de: luz, láser y imágenes

1.5 Cable Coaxial.

El cable coaxial consiste de un núcleo sólido de cobre rodeado por un aislante, una combinación de blindaje y alambre de tierra y alguna otra cubierta protectora.

El cable coaxial está formado por:

- ✚ Un conductor central o núcleo, formado por un hilo sólido o trenzado de cobre.
- ✚ Un conductor exterior en forma de tubo, formado por una malla trenzada de cobre o aluminio o bien por un tubo. Este conductor exterior produce un efecto de blindaje y además sirve como retorno de las corrientes.

- ✚ Los conductores están separados entre si por una capa aislante llamada dieléctrico. La calidad del cable depende de la calidad del dieléctrico.
- ✚ Todo el conjunto esta protegido por una cubierta aislante.

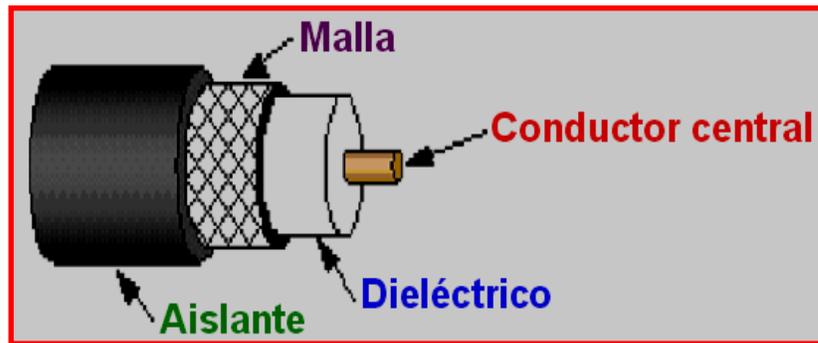


Fig. 1.14 Estructura del cable coaxial

1.5.1 Ventajas en el uso del cable coaxial.

De las ventajas que se presenta el cable coaxial tenemos que:

- Tiene una gran frecuencia que le permite transmitir varias señales, convirtiéndola en ideal para el transporte de muchos cables de televisión. Cada canal tiene también un mayor ancho de banda que permite el transporte de video con mucha definición.
- El blindaje reduce la interferencia, permitiendo una mayor distancia entre los amplificadores.

1.5.2 Desventajas en el uso del cable coaxial.

El cable coaxial es más costoso para instalar

Su topología de red es propensa al congestionamiento

1.5.3 Efecto pelicular en el cable coaxial.

Se puede caracterizar un cable coaxial mediante un circuito equivalente que incluya las resistencias e inductancias reales de los conductores internos y externo, así como la relación

entre ambos, dada por una capacidad y una resistencia. Más o menos, un circuito equivalente para un tramo de coaxial tendría la siguiente forma:

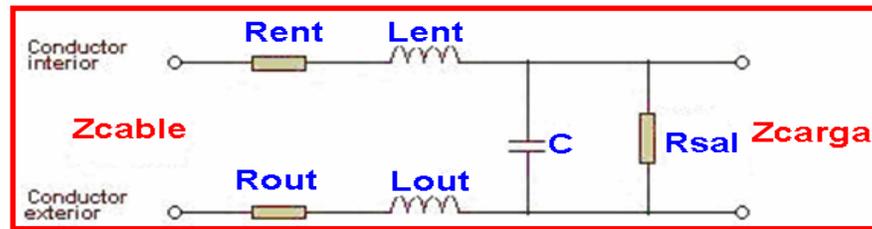


Fig. 1.15 Circuito equivalente del cable coaxial

Analizando este circuito se llega a la conclusión de que la impedancia del cable vendrá determinada por la expresión:

$$Z_{\text{cable}} = \sqrt{\frac{R_{\text{central}} + R_{\text{exterior}} + j2\pi f(L_{\text{central}} + L_{\text{exterior}})}{1/R_{\text{aislamiento}} - j2\pi fC}}$$

Donde f representa la frecuencia de trabajo. Al analizar esta expresión, se ve en primer lugar que cuando $f=0$, es decir, en corriente continua, la expresión se reduce a una relación de las resistencias de los conductores interno y externo. En este caso se obtiene la resistencia de lazo, ya comentada anteriormente. A bajas frecuencias se puede aproximar la impedancia del cable por la resistencia del bucle, hasta los 50Hz aproximadamente.

A altas frecuencias, la corriente en el conductor central tiende a desplazarse hacia la superficie del mismo. Esto sucede porque para altas frecuencias la atenuación introducida por el conductor aumenta al aumentar la resistencia. La corriente busca el camino de menor resistencia, y este es la superficie del conductor. Este efecto se denomina efecto pelicular y su consecuencia más apreciable es que a mayores frecuencias mayor atenuación introduce el coaxial. Por otra parte este efecto permite usar metales de baja calidad conductora recubiertos con películas de muy buenos conductores como conductor central, con lo que se reduce considerablemente el costo.

1.5.4 Atenuación en cable coaxial y su relación con los parámetros.

Las características intrínsecas de los cables coaxiales influyen en su desempeño. De esta forma la ecuación siguiente refleja la importancia en el manejo de los parámetros que componen el cable coaxial. Relaciones

Las fórmulas que relacionan estos parámetros son las siguientes:

Constante de propagación

$$y = a + jb \text{ o } y = (R + j\omega L) / (G + j\omega C)$$

Donde $\omega = 2\pi f$

Impedancia característica

$$Z_c = (R + j\omega L) / (G + j\omega C)$$

Estas expresiones son válidas para todo el rango de frecuencias RF. Sin embargo para las frecuencias RF utilizadas en CATV se verifica lo siguiente:

$$\omega L \gg R \text{ y } \omega C \gg G$$

Por lo tanto:

$$Z_c = (L/C) \text{ (Ohms)}$$

Esta expresión nos indica la independencia de la impedancia característica con respecto a la banda de frecuencias, y pasa a depender de parámetros físicos como se indica en la ecuación siguiente reflejando la dependencia de la impedancia característica con diámetros y de la constante dieléctrica. Cuanto mayor sea el diámetro, menor la atenuación y cuanto menor sea la constante dieléctrica del material, menor será la atenuación.

$$Z_c = \frac{138}{\sqrt{\epsilon}} \log \frac{D}{d}$$

Donde ϵ = constante dieléctrica

D = diámetro externo

d = diámetro interno

De las fórmulas también se puede deducir la velocidad de propagación, la cual esta dada por:

$$v_p = 1 / (L/C) \text{ (Kms./seg.)}$$

Las señales electromagnéticas se propagan en el espacio libre a la velocidad de la luz (300.000 Km/seg.), sin embargo en un cable la velocidad se reduce por efecto del tiempo de carga de la capacidad distribuida. Los fabricantes indican la velocidad de propagación como un porcentaje de la velocidad en espacio libre, por ejemplo la velocidad de propagación de los cables rígidos con dieléctrico de foam se encuentra alrededor del 88%. Para cables con dieléctrico de aire (conductor central separado con arandelas aislantes), la velocidad de propagación supera el 90%.

1.5.5 Tipos de cables coaxiales

El coeficiente de velocidad corresponde la calidad del cable y están definidos por el tipo de dieléctrico que separan los conductores y para eso se utilizan materiales comunes como:

- ✚ **Dieléctrico de aire:** se utilizan de soportes de polietileno para sostener el conductor interior. Son cables que presentan atenuaciones muy bajas.
- ✚ **Dieléctrico de polietileno esponjoso:** es más consiste que el anterior pero tiene pérdidas más elevadas.
- ✚ **Dieléctricos de polietileno macizo:** posee mayor atenuación que el anterior y solo se usa para conexiones cortas (10-15 m).
- ✚ **Dieléctrico de teflón:** es de pocas pérdidas y se utiliza en microondas.

De este modo los cables coaxiales más comunes son:

- ✚ Los **cables coaxiales GR-59** es el más utilizado por tener ser más flexible, siendo prácticamente un padrón y para instalaciones de pequeña o medianas dimensiones. Este cable tiene el mayor grado de atenuación entre los tres RG específicamente señalaremos. El mismo puede Alcanzar distancia entre 230 y 300 metros.

- ✚ Los **cables coaxiales RG-6** está situado entre los dos tipos anteriores en ambas características. Las diferencias entre los tipos de RG no están limitadas solamente al tamaño, pero también a las características de la atenuación y la distancia de transmisión. Este cable tiene un grado de atenuación menor que RG-59 y puede alcanzar distancia entre 300 y 450 metros.
- ✚ Los **cables RG-11** tienen un diámetro mucho mayor y un grado de maleabilidad mucho menor que el RG-59. El RG-11 tiene una la característica de atenuación más bajas entre los tres tipos y puede alcanzar distancia entre 450 y 600 metros.
- ✚ **Coax-½” (Cable 500)** se usa en las líneas de baja atenuación. El mismo tiene un diámetro exterior de 14,7 mm. La atenuación a 400Mhz es de 4,83 dB/100 m. Se usa también en las líneas de la red de distribución.
- ✚ **Celflex ½”** tiene su uso en Trayecto parábolas – cabecera. Su diámetro exterior es de 16 mm. La atenuación a 400Mhz es de 4,40 dB/100 m.
- ✚ **Coax-3 (Cable .750)** es usado en red Troncales y en Líneas de baja atenuación. Su diámetro es de 21,6 mm. Su atenuación a 400 Mhz es de 3,91 dB/100 m.(COLECTICO_AUTORES)

1.5.6 Conectores coaxiales.

Tras lo expuesto anteriormente, es evidente que será fundamental para alcanzar una buena calidad en el sistema vigilar cuidadosamente no sólo el propio coaxial, sino los puntos de unión de este con otros dispositivos o medios. Esta importancia proviene de que se deben evitar, en la medida de lo posible, reflexiones que degraden la señal, aumentando las pérdidas. Además, por ser puntos de unión, los conectores serán los puntos de la red más vulnerables a la influencia de fenómenos externos.

En realidad, y gracias al gran desarrollo de la tecnología de coaxial, existen muchos conectores de alta calidad y muy fiables, siempre que se instalen correctamente. (Ver Anexo VI).(ANÓMINO, 2009a)

1.5.7 Aplicaciones del cable coaxial.

Los cables coaxiales son utilizados en las redes urbanas de televisión por cable e Internet y en las líneas de distribución de señal de vídeo (RG-59). Es utilizado también para transporte de señal de radio y conectar receptores, entre el un emisor y su antena de

emisión. También se utiliza en las redes telefónicas interurbanas, en los cables submarinos para ligar dispositivos con equipos de ensayo, como señal generador.

1.6 Los cables modems. Definición

Los módems de cable son una nueva y revolucionaria tecnología que proporciona acceso a datos a gran velocidad usando una red de televisión por cable. Los módems de cable se conectan directamente al ordenador a través de tarjetas de red, y los canales de TV por cable permanecen inalterados.

Los servicios más populares que ofrecen estos módems de cable son los accesos a altas velocidades a Internet superior a las líneas convencionales, audio de alta calidad, servidores de vídeo, contenidos locales, acceso a servidores CD-ROM y más.(Autores)

1.6.1 Clasificación de los cable modems y su funcionamiento.

En función del hardware: podemos encontrar los módems de cable como dispositivo interno y como dispositivos externos.

Modems simétricos: proporcionan la misma velocidad de transmisión tanto en el canal ascendente como en el descendente. Las portadoras ascendente y descendente ocupan normalmente cada una un canal de 6 Mhz, 3 Mhz ó 1Mhz.

Modems asimétricos: estos módems proporcionan mayor velocidad al canal descendente que al ascendente. Lo normal es tener unas portadoras de 6 Mhz en el canal descendente y las ascendentes de un ancho que puede variar entre 250 Khz y 2 Mhz.

También podremos clasificar a los cables módem respecto a niveles que implementen. Referente a eso tenemos los siguientes tipos:

Modems que implementan el nivel físico y el MAC de forma transparente: en este nivel se engloban los primeros modems, cuya una función era aumentar la extensión de las redes de área local (es decir, simples *puentes*). Permitían al usuario elegir el protocolo de comunicación entre ellos.

Modems que encaminan tráfico IP: se encargan de transportar tráfico IP entre los usuarios y cabecera de forma transparente. En la cabecera se instala un router que encaminará los paquetes hacia el destinatario de la propia red o hacia otra red distinta.

Modems que se basan en ATM: dividen el mensaje en porciones de igual tamaño que las celdas ATM (53 bytes) y usan los protocolos de señalización de este estándar para proporcionar distintas clases de servicios.

Como su propia palabra dice, un cable módem es un módem en el sentido estricto de la palabra ya las señales son moduladas y demoduladas. Los cables módems son más sofisticados que los módems telefónicos.

- Conexión del módem con la red de CATV

La red de CATV llega al hogar del usuario hasta una toma de cable similar a la que tenemos actualmente. De aquí saldrá un cable coaxial que deberemos llevar hasta un divisor o *splitter* ya que también queremos llevar cable hasta la televisión.

1.6.2 Conexión del cable modem con el usuario.

Es preferible elegir los cables módems como dispositivos externos para evitando tener que modificar el hardware del ordenador del usuario. Así lo único que se debe hacer es conectar el cable de par trenzado que sale del módem al conector estándar RJ-45 de la tarjeta Ethernet instalada en el ordenador del usuario. Por la misma razón, también prefieren no utilizar ningún software para controlar el módem.

1.6.3 Tecnología de los cable modems.

Para comunicaciones de datos en las redes de cable se emplea un simple canal de 8 Mhz en el cable coaxial que siempre estará disponible para el uso mientras el ordenador esté encendido.

1.6.4 Portadoras y modulacion.

Las portadoras emitidas desde cabecera se colocan junto con los canales de TV en cualquier espacio libre dentro de este rango de frecuencias (55 y 860 Mhz). Estas portadoras tienen

un ancho de 8 Mhz en el estándar europeo y de 6 Mhz en el estándar americano. El problema de las portadoras está en los ruidos existentes en la zona baja del espectro, en el canal ascendente. La solución debe ser que se busque un lugar del espectro lo más despejado, donde no interfieran con otros servicios bidireccionales como TV interactiva y telefonía.

Cuanto más eficiente sea un sistema de modulación más vulnerable será al ruido. Por lo debemos buscar una modulación que presente un compromiso entre robustez para las condiciones de calidad de un canal y eficiencia.

La modulación en sistemas simétricos: Suelen utilizar modulación QPSK o BPSK, siendo esta segunda más robusta frente al ruido y con la misma podemos obtener en un canal de 6 Mhz velocidades de 10 y 40 Mbps respectivamente.

La modulación sistemas asimétricos: En el canal descendente se utiliza 64QAM obteniendo velocidades de 30 Mbps en canales de 6 Mhz. En el canal ascendente las posibilidades óptimas son BPSK, QPSK ó 16QAM.

Actualmente, algunos fabricantes tienden a asignar anchos de banda de manera dinámica. También se puede asignar dinámicamente el tipo de modulación.

1.6.5 Potencia emitida por los cable modems.

La potencia con la que emiten los módems depende de la distancia de estos a la cabecera. Esta potencia varía entre valores de 30 a 60 dBm. El cable módem, en el canal ascendente, controla la potencia de cada portadora y la potencia total de todas las portadoras para que no se saturen los amplificadores de retorno provocando así productos de intermodulación. Mantenerse una relación C/N adecuada para obtener transmisiones digitales sin errores. (Terayon., 2009)

1.7 Spliter ópticos.

Los Spliter son dispositivos pasivos que generalmente está ligado en la entrada de la línea del abonado, donde deben derivar un par de hilos que van directamente al módem y otro

par para los dispositivos de voz. Los Splitter tienen la función de concentrar la señal DSL solo en un par de hilos, evitando así que la señal DSL recorra toda la instalación interna perdiendo su característica o sufriendo interferencia. Los Splitter dividen la señal en un par iguales (ver figura 1.16).

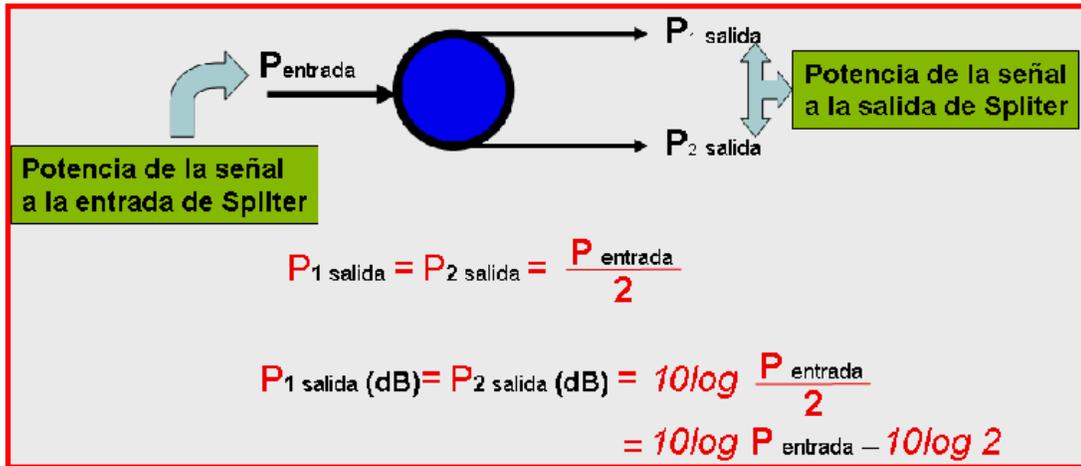


Fig. 1.16 Splitter dividido en par iguales.

Del mismo modo los Splitter pueden dividir la señal en un par iguales y una desigual (ver Figura 1.17).

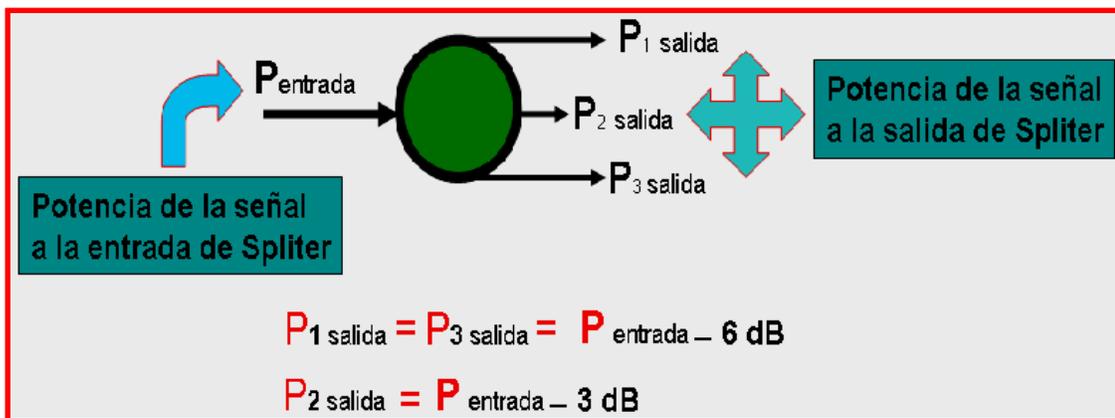


Fig. 1.17 Splitter dividido en un par iguales y una desigual.

Estos valores presentados en la figura son considerados ideales, porque en la realidad, en los Splitter real, los valores esperados estarán en función de la frecuencia que se usa y se debe considerar las atenuaciones en este tramo del sistema que son elevadas.

	En el Spliter de 3 salidas		En el Spliter de 2 salidas
	Pedidas en P_2 salida	Pedidas en P_1 salida y en P_3 salida	Pedidas en P_1 salida y P_2 salida
Altas Frecuencias	4,8 dB	8,5 dB	4,5 dB
Bajas Frecuencias	4,0 dB	7,4 dB	3,9 dB

Fig. 1.18 Valores reales esperados de las potencias en función de las frecuencias

CAPÍTULO 2. RED DE TELECOMUNICACIÓN DE SÃO TOMÉ Y PRÍNCIPE. CONSIDERACION PARA EL DISEÑO DE LA RED HFC.

São Tomé y Príncipe se prepara para vivir importantes cambios en distintos sectores que aportaran recursos económicos y adelantos sociales.

Entre los sectores están el turismo, con la construcción y reestructuración de los hoteles. Se crearán más universidades y centros de enseñanza. Está en curso la ejecución del proyecto de construcción del Puerto de Aguas Profundas en la zona de la playa “Fernán Días”. Se creará la zona franca teniendo en cuenta la situación geográfica del país (Golfo de Guinea). El País se prepara para vivir la llamada “Era del petróleo”, donde se dará inicio a la explotación de este recurso natural.

Se ha llegado a la conclusión de que para responder a las exigencias del tiempo moderno no se puede olvidar las nuevas tecnologías, más que todo porque constituyen ya una necesidad. Es precisamente ahí donde la **Red de Fibra Óptica** entra en acción, porque carecería de sentido llevarse a cabo tales cambios en el país sin considerarse la eficiencia, la velocidad, la capacidad y la calidad que son variables a medirse para que se logre el desarrollo real.

2.1 Situacion geografica de São Tomé y Príncipe.

São Tomé y Príncipe son las dos islas principales del país (archipiélago ubicado en el Golfo de Guinea) como se puede ver en la figura 2.1. São Tomé y Príncipe dista 250 km de la Costa Gabonesa (país africano más cercano de São Tomé y Príncipe). Las islas presentan

una superficie de 1.001 km² (859 km² para la isla de São Tomé y 142 km² para la isla de Príncipe).



Fig. 2.1 Ubicación de São Tomé y Príncipe en el Golfo de Guinea (África)

Tener una Red de Fibra Óptica en São Tomé y Príncipe es, sin duda, la abertura del país al mundo de las Telecomunicaciones a velocidad de Gbps. Será una eficiente reestructuración de las redes del país para las presentes y futuras aplicaciones que se harán necesarias. En suma será el gran paso rumbo al desarrollo.

La gran red de Fibra Óptica a nivel mundial se está extendiendo por todo el mundo, conectando los continentes por cables submarinos de fibra óptica transoceánicos, respaldada por grandes inversiones. Los países, a su vez, se están conectando y de esta forma están integrando la comunicación mundial a una velocidad nunca antes registrada.

São Tomé y Príncipe debe esforzarse para asomarse a la citada red mundial de redes para no quedarse fuera en el proceso de globalización, para aprovechar las ventajas de los adelantos tecnológicos que brinda la Fibra óptica y principalmente por cuestión de necesidad para unirse a la integración mundial de las comunicaciones. Por esta razón el país recibirá mediante un proyecto en curso una conexión de fibra óptica por cable submarino a través de Gabón

2.2 Telecomunicación en São Tomé y Príncipe

São Tomé y Príncipe, dos islas adentradas en el atlántico constituyen un medio excelente para las telecomunicaciones en aras de la comunicación del país con el mundo exterior. Por otro lado la telecomunicación constituye hoy día la cohesión, la solidaridad social y el desarrollo del país en un mundo globalizado en la rama del conocimiento, de la información y de las nuevas tecnologías.

En São Tomé y Príncipe existe una sola Empresa de Telecomunicación que es la CST (Compañía Santomense de Telecomunicación). La misma fue creada en 1990 como consecuencia de la reestructuración de la antigua empresa (ENATEL) que prestaba servicio de telecomunicación en el país. Actualmente la CST es una empresa mixta (Marconi-STP).

La empresa de telecomunicación CST, siendo la única en el país, es la responsable de responder a las necesidades de un cierto número de clientes. En la siguiente tabla se puede observar la distribución de la población por los distritos y sus respectivas estaciones territoriales. (CST (Companhia Santomense de Telecomunicações, 2009)

Tabla 2.1: Datos geográfico y demográfico.

S. Tomé y Príncipe				
Distritos	Capital de los Distritos	Habitantes	Extensión Territorial	Coordinadas
Água Grande	São Tomé (CP)	54300 hab	17 km ²	0° 55' N 6° 31' E
Mezochi	Trindade	42000 hab	122 km ²	0° 10' N 6° 40' E
Lobata	Guadalupe	20000 hab	105 km ²	0° 21' N 6° 40' E
Cantagalo	Santana	13258 hab	119 km ²	0° 10' N 6° 40' E
Lembra	Neves	10696 hab	229 km ²	0° 21' N 6° 30' E
Pagué	Santo António	5966 hab	36 km ²	0° 55' N 6° 31' E
Caué	São João dos Angolares	5900 hab	267 km ²	0° 5' N 6° 36' E

La CST ofrece los siguientes servicios a sus clientes:

- ✚ Servicios de Telefonía fija: líneas analógicas y digital

2.4 Lugares estratégicos de la empresa CST en São Tomé y Príncipe

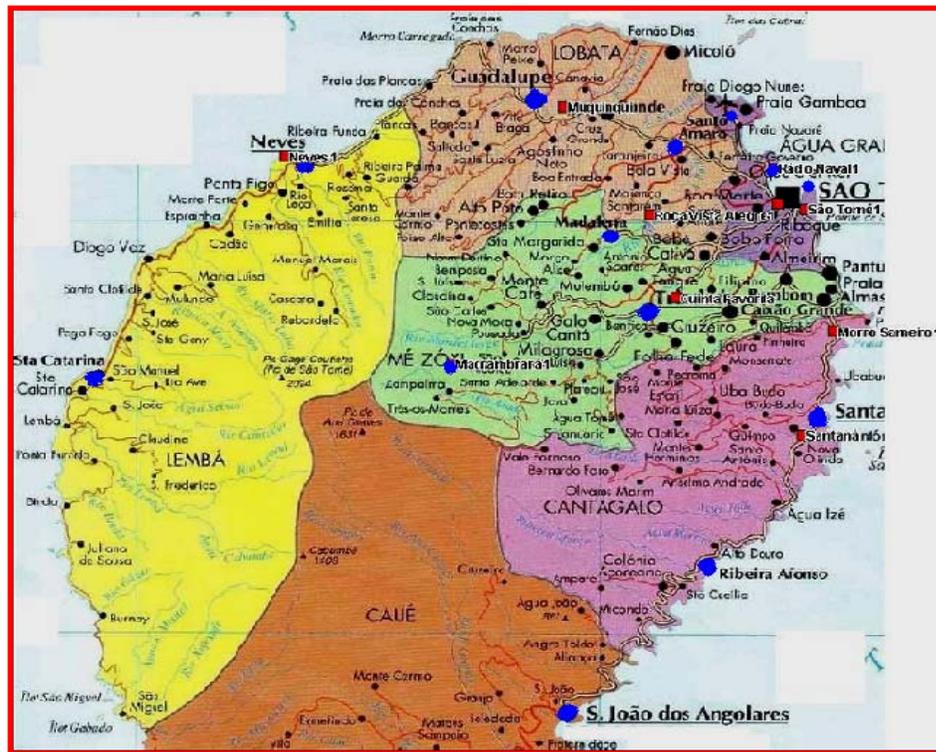


Fig. 2.3 Lugares estratégicos de la Empresa de Telecomunicación, CST, en STP.

La empresa de Telecomunicaciones CST tiene estaciones, conmutadores, antenas, transmisores, receptores, sistema IRT, sistemas GSM y los equipos distribuidos por varias regiones del país, según señala el mapa de la figura.

2.5 Sistema de comunicación en São Tomé y Príncipe

Para cubrir las necesidades del país la empresa tiene instalada, en distintas partes, medios y equipos, formando sistemas independientes que, por las situaciones geográficas, transmiten y reciben señales de las antenas.

El ancho de banda (w) que se usa es de 2Mbps. La multiplexación es variada considerando las necesidades de los lugares.

En la ciudad de S. Tomé existe el Complejo Técnico de la empresa. Es ahí donde se controla todo el sistema de comunicación del país. En este espacio está instalada una Central EWSD. El EWSD es un sistema desarrollado por la Siemens.

Esta central debe estar equipada para ofrecer los siguientes servicios:

- ✚ servicios adelantados de asignantes (ADSS)
- ✚ red digital de servicios integrados (RDSI)
- ✚ red inteligente (IN)
- ✚ servicios suplementarios de Internet
- ✚ servicios de central de conmutación central

Este sistema de Central EWSD tiene las siguientes funciones:

- ✚ registrar la tarificación de la llamada
- ✚ enrutamiento del tráfico
- ✚ gestión de la red
- ✚ señalización
- ✚ operación y mantenimiento
- ✚ administración de los datos del tráfico
- ✚ interfaces
- ✚ procesamientos de voz

Para que dicha central pueda ejercer las funciones y brindar los servicios mencionados ella se apoya en sus mismos componentes y los componentes periféricos.

Los componentes de la Central son:

- ✚ matriz de conmutación(SN)
- ✚ procesador de coordinación (CP)
- ✚ buffer de mensaje (MB)
- ✚ generador clock central (CCG)
- ✚ control de la red de señalización para los canales comunes (CCNC)

Los componentes periféricos son:

- ✚ unidad de líneas digitales (DLU)
- ✚ líneas y tronco
- ✚ unidad de conmutación remota (RSU)

2.6 Red de transmisión de CST

Tabla 2.2: Red de transmisión de la empresa CST para la cobertura en las Islas.

Capacidade [Mbp/s]	Data de Instalação	Marca/Modelo	Localização	Frequência Ghz
FEIXES HERTZIANOS PARA A LIGAÇÃO DAS BTS				
8x2	2003	SRAL Siemens	Complexo Técnico-Sameiro	18.737,5 - 17.727,5
4x2	2003	SRAL Siemens	Sundy-Alto Nazaré	18.737,5 - 17.727,5
8x2	2004	SRAL Siemens	Alto Nazaré-Ponta Mesa	17.755,0 - 18.765,0
8x2	2004	SRAL Siemens	Rádio Naval-Munquiqui	17.755,0 - 18.765,0
8X2	2005	SRAL Siemens	Complexo Técnico/Vista Alegre	18.765,0 - 17.755,0
8x2	2008	SRAL Siemens	Rádio Naval-Mesquita	18.765,0 - 17.755,0
8x2	2009	SRAL XD Siemens	Macambrará- Fraternidade	18.765,0 - 17.755,0
8X2	2009	SRAL XD Siemens	Fraternidade-Angolares	18.737,5 - 17.727,5
OUTROS FEIXES HERTZIANOS				
63x2- Eth	2009	SRA 4 HC 1+1	Complexo Técnico- Macambrara	-
16X2	2002	Nera NL 241 1+1	Complexo Técnico/Macambrará	7.198 - 7352/
4X2	1994	Farinon	Macambrará/Trindade	1.906 - 2.025
16X2	2005	Alcatel 9400LX	Macambrará/Sundy	2.227,5 - 2.108,5
8X2	2002	Nec Pasolink	Macambrará/Santana	12.758,0 - 13.024,0
16X2	2005	SRAL Siemens	Macamabrará/Ilhéu das Rolas	7.142,5 - 7.303,5
16X2	2005	SRAL Siemens	Alto Nazaré/St.António	18.737,5 - 17.727,5
8X2	2002	Nec Pasolink	Rádio Naval/Neves	12.765,0 - 13.031,0
4x2	2007	NEC Pasolink	Ilhéu das Rolas/ Porto Alegre	12.758,0 - 13.024,0
16x2	2004	SRAL Siemens	Rádio Naval/Santo Amaro	16.745,0 - 15.735,0

Considerando el uso de la radio como el principal medio de transmisión en el país, fueron instaladas durante años distintos modelos/marcas de antenas transmisoras, en diferentes localidades, de variadas capacidades y trabajando en frecuencias comprendidas entre: (18.737,5 -17.727,5) Ghz, (17755,0 – 18765,0) Ghz, (7.142,5 -7.303,5) Ghz y (18765,0 - 17755,0) Ghz, como podemos apreciar en el tabla siguiente.

En la red de transmisión del país uno de los puntos importantes en el esquema de transmisión de las señales es el “Macambrará” (centro de la isla de S. Tomé), donde las antenas ahí instaladas son responsables por la distribución de las señales provenientes del Complejo Técnico mediante las antenas ahí instalada (Ver Anexo V), en la capital, para varias regiones del país y hasta la isla de Príncipe. Ya en este caso, en la conexión con la isla de Príncipe, utiliza en modelo de antena Alcatel 9400LX, que fue intalada en 2005, con una capacidad de 16x2 Mbps a la frecuencia de (2.227,5 -2.108,5) Ghz. El esquema básico del sistema de comunicación del país se ilustra en la figura siguiente. (CST (Companhia Santomense de Telecomunicações, 2009)

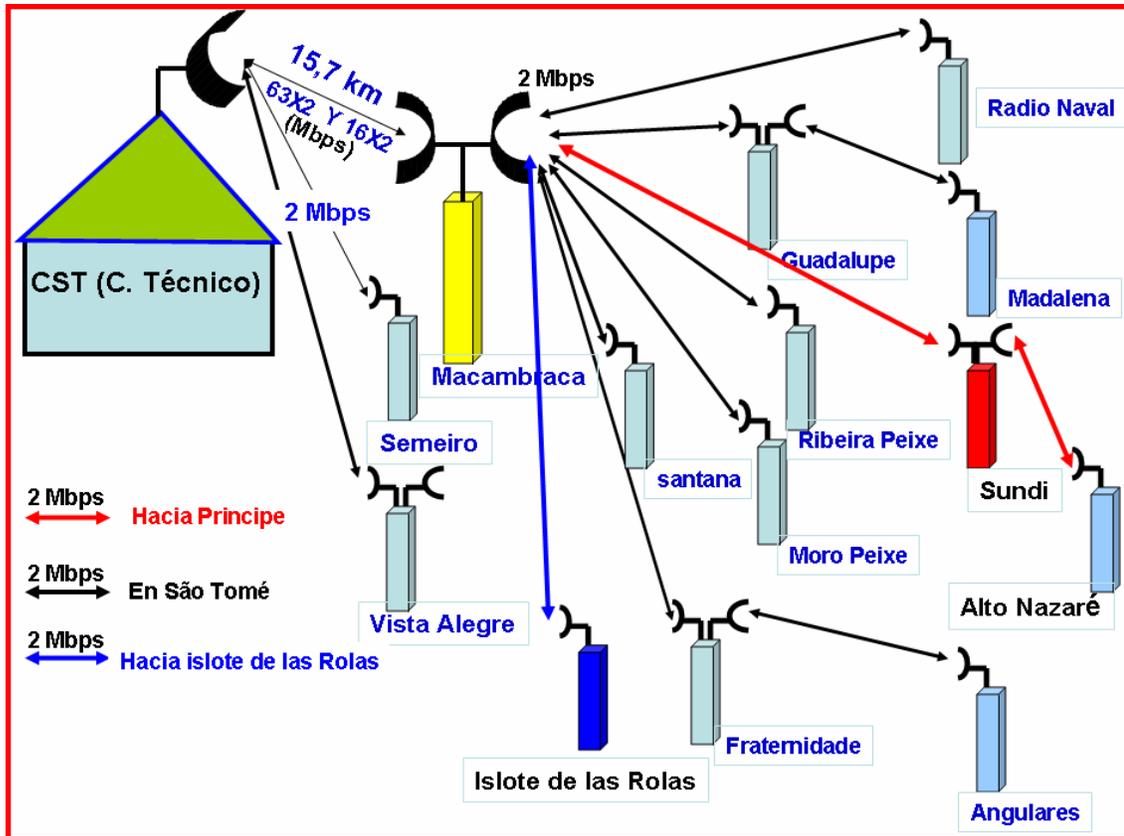


Fig. 2.4 Esquema básico de la red de transmisión del país.

2.6.1 São Tomé y Príncipe en comunicación con el mundo exterior

São Tomé y Príncipe se conecta con el mundo vía satélite NSS-7, como podemos ver en la representación siguiente.

El NSS-7 es un moderno satélite híbrido de las bandas C y Ku ubicado a 388° Este sobre el Océano Atlántico, proporcionando cobertura a Europa, África, Oriente Medio y el continente americano. El satélite está localizado en uno de los dos puntos orbitales más estratégicos, para garantizar la conectividad transatlántica y también vía Internet de América del Norte hacia Europa, Oriente Medio y África. Este potente satélite cuenta con 49 transponders en la banda C y 48 transponders.

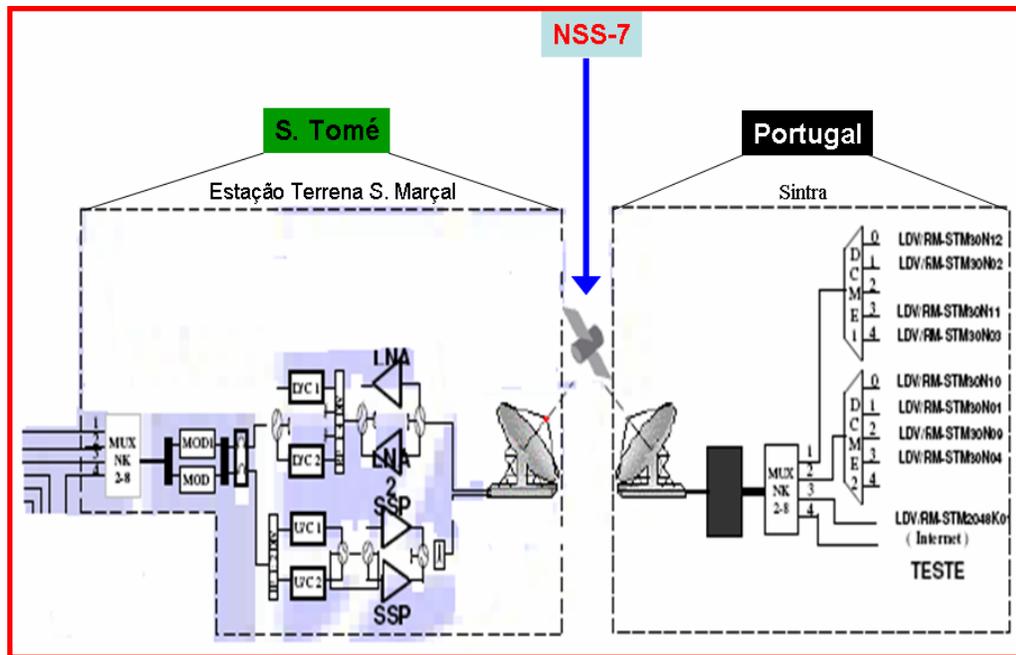


Fig. 2.5 São Tomé y Príncipe se conecta con el mundo vía satélite NSS-7(CST (Companhia Santomense de Telecomunicações, 2009).

En la capital del país, más concretamente en la zona de S. Marçal es donde São Tomé y Príncipe se conecta con los demás países del mundo recibiendo y enviando las señales satelitales de y para el NSS-7. La amplificación, la codificación, la modulación y la multiplexación son los procedimientos de los que se sujetan las señales en la Estación Terrena de S. Marçal para ser enviadas al exterior y después al Complejo Técnico donde le darán los debidos procesamientos.

2.6.2 Influencia climática en las Telecomunicación en São Tomé y Príncipe

Las antenas son las bases de las transmisiones y recepciones de las señales en el interior de las islas de São Tomé y Príncipe. Ante la situación, el clima dificulta en gran medida el buen aprovechamiento del sistema de telecomunicación del país. La razón principal de todo es que São Tomé y Príncipe son dos islas de origen volcánico, posee relieve accidentado, numerosas montañas, cerros, bosques frondosos, humedad, neblinas, lluvias constantes. La pluviosidad media anual es de 2.000 a 3.000 mm, que puede alcanzar 7.000 mm por año en los bosques de neblina. São Tomé y Príncipe es un país de clima tropical, con dos estaciones: la caliente (lluviosa) con una duración de 9 meses y la otra que es la fría (gravana), relativamente más corta (de junio hasta septiembre).(VAZ, 2007)

2.7 Consideraciones para el diseño de la Red HFC.

Después de los estudios geográficos de la región en la que se pretende implementar la red HFC, teniendo en cuenta los clientes y la ubicación de los mismo se partiría para la fase en que se elegiría la topología de red que garantice la eficiencia, calidad y confiabilidad a los mismos clientes. De este modo se analizarán y seleccionarán la o las topologías de red óptimas que mejor encajarían al sistema de telecomunicación de São Tomé y Príncipe.

2.7.1 Topología de las redes

La topología de una red se refiere a la forma que esta toma al hacer el diagrama del medio físico de transmisión, y los dispositivos necesarios para regenerar la señal o manipular el tráfico. Las topologías generales se muestran en la figura siguiente. (Anónimo, 2009)

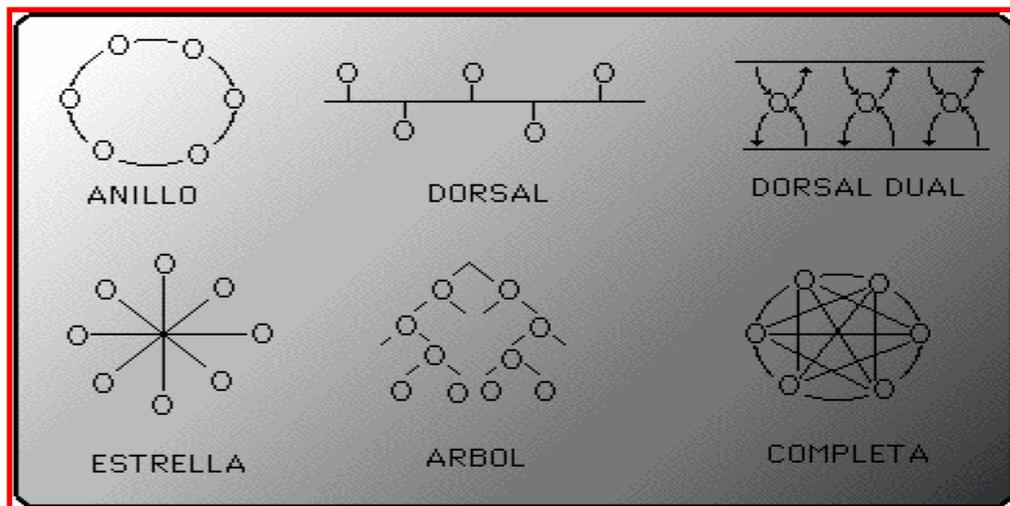


Fig. 2.6 Topologías de las redes

La topología de red que se debe de escoger depende de los requerimientos técnicos, el equipo disponible, los costos, etc. También es posible interconectar diferentes tipos de topologías.

2.7.1.1 Topología en Anillo

En una topología de anillo cada dispositivo tiene una línea de conexión punto a punto solamente con los dos dispositivos que están a sus lados. En la topología de anillo los nodos están conectados al siguiente, formando un anillo. Cada computadora tiene una

dirección única. La señal pasa a lo largo del anillo en una dirección, o de dispositivo a dispositivo, hasta que alcanza su destino. Cada dispositivo del anillo incorpora un repetidor.

Cuando un mensaje es enviado, este viaja a través del lazo, de computadora en computadora. Cada una de ellas examina la dirección de destino.

Si el mensaje no está direccionado a ella, reenvía el mensaje a la próxima computadora, y así hasta que el mensaje encuentre la computadora destino.

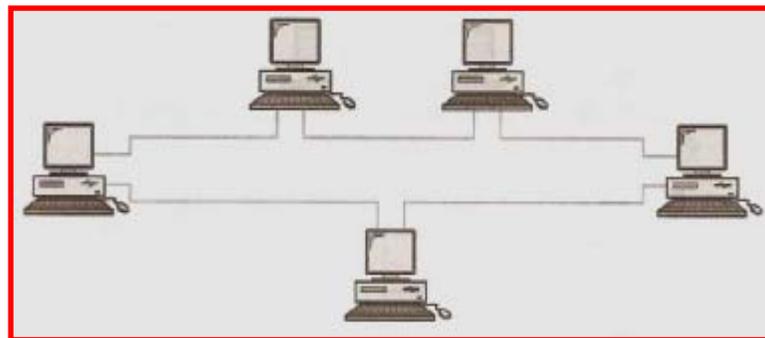


Fig. 2.7 Topología de red de Anillo.

Un anillo es relativamente fácil de instalar y reconfigurar. Cada dispositivo está enlazado solamente a sus vecinos inmediatos (bien físicos o lógicos). Para añadir o quitar dispositivos, solamente hay que mover dos conexiones. (ANÓMINO, 2009b)

Las únicas restricciones están relacionadas con aspectos del medio físico y el tráfico (máxima longitud del anillo y número de dispositivos). Además, los fallos se pueden aislar de forma sencilla. Generalmente, en un anillo hay una señal en circulación continuamente.

2.7.1.2 Topología de Bus

Una topología de Bus es multipunto. Un cable largo actúa como una red troncal que conecta todos los dispositivos en la red.

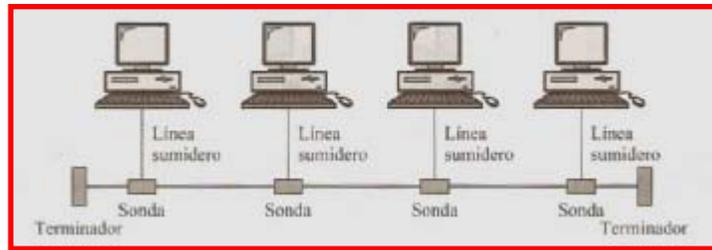


Fig. 2.8 Topología de red de Bus.

Los nodos se conectan al bus mediante cables de conexión (latiguillos) y sondas. Un cable de conexión es una conexión que va desde el dispositivo al cable principal. Una sonda es un conector que, o bien se conecta al cable principal, o se pincha en el cable para crear un contacto con el núcleo metálico.

Entre las ventajas de la topología de bus se incluye lo sencillo de la instalación. El cable troncal puede tenderse por el camino más eficiente y, después, los nodos se pueden conectar al mismo mediante líneas de conexión de longitud variable. De esta forma se puede conseguir que un bus use menos cable que una malla, una estrella o una topología en árbol.

2.7.1.3 Topología en Árbol

La topología en árbol es una variante de la de estrella. Como en la estrella, los nodos del árbol están conectados a un concentrador central que controla el tráfico de la red. Sin embargo, no todos los dispositivos se conectan directamente al concentrador central. La mayoría de los dispositivos se conectan a un concentrador secundario que, a su vez, se conecta al concentrador central.

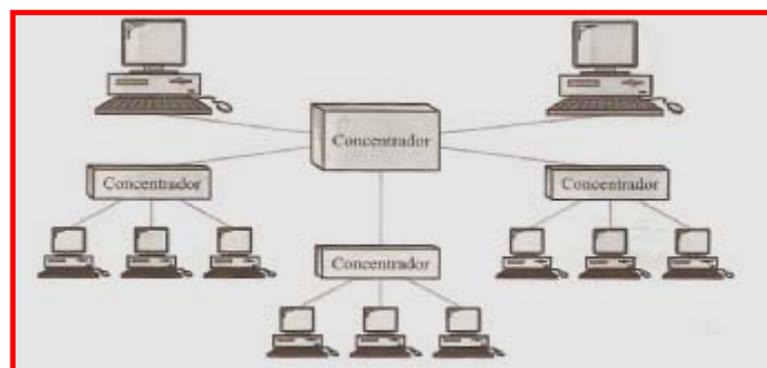


Fig. 2.9 Topología de red en Árbol.

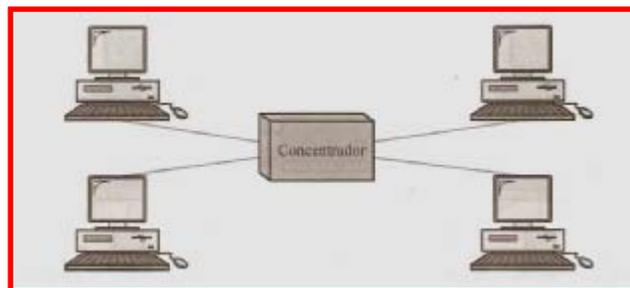
El controlador central del árbol es un concentrador activo. Un concentrador activo contiene un repetidor, es decir, un dispositivo hardware que regenera los patrones de bits recibidos antes de retransmitirlos.

Retransmitir las señales de esta forma amplifica su potencia e incrementa la distancia a la que puede viajar la señal. Los concentradores secundarios pueden ser activos o pasivos. Un concentrador pasivo proporciona solamente una conexión física entre los dispositivos conectados.

2.7.1.4 Topología en Estrella

En la topología en estrella cada dispositivo solamente tiene un enlace punto a punto dedicado con el controlador central, habitualmente llamado concentrador. Los dispositivos no están directamente enlazados entre sí.

A diferencia de la topología en malla, la topología en estrella no permite el tráfico directo de dispositivos. El controlador actúa como un intercambiador: si un dispositivo quiere enviar datos a otro, envía los datos al controlador, que los retransmite al dispositivo final.

**Fig. 2.10** Topología de red en Estrella.**2.7.1.5 Topología en Malla**

En una topología en malla, cada dispositivo tiene un enlace punto a punto y dedicado con cualquier otro dispositivo.

El término dedicado significa que el enlace conduce el tráfico únicamente entre los dos dispositivos que conecta.

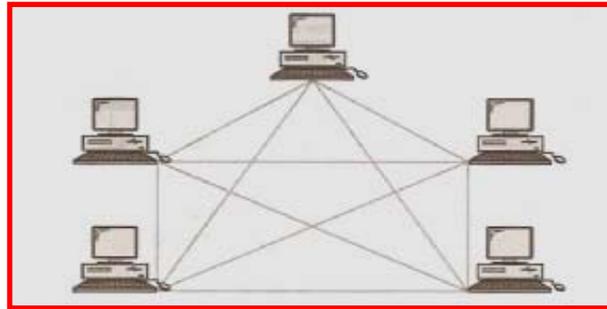


Fig. 2.11 Topología de red en Malla. También es posible interconectar diferentes tipos de topologías

Por tanto, una red en malla completamente conectada necesita $n(n-1)/2$ canales físicos para enlazar n dispositivos. Para acomodar tantos enlaces, cada dispositivo de la red debe tener sus puertos de entrada/salida (E/S).

Una malla ofrece varias ventajas sobre otras topologías de red. En primer lugar, el uso de los enlaces dedicados garantiza que cada conexión solo debe transportar la carga de datos propia de los dispositivos conectados, eliminando el problema que surge cuando los enlaces son compartidos por varios dispositivos. En segundo lugar, una topología en malla es robusta, si un enlace falla, no inhabilita todo el sistema.

Otra ventaja es la privacidad o la seguridad. Cuando un mensaje viaja a través de una línea dedicada, solamente lo ve el receptor adecuado. Las fronteras físicas evitan que otros usuarios puedan tener acceso a los mensajes.

2.8 Topología de red Festoon

Las redes de tipo Festoon mostradas en la Fig. 2.12 son sistemas submarinos de telecomunicaciones que no requieren para su funcionamiento de equipos sumergidos, como pueden ser, por ejemplo, los repetidores. Es la topología preferida para interconectar islas y ciudades costeras. (Brito, 2004)

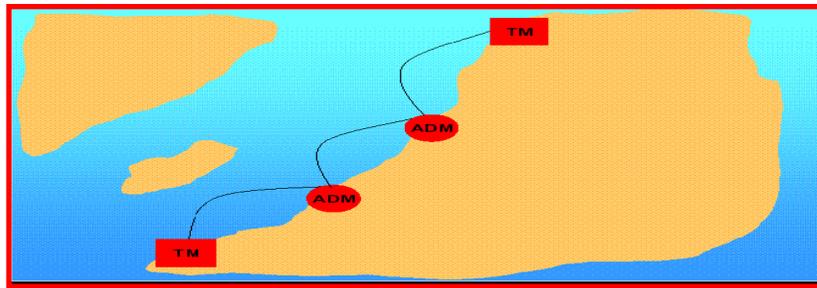


Fig. 2.12 Red Festoon

2.8.1 Sistemas de cables submarinos sin repetidores.

Por definición, los sistemas sin repetidor no precisan de repetidores y por tanto no necesitan ni equipo alimentador de energía ni componentes activos sumergidos. Se emplean generalmente en distancias entre 150 a 450 Km.

Las redes submarinas sin repetidor se emplean en varias aplicaciones diferentes:

- ✚ en la orilla costera
- ✚ en los anillos de las islas
- ✚ para cerrar un anillo transoceánico o como parte complementaria del mismo
- ✚ para cruzar secciones submarinas en redes terrestres

La aplicación fundamental es la conexión entre ciudades costeras; aunque esta aplicación podría lograrse también, por medio del uso de una red terrestre.

Las razones por las que se debe elegir sistemas sin repetidor en vez de sistemas terrestres son básicamente dos: su fiabilidad y su reducido costo. En términos generales, las estadísticas mundiales sobre averías de cables terrestres nos indican que el índice es de 0,00062 averías/Km/año, mientras que la tasa de averías de cables submarinos es 0,00001 averías/Km/año.

Los elementos que componen un enlace submarino sin repetidor son:

- ✚ Un tramo terrestre, entre la interfaz del sistema en la estación terminal (A) y la unión de playa o punto de amarre (B), que incluye el cable terrestre de fibra óptica, las uniones de amarre y los equipos terminales del sistema, en combinación con OFA (amplificadores y/o preamplificadores de potencia) en combinación con los

componentes electrónicos adecuados necesarios para llevar a cabo el bombeo a distancia de los amplificadores distribuidos.

- ✚ Un tramo submarino sobre el fondo del mar entre las uniones de playa o los puntos de amarre (B), que incluye el cable submarino de fibra óptica y, cuando sea necesario, los equipos submarinos, es decir la unidad o unidades de derivación y la caja o cajas de unión de cables y en su caso una fibra dopada utilizada como amplificador óptico con bombeo a distancia que puede encontrarse en una caja especial situada sobre el fondo del mar o puede estar integrada en el cable.

Los sistemas sin repetidor han tenido un rápido desarrollo en los últimos años debido a los avances que ha experimentado la amplificación óptica y los enlaces de alta potencia. Las elevadas potencias ópticas se obtienen gracias a un amplificador de gran potencia en el terminal transmisor, de una gran potencia de bombeo para crear ganancia de Raman en la fibra de la línea correspondiente al terminal receptor y de amplificación de bombeo remoto en el extremo receptor. Además se emplea un código de corrección de errores (FEC) efectivo en el Terminal.(Brito, 2004)

2.9 La Red HFC. Definición.

La red HFC es una red de telecomunicaciones por cable que combina la fibra óptica y el cable coaxial como soportes de la transmisión de las señales. La misma se compone básicamente de cuatro partes claramente diferenciadas:

1. La cabecera
2. La red troncal
3. Red de distribución
4. Red de acometida de los abonados

Hacer el uso de muchos amplificadores en cascada, como es el sistema de CATV, degrada la señal, complican y encarecen el mantenimiento. Como solución a esta situación aparecen las redes HFC.

La red HFC brinda los siguientes servicios:

- 1- Televisión Analógica y Digital;
- 2- Internet Banda Ancha;

- 3- Transmisión de Datos
- 4- Telefonía
- 5- Video bajo Demanda (VoD)
- 6- Grabaciones de Video Digital (DVR)
- 7- Pago por ver (PPV)
- 8- Juegos Interactivos
- 9- Videófono
- 10- Servicios Multimedia
- 11- Vigilancia

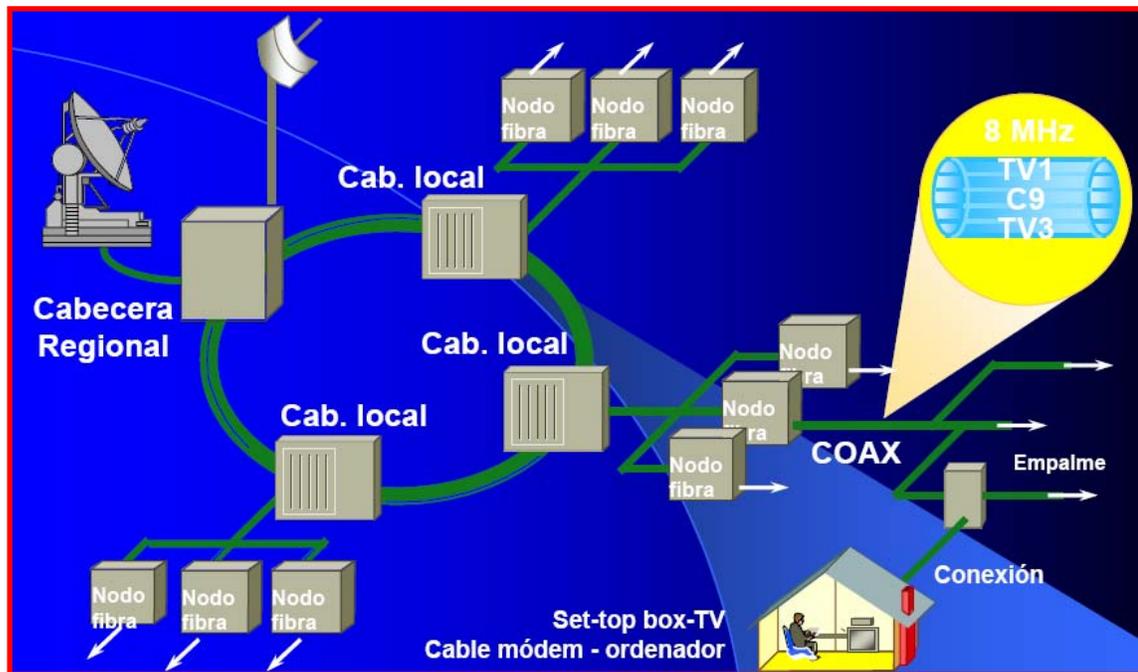


Fig. 2.13 Arquitectura HFC.(ING. MICHAEL CHONG ING. , Octubre11,2007)

2.9.1 La cabecera de la red HFC

La cabecera es el centro que gobierna todo el sistema. Su complejidad es equivalente a los servicios que ha de prestar la red.

Podemos entonces considerar que las señales analógicas y digitales tienen distintos tratamientos en esta red.

Las señales analógicas se acondicionan para su transmisión por el medio del cable y se multiplexan en frecuencia en la banda comprendida entre los 86 y los 606 MHz.

Las señales digitales de vídeo, audio y datos que forman los canales de televisión digital se multiplexan para formar el flujo de transporte MPEG (Motion Picture Experts Group) (grupos de expertos imágenes en movimiento). Una vez añadida la codificación para corrección de errores y realizada una intercalación de los bits para evitar las ráfagas de errores, se utiliza un modulador QAM (modulación de amplitud en cuadratura) para transmitir la información hasta el equipo terminal de abonado (set-top box). Los canales digitales de televisión y otros servicios digitales se ubican en la banda comprendida entre 606 y 862 MHz.

La cabecera es también la encargada de monitorizar la red y supervisar su correcto funcionamiento. Debido a la actual complejidad de las nuevas arquitecturas, el monitorizado se está convirtiendo rápidamente en un requerimiento básico de las redes de cable.

En la cabecera se realizan además todo tipo de funciones de tarificación y de control de los servicios prestados a los abonados.

2.9.2 Red Troncal HFC

La red troncal suele presentar una estructura en forma de anillos redundantes de fibra óptica que une a un conjunto de nodos primarios.

Esta estructura emplea habitualmente tecnología PDH ó SDH (Jerarquía Digital Plesiócrona y Síncrona, respectivamente), que permite construir redes basadas en ATM (Modo de Transferencia Asíncrono). Los nodos primarios alimentan a otros nodos (secundarios) mediante enlaces punto a punto o bien mediante anillos. En éstos nodos secundarios las señales ópticas se convierten a señales eléctricas y se distribuyen a los hogares de los abonados a través de una estructura tipo bus de coaxial, la red de distribución 500 es un tamaño habitual de hogares que cada nodo secundario sirve en las redes HFC, empleando cascadas de 2 ó 3 amplificadores de banda ancha como máximo, consiguiendo así unos buenos niveles de ruido y distorsión en el canal descendente (de la cabecera al abonado).

La red de acometida salva el último tramo del recorrido de las señales descendentes, desde la última derivación hasta la base de conexión del abonado.(López, 1999)

2.9.3 El canal de retorno en la red HFC

Las modernas redes de telecomunicaciones por cable híbridas fibra óptica- coaxial han de estar preparadas para poder ofrecer un amplio abanico de aplicaciones y servicios a sus abonados. La mayoría de estos servicios requieren de la red la capacidad de establecer comunicaciones bidireccionales entre la cabecera y los equipos terminales de abonados, y por tanto exigen la existencia de un canal de comunicaciones para la vía ascendente o de retorno, del abonado a la cabecera.

El canal de retorno ocupa en las redes HFC el espectro comprendido entre 5 y 55 MHz. Este ancho de banda lo comparten todos los hogares servidos por un nodo óptico. Los retornos de distintos nodos llegan a la cabecera por distintas vías o multiplexados a distintas frecuencias y/o longitudes de onda. Una señal generada por el equipo terminal de un abonado recorre la red de distribución en sentido ascendente, pasando por amplificadores bidireccionales, hasta llegar al nodo óptico. Allí convergen las señales de retorno de todos los abonados, que se convierten en señales ópticas en el láser de retorno, el cual las transmite hacia la cabecera.

Un problema que presenta la estructura arborescente típica de la red de distribución en una red HFC es que, así como todas las señales útiles ascendentes convergen en un único punto (nodo óptico), también las señales indeseadas, ruido e interferencias, recogidas en todos y cada uno de los puntos del bus de coaxial, convergen en el nodo, sumándose sus potencias y contribuyendo a la degradación de la relación señal - ruido en el enlace digital de retorno. Este fenómeno se conoce como acumulación de ruido por efecto embudo (noise funneling). A esto hay que añadir el hecho inevitable de que el espectro del canal de retorno es considerablemente más ruidoso que el del canal descendente, sobre todo su parte más baja, entre 5 y 15-20 MHz.

2.9.4 Red de distribución HFC

La red de distribución de coaxial constituye una gran antena que puede recoger señales indeseadas en todo el área a la que sirve. La mayor parte de estas interferencias (95%) penetra en la red en los hogares de los abonados (70%) y a través del sistema de acometida

(25%), siendo por tanto las instalaciones en los edificios uno de los puntos críticos en la construcción de la red. De hecho, el ruido emana de cada uno de los hogares de la red y, debido al efecto embudo, el ruido generado en cualquier punto afecta a todos los abonados. Cualquier señal que exista en el espectro de radio frecuencia (RF) en la banda de 5 a 55 MHz. puede penetrar en la red. Estamos hablando, por ejemplo, de emisoras internacionales de onda corta; emisoras de Banda Ciudadana (CB) y radioaficionados (HAM); señales provenientes de televisores mal apantallados; ruido de RF generado en ordenadores; interferencias eléctricas de tubos de neón, motores eléctricos, sistema de encendido de vehículos, secadores de pelo; interferencias generadas en líneas eléctricas; etc.

2.9.5 Ruido impulsivo en la red HFC

Además de las interferencias de banda estrecha provenientes de estaciones emisoras de radio, uno de los principales problemas de interferencias en la parte de coaxial de una red HFC es el que representa el ruido impulsivo. *El ruido impulsivo* tiene su origen en varias fuentes: descargas por efecto corona en redes de suministro eléctrico, a menudo localizadas en los mismos postes o conductos que el cable de la red de CATV; descargas entre contactos de conectores oxidados; sistema de encendido de automóviles; y aparatos domésticos tales como motores eléctricos. Consiste en estrechos picos de señal de amplitud generalmente grande, que afectan a todo el espectro del canal de retorno. Su densidad espectral de potencia disminuye con la frecuencia, por lo que su efecto en el canal descendente es considerablemente menor. Su origen puede ser externo o interno a la propia red, siendo este último tipo de ruido impulsivo el que más afecta a las prestaciones del canal de retorno.

El ruido impulsivo provoca aumentos momentáneos muy fuertes del nivel de entrada (señal + ruido) en amplificadores y en el láser de retorno. La saturación de estos dispositivos hace que entren en las zonas no lineales de sus características entrada- salida, lo que a su vez provoca la aparición de productos de intermodulación de segundo y tercer orden (CSO –composite second order- y CTB - composite triple beat- , respectivamente).

Los amplificadores modernos están diseñados de manera que prácticamente se cancelen los CSO para niveles normales de entrada, siendo los CTB los productos de intermodulación que limitan las prestaciones del sistema en caso de sobrecarga de los amplificadores. En el

caso del láser de retorno, un aumento incontrolado del nivel de entrada al driver hace que los picos de la señal entren en la zona negativa (por debajo del umbral de emisión láser) de la característica entrada- salida, en la que el láser no presenta respuesta (sencillamente se apaga). Este fenómeno se conoce como láser clipping, y es el responsable de la aparición de productos de intermodulación a la salida del mismo.

Como vemos, el canal de retorno exige una mayor atención que el descendente por parte del operador de red si quiere asegurar unas ciertas prestaciones en el enlace digital ascendente. De todas formas, no hay por qué alarmarse. Una red HFC correctamente diseñada y con nodos que sirvan a unos 500 hogares constituye un sistema de envidiables prestaciones de cara al establecimiento de todo tipo de servicios de telecomunicaciones.

2.9.6 Ruido Blanco

Originado debido al movimiento aleatorio de los electrones en un conductor, el cual da lugar a una corriente eléctrica de ruido, también aleatoria, cuya potencia es directamente proporcional a la temperatura. La respuesta en frecuencia de este ruido se considera plana en todo el espectro de frecuencias. El ruido blanco es consustancial a cualquier equipo, y no se puede eliminar, aun cuando su efecto puede ser más o menos crítico dependiendo del valor del mismo, de la potencia de la señal transmitida, del tipo de modulación utilizada, etc.

2.9.7 Efecto Embudo en la red HFC

El efecto embudo consiste en que el ruido e interferencias introducidas por los distintos abonados se suman de tal forma que al aumentar el número de estos, aumenta el ruido del canal. Teóricamente, si n es el número de abonados que comparten el canal de retorno, el nivel de ruido aumenta en un factor $10\log(n)$ si las señales no deseadas son incorreladas, y según $20\log(n)$ si están correladas y exactamente en fase. En cualquier caso, cuanto mayor sea el número de usuarios que comparten el canal de retorno, éste será más ruidoso. (López, 1999)

2.10 Transmisión Bidireccional en redes CATV-HEC

La descripción de sistemas de cable se ha limitado a la distribución de señales desde la cabecera al subscritor. Las últimas tendencias apuntan a servicios interactivos donde el abonado solicita lo que desea ver, haciendo por lo tanto necesaria una comunicación

bidireccional entre cabecera y abonado, siendo el objetivo principal el de mejorar la capacidad y calidad del canal de retorno.

Los sistemas de cables bidireccionales usan amplificadores que trabajan en ambas direcciones. Solo una porción del espectro del cable es amplificado en cada sentido, así las señales en un cierto rango de frecuencias son enviadas en una dirección y las señales en otro rango de frecuencias serán enviadas en dirección contraria.

Las redes bidireccionales contienen una cabecera para gestionar los servicios interactivos (CSI: Cabecera de Servicios Interactivos) y utilizan redes de distribución a cable coaxial o fibra óptica con tecnología bidireccional; es decir los derivadores y repartidores se construyen de tal manera que posibilitan el paso de las señales del canal de retorno en el sentido contrario al flujo de las señales que se distribuyen por la red de cable.

Los amplificadores utilizados normalmente incorporan ecualizadores internos que permiten compensar la pérdida que se produce en el cable coaxial a altas frecuencias. El canal de retorno utiliza normalmente una portadora de 13.3 MHz.

El elemento fundamental de la tecnología que garantiza la interactividad del usuario es el cable modem, donde se identifican los dos canales “downstream” que es el canal de difusión y “upstream” que es el canal de retorno.

Cada TV dispondrá de un pequeño cable modem. Dentro del “downstream” se escogerá un canal de datos donde el cable modem recibe la información de control de la cabecera. En algunos sistemas se utiliza un canal con una portadora de 47 MHz. La información contenida en este canal esta estructurada en paquetes. En cada comunicación, la cabecera atenderá a un solo TV, identificado por el número de unidad de dicho equipo, a pesar de que todos la reciben.

La cabecera encuesta regularmente a todos los usuarios mediante un mensaje de “polling” y establece la organización de la transmisión de los usuarios activos asignándoles un intervalo de tiempo para que realicen su transmisión, enviándole un mensaje de autorización (“grant”). Una vez que el usuario recibe un “grant”, puede comenzar su transmisión con un intervalo de tiempo asignado previamente. Existen sistemas capaces de encuestar hasta 2000 televisores en 1 segundo. Un televisor solo podrá establecer comunicación con la cabecera cuando este sea encuestado. La comunicación entre el

televisor y la cabecera se realiza a través de la señal de retorno de 13,3 MHz en pequeños intervalos de tiempo con un nivel aproximado de 90 dBuV, para comunicarle al mismo tiempo los comandos enviados por los huéspedes desde el control remoto (CR) o el teclado inalámbrico del sistema (TI). La CSI necesita un nivel de señal en recepción de aproximadamente 55 dBuV. Este método de encuesta es comúnmente conocido como Encuesta/TDMA.

Cuando se utilizan amplificadores de retorno, se debe garantizar que los niveles de señal de 13,3 MHz recibidos en la cabecera desde cada habitación, no difiera en un intervalo mayor de 15 a 20 dB.(Jolver, 2006)

CAPÍTULO 3. PROPUESTA DE DISEÑO

La fragilidad de las fibras ópticas nos obliga a seleccionar una óptima topología para en caso de que ocurra algún incidente con las débiles fibras. Es este caso lo topología del anillo es la recomendable para respaldar el sistema de comunicación, sustentada por este medio de transmisión (fibra óptica) en caso de que ocurran fallos en un sentido o en otro.

3.1 Propuesta topológica de la red.

En **São Tomé** no existe una vía entre las partes **oeste - sur**. Es decir que el sudoeste del país es prácticamente inhabitado (región montañosa y costera).

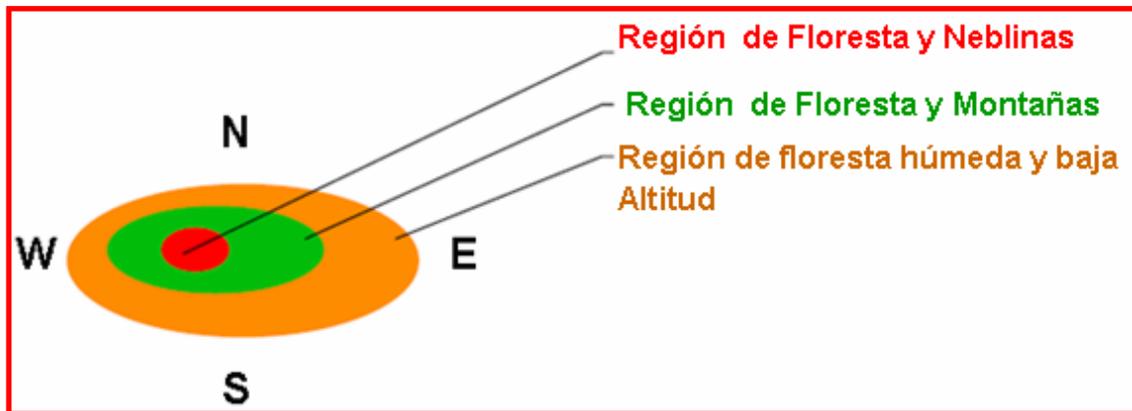


Fig. 3.1 Regiones forestales y montañosas de São Tomé.(VAZ, 2007)

Relativo a la topología de red, nuestro trabajo se encamina a realizar propuestas de redes para estructurar la red del país con la fibra óptica, uniendo así las cabeceras de recepción y para la medida en que se aumenten los clientes y las condiciones de la empresa CST y las condiciones del país llevar la fibra hasta los hogares, teniendo en cuenta las necesidades y las posibilidades de los clientes.

Considerando las características geográficas del país, la estructura de la existente red y la concentración de la población en las costas se realizarían entonces dos propuestas topológicas de red usando la conexión Híbrida Fibra-Coaxial (HFC). La primera propuesta a considerarse sería la topología de red tipo *estrella-árbol*. La segunda sería la topología red tipo anillo redundante, usando una de las dos posible variantes (conexión por tierra o conexión submarina).

3.1.1 Propuesta de topología estrella-arbol

Se consideraría una conexión estrella teniendo como controlador central todos los mecanismos instalados en el Complejo Técnico en la ciudad de São Tomé. En los extremos de esta topología se hallarían las zonas más lejanas y de limitado acceso donde la empresa tenga instalado algún sistema.

Con el objetivo de que haya una real distribución de los recursos y beneficios en esta red HFC se ramificaría la red haciendo que aparezca la topología en Árbol que se uniría a la topología estrella que sería la principal que acopla el controlador central en São Tomé (Complejo Técnico) con los extremos como podemos ver en la figura 3.2.

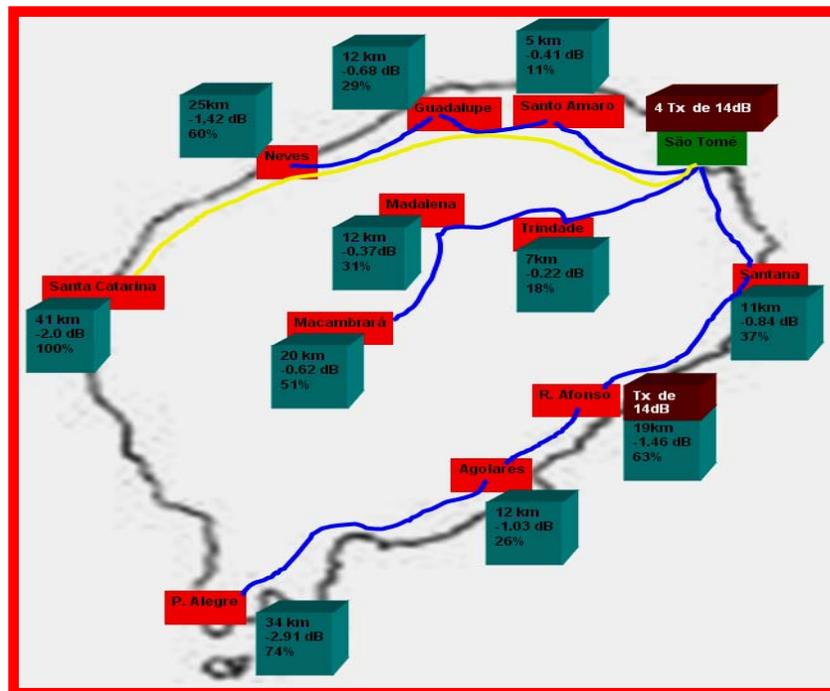


Fig. 3.2 Propuesta de topología estrella-árbol

Tabla 3.1 Cálculos referentes a la propuesta de topología estrella-árbol

	Nodos	Distancia	Tx Ubicación	At en dB 0.39	Spliter %	Pt. Salida % dB	Pot. Llegada dB	# de Hilo de fibra
Ruta central	Trindade	7 km	14 dB (Complejo Técnico)	2.73	18	2.51	-0.22	2
	Madalena	12 km		4.68	31	4.31	-0.34	2
	Macambarará	20 km		7.8	51	7.18	-0.62	2
Ruta: Sentido occidente	Santo Amaro	5 km	14 dB (Complejo Técnico)	1.95	11	1.54	-0.41	2
	Guadalupe	12 km		7.41	29	4.00	-0.68	2
	Neves	25 km		9.75	60	8.33	-1.42	2
	Santa Catarina	41 km	14 dB (Complejo Técnico)	15.99	100	11.00	-1.99	2
Ruta: sentido oriente	Santana	11 km	14 dB (Complejo Técnico)	4.29	37	5.13	0.84	2
	Rebeira Afonso	19 km		7.41	63	8.87	1.46	2
	Angolares	12 km	14 dB (Rebeira Afonso)	4.68	26	3.65	-1.03	2
	Porto Alegre	34 km		13.26	74	10.35	-2.91	2

Para los cálculos totales de este cuadro correspondiente a la topología Estrella-Árbol tenemos:

Total de Ruta = 3

Total de nodos = 12

Total tramos en distancias = 11

Total de Tx = 5

Total de Hilos de Fibra = 22

Total de Spliter Óptico = 4

En este caso este sistema presentado revela la gran limitación ante la necesidad de darle respuesta en el caso que ocurra una ruptura en la fibra óptica.

Aunque en su totalidad no se explotaría todas las potencialidades que posee la fibra en esta topología (estrella-árbol) la misma respaldaría en gran medida el sistema de red ya existente, que desde siempre se lamentaba por la indisponibilidad de un ajustado ancho de banda.

3.1.2 Propuesta de topología en anillo

Con el objetivo de brindar confiabilidad al sistema de red, la topología en anillo que proponemos tendrá como fin respaldar la transmisión de las señales, mediante la redundancia, en el caso que ocurra algún fallo. Esta topología de red en anillo sería instalado con el objetivo de garantizar que no se interrumpan las comunicaciones.

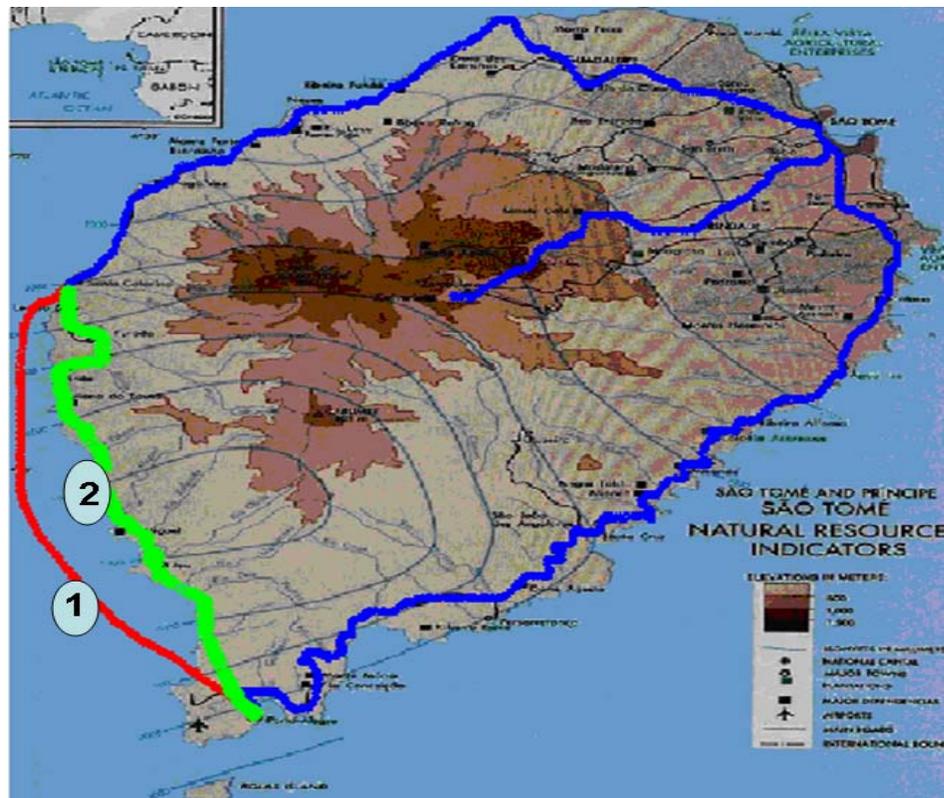


Fig. 3.3 Topología de red anillo propuesta para la Isla de São Tomé.

Como podemos observar, para que se logre la topología de red tipo anillo se necesitará unir uno de los dos puntos que quedaron abiertos en la topología estrella-árbol que se muestra en la figura 3.2. Para que se logre esta unión se propone la utilización de una de las dos variantes: conexión submarina o conexión terrestre.

3.1.3 Conexión submarina. Topología Festoon

Ante la inexistencia de un acceso vial entre la parte oeste y sur de la Isla de São Tomé, se abre la posibilidad de la aplicación de la topología de red Festoon en este tramo, para que facilite el mejor aprovechamiento en la red de fibra y de este modo se logre la topología de red anillo redundante.

Las redes de tipo Festoon son sistemas submarinos de telecomunicaciones que no requieren para su funcionamiento de equipos sumergidos, como los repetidores. Es la topología preferida para interconectar islas y ciudades costeras.

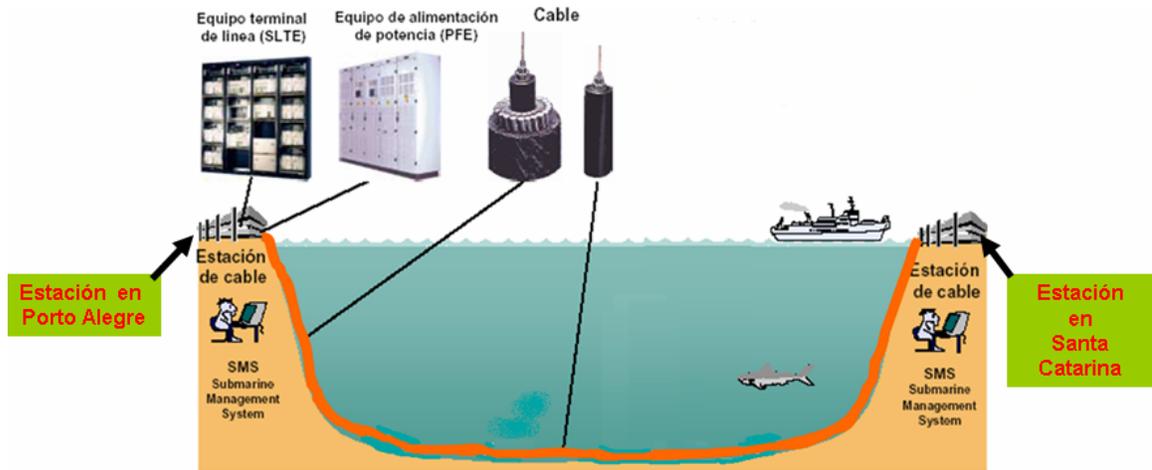


Fig. 3.4 Enlace submarino punto a punto sin repetidor entre Santa Catarina y Porto Alegre.

Según la propuesta el objetivo sería que se conecten la zona de Porto Alegre (la parte sur de la isla) con la zona de Santa Catarina (la parte oeste). Las estaciones terminales serían instaladas en estas dos zonas.

3.1.4 Conexión por tierra. Propuesta de topología anillo redundante.

Tener un sistema de red de fibra óptica redundante garantiza una gran confiabilidad ante el alto grado de fragilidad de las fibras.

A continuación presentamos una propuesta de red redundante según las condiciones geográficas de São Tomé.

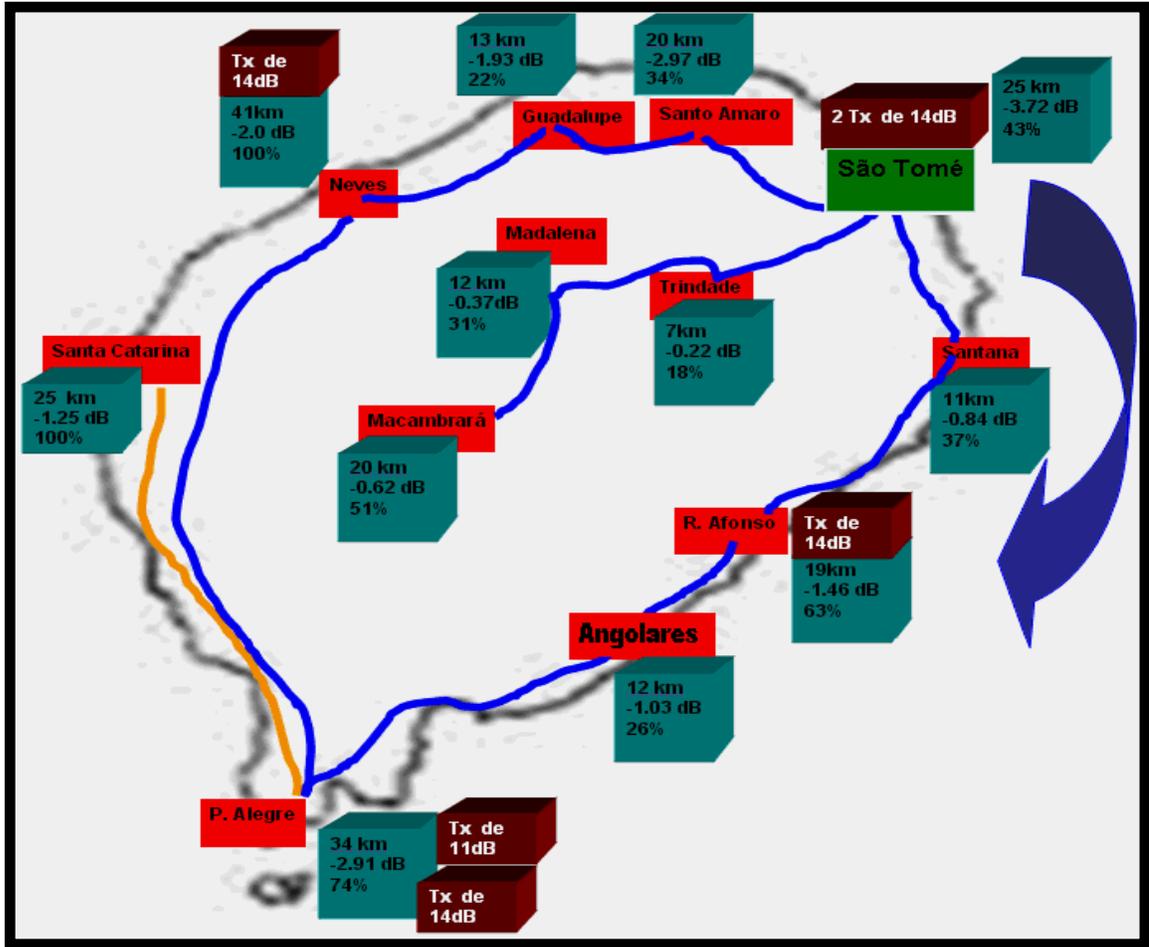


Fig. 3.4 Sentido de la transmisión en la topología de red anillo redundante, ruta Oriente.

Tabla 3.2: Cálculos referentes a la topología anillo redundante, ruta Oriente

	Nodos	Distancia km	Tx Ubicación	Aten dB	Splitter %	Pot. Salida	Pot. llegada	# de Hilo de fibra
Ruta Central	Trindade	7	14 dB (Complejo Técnico)	2.73	18	2.51	-0.22	2
	Madalena	12		4.68	31	4.31	-0.37	2
	Macambrará	20		7.8	51	7.18	-0.62	2
Ruta: Sentido oriente.	Santana	11	14 dB (Complejo Técnico)	4.29	37	5.13	0.84	2
	Rebeira Afonso	19		7.41	63	8.87	1.46	2
	Angolares	12	14 dB (Ribeira Afonso)	4.68	26	3.65	-1.03	2
	Porto Alegre	34		13.26	74	10.35	-2.91	2
	Santa Catarina	25	11 dB (Porto Alegre)	9.75	100	11.00	1.25	2
	Neves	41	14 dB (Porto Alegre)	15.99	100	14.00	-1.99	2
	Guadalupe	13	14 dB (Neves)	5.07	22	3.14	-1.93	2
	Santo Amaro	20		7.8	34	4.83	-2.97	2
	Complejo Técnico (CABECERA)	25		9.75	43	6.03	-3.72	2

Para los cálculos totales de este cuadro correspondiente a la topología anillo redundante, ruta Oriente tenemos:

Total de Ruta = 2

Total de nodos = 12

Total tramos en distancias = 11

Total de Tx = 6

Total de Hilos de Fibra = 24

La necesidad de llevar a cabo esta propuesta de red nos hace presentar otra vía, con otro sentido de conexión, según se muestra en la figura 3.5 y posteriormente evaluar los gastos, para optimizar los recursos a ser invertidos.

Teniendo como origen del trayecto el Complejo Técnico de la capital del país, la conexión se efectuaría en sentido occidente siguiendo el recorrido que primeramente nos llevará hacia el primer nodo (Santo Amaro) y posteriormente otros que seguirían.

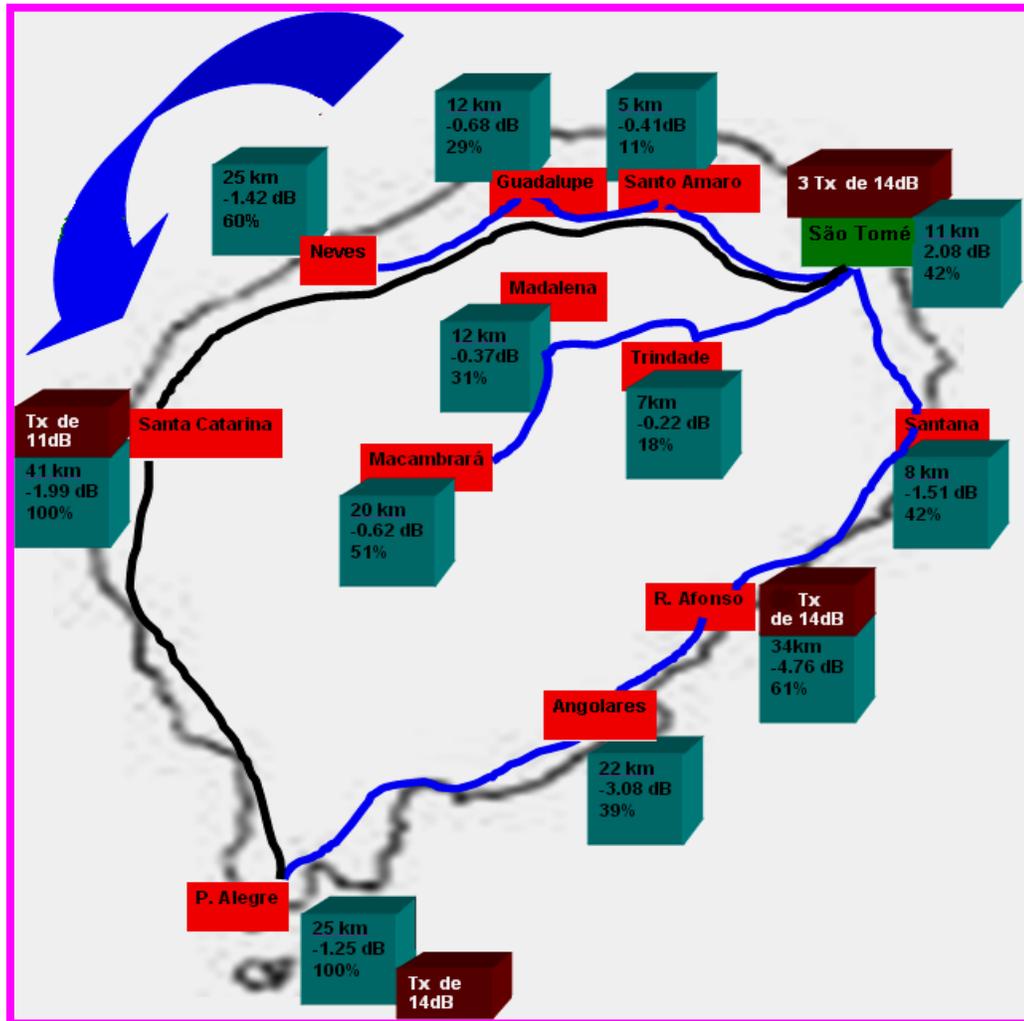


Fig. 3.5 Sistema de transmisión en la topología de red anillo redundante, ruta Occidente.

Tabla 3.3: Cálculos referentes a la topología anillo redundante, ruta Oriente.

	Nodos	Distancia	Tx Ubicación	At dB 0.39	Splitter %	Pt. Salida %	Pot. llegada	# de Hilo de fibra
Ruta Central	Trindade	7 km	14 dB (Complejo Técnico)	2.73	18	2.51	-0.22	2
	Madalena	12 km		4.68	31	4.31	-0.34	2
	Macambrará	20 km		7.8	51	7.18	-0.62	2
Ruta: Sentido occidente	Santo Amaro	5 km	14 dB (Complejo Técnico)	1.95	11	1.54	-0.41	2
	Guadalupe	12 km		7.41	29	4.00	-0.68	2
	Neves	25 km		9.75	60	8.33	-1.42	2
	Santa Catarina	41 km	14 dB (Complejo Técnico)	15.99	100	11.00	-1.99	2
	Porto Alegre	25 km	11 dB (Santa Catarina)	9.75	100	5.50	1.25	2
	Angolares	22 km	14 dB (Porto Alegre)	8.58	39	8.50	-3.08	2
	Rebeira Afonso	34 km		13.26	61	4.63	-4.76	2
	Santana	8 km	11dB (Ribeira Afonso)	3.12	42	4.83	1.51	2
	Complejo Técnico (CABECERA)	11 km		4.26	52	6.37	2.08	2

Para los cálculos totales de este cuadro correspondiente a la topología Anillo Redundante (variante 2) tenemos:

Total de Ruta = 2

Total de nodos = 12

Total tramos en distancias = 11

Total de Tx = 6

Total de Hilos de Fibra = 24

3.2 Equipamiento de cabecera óptica. (Ver anexo V)

El equipamiento propuesto a usar es el de marca KATHREIN, por un conjunto de facilidades que este presenta tales como: entradas redundantes (permiten conectar tanto el canal descendente y el de retorno, por diferentes vías e incluso de diferentes fuentes, permitiendo esto que si ocurre una interrupción por la entrada principal se active entonces la redundante.

Teniendo en cuenta que uno de los objetivos es tener un sistema de red de anillo redundante la propuesta en el diseño en la cabecera debe contemplar la duplicación de los equipamientos ópticos que se ultimarán en dicha cabecera. Esto permitirá que se garantice la conexión con los puntos terminales por otra ruta, en el caso que ocurra alguna avería en los equipos o si se rompe algún hilo de fibra.

Según los estudios que se efectuaron, el conjunto de los equipos que completarían la Cabecera en el Complejo Técnico en la capital de Sao Tomé serían los siguientes (Kathrein, 2009):

- ✚ OSA 1314XE (Transmisores ópticos de 14dB)
- ✚ Amplificador troncal VGU-80 (Ver anexo VII)
- ✚ Fuente TFN-42
- ✚ Transpondedor HMS - TVM-40L
- ✚ Transciver

También haría parte del conjunto de equipos algunos dispositivos importantes como:

- ✚ **Combinador de RF:** es el dispositivo que combina múltiples frecuencias de radio de diferentes fuentes (entradas) hacia un solo medio compartido (salida). El combinador de RF también es usado para añadir al cable coaxial las frecuencias de otros servicios, tales como los canales de televisión digital o análoga).
- ✚ **CMTS** (dispositivo que usualmente está montado sobre un bastidor (rack), procesa todos los paquetes en frecuencia específicas; también tiene un puerto de Red de Área Amplia (WAN) que usualmente está conectado directamente al backbone de Internet o a otra puerta de enlace a Internet.

Receptor Óptico de Retorno

3.2.1 CMTS propuesta

En la Complejo Técnico (cabecera) de la empresa CST se debe instalar el equipo CMTS, para que se pueda proporcionar servicios de datos a alta velocidad, como Internet por cable o voz sobre IP para los abonados. Para proporcionar este servicio la empresa debe conectar la cabecera a Internet mediante un enlace de datos a alta capacidad a un proveedor de servicio de red.

En la parte de los abonados, el CMTS habilita la comunicación con los cablemódems de los abonados. Dependiendo de CMTS, el número de cablemódems que puede manejar varía entre 4.000 y 150.000 o incluso más. De este modo la cantidad de CMTS en una cabecera varía según la cantidad de cable módems que la cabecera le presta servicio.

Para entender lo que es un CMTS se puede pensar en un router con conexiones Ethernet en un extremo y conexiones RF (radiofrecuencia) coaxiales en el otro. La interfaz RF transporta las señales de RF hacia y desde el cable módems del abonado.

De hecho, la mayoría de CMTS tienen tanto conexiones Ethernet (u otras interfaces de alta velocidad más tradicionales) como interfaces RF. De esta forma, el tráfico que llega de Internet puede ser enrutado (o puentado) mediante la interfaz Ethernet, a través del CMTS y después a las interfaces RF que están conectadas a la red HFC de la compañía. El tráfico viaja por la red HFC para acabar en el cablemódems del domicilio del abonado. Obviamente, el tráfico que sale del domicilio del abonado pasará por el cablemódems y saldrá a Internet siguiendo el camino contrario.

Los CMTS normalmente solo manejan tráfico IP. El tráfico destinado al cablemódems enviado desde Internet, conocido como tráfico de bajada (*downstream*), se transporta encapsulado en paquetes MPEG. Estos paquetes MPEG se transportan en flujos de datos que normalmente se modulan en señales QAM.

El tráfico de subida (*upstream*, datos del cablemódem hacia la cabecera o Internet) se transporta en tramas Ethernet (no MPEG), típicamente en señales QPSK.

Un CMTS típico, permite al ordenador del abonado obtener una dirección IP mediante un servidor DHCP. Además, aparte de la IP, también suele asignar la puerta de enlace, servidores DNS, etc.

El CMTS también puede incorporar un filtrado básico como protección contra usuarios no autorizados y ciertos ataques. Se suele utilizar la regulación de tráfico para restringir las velocidades de transferencia de los usuarios finales. Un CMTS puede actuar como bridge o router.

El cablemódem de un abonado no puede comunicarse directamente con otros módems en la misma línea. En general, el tráfico del se enruta a otros cablemódems o a Internet a través de una serie de CMTS y routers. Evidentemente una determinada ruta podría pasar por un único CMTS.

Según la cantidad de cablemódems que pueden ser manejados por un solo CMTS, con uno de estos dispositivos, teniendo en cuenta la cantidad de clientes que tiene y que podría tener la empresa CST, sería suficiente para cubrir todas las necesidades en el momento de brindar servicio a los clientes.

3.2.2 Selección de los nodos ópticos. (Ver anexo V)

Un nodo híbrido de fibra y coaxial, como se había señalado en uno de los capítulos anteriores, es un dispositivo de campo de dos vías que convierte las frecuencias analógicas en señales digitales y viceversa. El nodo de fibra toma las frecuencias de radio en un cable coaxial (transmitidas desde el cablemódem), las convierte en señales digitales, y luego transmite los datos a un cable de fibra óptica. Los datos que son recibidos desde el cable de fibra óptica (transmitidos desde el CMTS) son convertidos a una señal analógica y luego son transmitidos a la línea de cobre compartida. Este nodo de fibra (llamado un nodo HFC), ver la figura 1.1, convierte las señales analógicas en pulsos digitales de luz que son transferidos a través del cable de fibra óptica. Dos cables de fibra óptica son necesarios: uno para la transmisión de datos (Tx) y el otro para la recepción de datos (Rx). Los nodos HFC ofrecen a los proveedores de servicios muchas ventajas.

Como propuesta se equiparían los nodos con los siguientes quipos (Kathrein, 2009):

- ✚ Amplificador canal de retorno VGR-09C
- ✚ Amplificador VGS-40
- ✚ Amplificador troncal VGU-80
- ✚ Fuente TFN-42
- ✚ Transpondedor HMS - TVM-40L
- ✚ Transciever 910E-3 (Ver anexo VI)

Para que haya mejor manejo a la hora del mantenimiento y de la reparación, se colocarían todos estos equipos en un rack de 19 pulgadas, garantizando igualmente su protección contra las adversidades de la naturaleza.

3.2.3 Propuesta del tipo de fibra

Analizando las características de las fibras, normalmente en este tipo de red que estamos tratando, siendo una mejora de la red de CATV, se usa la fibra monomodo. La fibra óptica, opuestamente a las características que presenta el coaxial, puede recorrer grandes distancias.

La fibra monomodo tiene tres ventanas de trabajo que son:

- ✚ 850 nm
- ✚ 1300 nm
- ✚ 1550 nm

Considerando los equipos que conformarán la cabecera y los nodos, se propone trabajar en la segunda ventana (1300nm), porque en la misma están incorporadas un conjunto de facilidades (la distancia máxima recomendable es de 30 km, dispersión cromática nula, no se usa el amplificador óptico (repetidores), el costo de los equipamiento no es muy caro y la máxima potencia de transmisión es de 14 dB). Con este diseño se gana mucho en la rapidez, y el ancho de banda es eficiente hasta muy cerca de los puntos terminales, lo que facilita la utilización de nuevas tecnologías, que permiten brindar una gran variedad de servicios.

De este modo, en lo que se refiere al número de hilos de fibra óptica a utilizar en el diseño, es conocido que para cada nodo deben estar disponibles 2 hilos de fibra. Pero es recomendable que se dupliquen para la redundancia de la red.

3.2.4 Red de distribución coaxial.

En lo referente a la red de distribución serán los coaxiales que dominarán el momento respecto al medio de transmisión que se usarán. Para una mejor gestión de este medio se debe ubicar los nodos ópticos a una distancia promedio respecto a los clientes.

El modo de implementación del coaxial en la red de distribución depende de la arquitectura de la lugar donde se lleva a cabo tal distribución, pero se debe considerar del los tres tipo de coaxiales más importante se elige el RG-500, porque puede cubrir gran distancia., tiene un buen ancho de banda, son robustos y son diseñados para está función.

Los nodos secundarios reciben las señales del modo principal para hacer las distribuciones por ramas del coaxial hacia los abonados. Pero en estas ramas los amplificadores deben ser puestos a la misma distancia.

Sabiendo que los nodos deben cubrir entre 200 5000 abonados, aunque no existan todos los abonados se debe crear condición para el futuro crecimiento del número de interesado.

Para una buena calidad de la señal hay que controlar los parámetros del amplificador en el momento de hace la distribución a los clientes

Lo más importante a la hora del diseño de un Sistema de Transmisión óptico consiste en caracterizar las CNRs debidas a las distintas fuentes de ruido para calcular la CNR total y verificar si esta cumple los mínimos requisitos exigidos.

3.3 Costo de la Instalación

Una inversión en un sistema de fibra óptica es caracterizada como una apuesta en el futuro. De este modo les presentamos las apreciaciones económicas, con vista a garantizar la implementación de un sistema de red anillo redundante HFC en São Tomé, donde estarán patentes principalmente los costos en los equipamientos de la cabecera de transmisión. (Tabla 3.4).

Donde quiera que haya un transmisor, según los mapas de red anteriormente ilustrados, debe haber aproximadamente un costo de 11,721.75 €.

Tabla 3.4: Costos de equipamiento de un Rack de Transmisión

Costo de equipamiento de un Rack de Transmisión					
Denominación	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio/U	Precio Total
VGU-80	Amplificador puente	U	1	800.00 €	800.00 €
Spliter optico	Spliter Optico	U	4	150.00 €	600.00 €
OSA 1314X-E	Transmisor Optico	U	2	3,575.00 €	7,150.00 €
TFN 42	Fuente	U	2	455.00 €	910.00 €
Rack de 19"	Rack de 19"	U	1	1,936.25 €	1,936.25 €
Pachcord	Cables de coneccion optica	U	7	46.50 €	325.50 €
Costo Total					11,721.75 €

También les presentaremos los costos en la cabecera de recepción (nodos), como podremos apreciar en la Tabla 3.5.

Tabla 3.5: Costos de equipamiento de un Rack de Recepción

Costo de equipamiento de un Rack de Recepción					
Denominación	Descripción	unidad	Cantidad	Precio/U	Precio Total
VGR-09C	Amplificador canal de retorno	U	1	429.00 €	429.00 €
VGS-40	Amplificador	U	1	150.00 €	150.00 €
VGU-80	Amplificador troncal	U	2	331.50 €	663.00 €
TFN 42	Fuente	U	2	455.00 €	910.00 €
Rack de 19"	Rack de 19"	U	1	1,936.25 €	1,936.25 €
Pachcord	Cables de coneccion optica	U	7	46.50 €	325.50 €
TVM-40L	Transpondedor HMS	U	1	390.00 €	390.00 €
OTR 910E	Optical Transiver	U	1	1,118.75 €	1,118.75 €
Costo Total					6,214.50 €

Donde quiera que haya un nodo debe haber un costo de instalación de aproximadamente 6,214.50 €.

Sumándose los medios de transmisión (fibra óptica) y los accesorios, el número total de transmisores (12), el número total de nodos (12) y los costos en mano de obra se llegará a un favor total según se muestra en la tabla 3.6.

Tabla 3.6: Costos total del proyecto.

Equipamiento	Unidad	Cantidad	Costo
Trasmisores	u	12	135,261.00 €
Nodos	u	24	149,148.00 €
FO de 48 hilos	m	119000	654,500.00 €
Caja de empalmes	u	30	5,400.00 €
ODF	u	24	11,340.00 €
Mano de obra estimada			
Inhalación de fibra		119000	178,500.00 €
Instalación de Mangas		30	1,359.00 €
Instalación de ODF		24	460.80 €
Fuciones		1728	32,572.80 €
Costo Total del Proyecto			1,168,541.60 €

El costo total de la instalación es de aproximadamente 1,168,541.60 €.

Con este valor se puede darse cuenta de lo costoso que resulta poseer una tecnología de red de cable HFC. Lo que igualmente pone en evidencia, lo costoso que es tener una instalación de red de CATV por cable que esté capacidad para brindar todos los servicios en las implicaciones actuales. Pero sin embargo se sabe que es uno de los negocios más rentable, principalmente cuando se brinda las más y nuevas implicaciones en servicio disfrutando de la infinita potencialidad de la fibra óptica.

CONCLUSIONES

Finalmente por los análisis y estudios realizados hemos llegado a la conclusión que:

1. De acuerdo con las revisiones técnicas, se ha detectado que existen tecnologías que utilizan combinaciones del medio de transmisión con vista a incrementar el ancho de banda y encontrar una mejor relación S/N. Y muchas de estas tecnologías se están inclinando para la utilización de la fibra óptica, exigiendo, de este modo, que se modernice igualmente los equipos que contribuyen para mejorar la calidad, la velocidad, confiabilidad y la eficiencia en la transmisión de las señales. Por eso la red híbrida fibra óptica y cable coaxial (HFC) nace como el resultado de estas combinaciones.
2. El sistema de telecomunicación actualmente montado por la empresa de telecomunicación de Sao Tomé y Príncipe, limitada por distintos factores, entre ellos la condición geográfica y climática del país, no se encuentra listo para brindar los nuevos y más actuales servicios que requieren un sistema de red en banda ancha. El ancho de banda, limitado por la transmisión radial (antenas distribuidas por distintas parte del país) imposibilita la implementación de nuevos servicios. El nivel de interactividad entre el proveedor (la empresa) y los clientes es casi nulo ante un mundo cambiante en nuevas tecnologías interactivas como: TV digital por cable, voz sobre IP, Internet banda ancha, Video Bajo Demanda, Juegos Interactivos, Vigilancia IP, Servicios Multimedia y Grabación de Videos Digitales.

3. A pesar de que exista limitación geográfica, la distribución y concentración de los clientes por todo el país abre camino a la implementación de topología de red que, además de cubrir las necesidades de los clientes por toda la isla, garantiza alta confiabilidad al sistema de telecomunicación de la empresa.
4. La propuesta del proyecto de red HFC para Sao Tomé y Príncipe, no constituye un reemplazo a los sistemas de telecomunicación existente, sino que serviría de auxilio, respaldo, actualización y/o el paso intermedio para la total opticalización de la red de acceso de la empresa. Porque mientras pasan los años se abaratan más los costos de las nuevas tecnologías y podría ser que un reto de la empresa CST, en algún momento, sea obtener una red óptica con la configuración FTTH.
5. En lo que corresponde a la telecomunicación, es necesario seguir trabajando para el desarrollo del país, consciente de su influencia en la sociedad. El hecho de querer dar pasos rumbo a un adelanto se refleja en la forma como se encuentra estructurado el sistema de telecomunicación del país en comparación con lo que sucede en los demás países. De ahí que hay que hacer siempre un esfuerzo para mantenerse actualizado.
6. Unas de las empresas más rentables del mundo son las empresas de telecomunicaciones. Y la base de las rentabilidades está en tener una buena base para brindarle mayor cantidad de servicios existente en la actualidad.
7. temiendo en cuanto que

RECOMENDACIONES

Ya no tiene lugar a dudas lo importante que es una red de fibra óptica para un país. Las ventajas que ofrece la fibra óptica es superior a los costos de instalación de la misma. Así que se recomienda lo siguiente:

- ✚ Que se hagan esfuerzos para la implementación de este proyecto, visto que podemos considerar una red de fibra óptica como una red para toda una vida.
- ✚ Que se siga investigando y actualizando, en lo referente a la red HFC, con vista a capacitar la red del país, poniendo así el sistema de telecomunicación en un seguimiento real y constate a la actualidad. Lo que a su vez reflejaría un desarrollo del país y de la sociedad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANÓNIMO (2009a) CONECTORES COAXIALES.
http://www.locuradigital.com/pt/cabos_coaxiales_t_v/cabos_coaxiales_t_v.htm?3226 Accedido el 3-3-2009.

ANÓNIMO (2009b) Topología de red bus anillo.
http://www.unicrom.com/cmp_topologia_redes_bus_anillo.asp.

ANÓNIMO (2009) Topologías de redes.
www3.uji.es/~belfern/pdidoc//IX26/Documentos/EjemplosTopologia.pdf –.

AUTORES, C. *CDN CABLE MODEM FAQ*. . <http://cabledatacomnews.com/cablefaq.htm>.

AUTORES, C. Pedidas y Atenuación en Fibra Óptica. www.yio.com.ar/fo/atenuacion.html.

AUTORES_COLECTIVO Fibra Óptica. Disponible en:
<http://www.siecor.com/web/college/fibertutorial.nsf/introfro?OpenForm>
<http://www.taringa.net/posts/info/1241191/www.radioptica.com>
www.textoscientificos.com/

BRITO, J. C. M. (2004) SISTEMAS DE TRANSMISION DE CABLE SUBMARINO. INTEGRACION DE CUBA A LA RED MUNDIAL DE CABLES SUBMARINOS. IN UCLV (Ed.). SANTA CLARA.

CARLOS, L. J. (1999) Redes de Comunicación por Cable. Departamento de Teoría de la Señal y Comunicaciones e Ingeniería Telemática de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación de Valladolid. España.

- CLAREMBAUX, D. L. G. ¿QUE ES LA FIBRA ÓPTICA? , Disponible en: <http://www.geocities.com/cruzcruzjl/fibraoptica.html>.
- COLECTICO_AUTORES "CABLE COAXIAL" CHILE, ESCUELA DE AVIACIÓN, http://es.wikipedia.org/wiki/Cable_coaxial www.arqhys.com/arquitectura/cable-coaxial.html http://tecnomaestros.awardspace.com/cable_coaxial.php Accedidos el 30-1-2009 (1:52 am-2:00am)
- CST (COMPANHIA SANTOMENSE DE TELECOMUNICAÇÕES, S. (2009) Rede de Telecomunições Direcção de Engenharia e Operações ed. São Tomé, www.cstome.net.
- ING. MICHAEL CHONG ING. (Octubre11,2007). Quito.
- JOLVER, M. R. (2006) Diseño de red de TV por cable para la Cayeria Norte de la Provincia de Villa Clara. Villa Clara-Cuba.
- KATHREIN (2009). www.kathrein.de.
- LÓPEZ, G. E. FIBRA OPTICA ¿QUÉ ES? , Disponible en: <http://www.arturosoria.com/fisica/art/fibra.asp> Accedido el 4-11-2008
- LÓPEZ, J. C. (1999) Redes de Comunicación por Cable.
- MURILLO, A. (2002) Modelo del canal de retorno de una red de cable (HFC). Disponible en: <http://www.albertomurillo.com/ModeloCR.htm> accedido 15-2-2009
- RAMOS, F. (2002) Amplificadores ópticos dopados con erbio. Disponible en: http://www.radioptica.com/Fibra/edfa_edwa.asp?pag=2.
- REBOLLEDO, M. (2000) Amplificadores de fibra óptica. Discurso de ingreso. España, Academia de Ciencias Exactas, Físicas, Químicas y Naturales de Zaragoza.
- RIVERO, J. B. (2008) Sistema de Transmisión óptica. IN UCLV (Ed.) *La Fibra Óptica en las Telecomunicaciones*. . Centro de capacitacion de ETCSA.

TERAYON. (2009). <http://www.terayon.com/terayon/products/scdma/upstream.html>
Accedido el 1-03-2009.

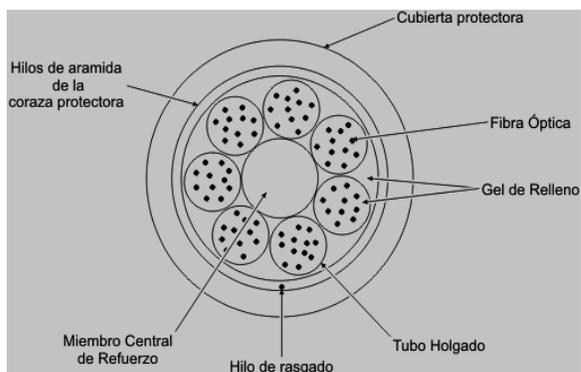
VAZ, H. Y. O., FAUSTINO (2007) ESTADO GERAL DA BIODIVERSIDADE DE S.TOMÉ E PRÍNCIPE. São Tomé

ANEXOS

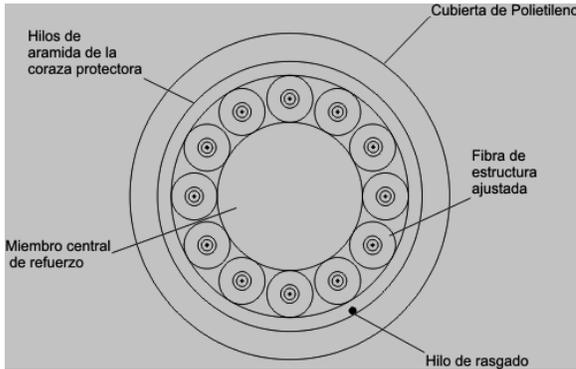
Anexo I Conectores de fibra óptica



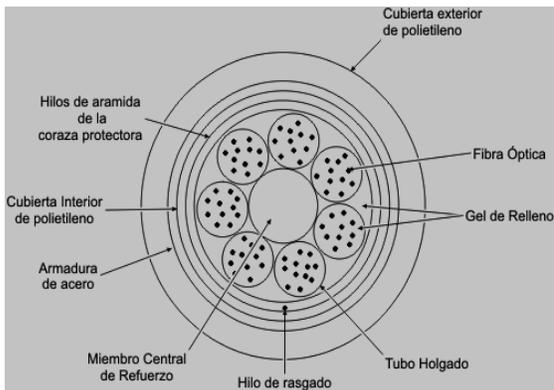
Anexo II Cable de tubo de estructura holgado



Anexo III Cable de estructura ajustada



Anexo IV Cable de fibra óptica blindado



Anexo V Equipos de la cabecera e de los nodos en la red HCF



Anexo VI hojas de datos de ORT 910E-3, producto de Kathrein

Optische Transceiver

Optischer Transceiver, 1 Rückweg-Sender 3 dBm

ORT 910E-3

24610110



- Der optische Transceiver wird im Glasfaser-Verstärkerpunkt eingesetzt
- Wandelt die Vorwärtssignale optisch-elektrisch und die Rückweg-Signale elektrisch-optisch um
- Ein Rückweg-Sender, 1310-nm-DFB-Laser mit optischem Isolator, 3 dBm
- Extrem rauscharmer optischer Empfänger mit per Software konfigurierbarem HF-Ausgangspegel
- Konfigurierbarer optischer Sender mit Testbuchse
- Geregelter optischer Ausgangspegel und pilotgeregelter optischer Modulationsindex
- Ingress Control Switch (ICS)
- Verschiedene Management-Funktionen:
 - Optische Eingangs- und Ausgangspegel-Überwachung
 - Leitungscode für optischen Sender



Typ		ORT 910E-3
Bestell-Nr.		24610110
Optische Schnittstellen		E-2000
OPTISCHER EMPFÄNGER		
Wellenlängenbereich	nm	1280-1610
Optischer Eingangspegel	dBm	-6 bis +4
Optische Rückflussdämpfung	dB	>45
Äquivalente Eingangsrauschstromdichte bei $P_{opt, in} = -4$ dBm	pA/√Hz	6,0
HF-Frequenzbereich	MHz	47-870
Nennausgangspegel (4 % OMI)	dBμV	71,5
Rückflussdämpfung bei 85 MHz	dB	>19 - 1/Okt., >16 min.
Impedanz	Ω	75
OPTISCHER SENDER		
Wellenlänge	nm	1310 ± 30
Optischer Ausgangspegel	dBm	3
HF-Frequenzbereich	MHz	5-160
Nenneingangspegel (5 % OMI)	dBμV	75 (± 6 einstellbar per Software)
Relatives Intensitätsrauschen (RIN)	dB/Hz	-149
Impedanz	Ω	75
Rückflussdämpfung	dB	18
Testbuchse	dB	-20 ± 1,5
Pilotfrequenz	kHz	625
Leistungsaufnahme	W	8,5

Anexo VII hojas de datos de VGU 80, producto de Kathrein

KATHREIN

GGA 8-Verstärkersystem

Abzweigverstärker

VGU 80

24410033



Der Verstärker VGU 80 ist ein Breitband-Verstärker für den Frequenzbereich von 47 bis 862 MHz. Er wird in der Regel als Abzweigverstärker oder als Ausgangsverstärker nach optischen Receivern eingesetzt.

Funktionen:

- Verstärkung der Vorwärtssignale (47-862 MHz)
- Elektronischer Dämpfungssteller am Eingang
- Elektronische Preemphase am Eingang
- Abzweigausgang zur Speisung von Linien- und Stammverstärkern
- Abzweigausgang für Vorwärtsträger des Überwachungssystems
- Testbuchse zur Kontrolle des Ausgangssignals
- Inventory Data System

Bedienung/Anzeige erfolgt über Handbedienteil HTE 10

NMS-Funktionen:

- Eingestellte Dämpfung des Stellgliedes
- Stellung Preemphase Stellglied
- Remote Inventory Data



Typ		VGU 80
Bestell-Nr.		24410033
Frequenzbereich	MHz	47-862
Nennverstärkung	dB	18
Frequenzgang	dB	± 0,4
Abzweigausgang	dB	-15
Dämpfungssteller elektronisch, Geräteeingang	dB	0-10
Preemphase elektronisch, Geräteeingang	dB	0-5
Testbuchse	dB	-20
Rauschmaß	dB	11
Störabstände CENELEC, 862 MHz, 41 Kanäle, 110 dB μ V, flach		
CSO	dB	64
CTB	dB	64
Störabstände CENELEC, 862 MHz, 41 Kanäle, 110 dB μ V, 5-dB-Preemphase		
CSO	dB	67
CTB	dB	67
Betriebsspannung	V _{DC}	24
Stromaufnahme	mA	500