

**TRABAJO ESPECIAL DE GRADO**

**PROPUESTA PARA AUMENTAR LA CAPACIDAD DE  
TRÁFICO ENTRE LAS CENTRALES MARICHES – URBINA  
(CANTV)**

Presentado ante la Ilustre  
Universidad Central de Venezuela  
Por el Br. Quijada M., Heidi J.  
Para optar al título de  
Ingeniero Electricista

Caracas, 2008

# **TRABAJO ESPECIAL DE GRADO**

## **PROPUESTA PARA AUMENTAR LA CAPACIDAD DE TRÁFICO ENTRE LAS CENTRALES MARICHES – URBINA (CANTV)**

TUTOR GUÍA: Prof. Luis Fernández  
TUTOR INDUSTRIAL: Ing. Robín Alonzo

Presentado ante la Ilustre  
Universidad Central de Venezuela  
Por el Br. Quijada M., Heidi J.  
Para optar al título de  
Ingeniero Electricista

Caracas, 2008



**UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRICA**  
**DEPARTAMENTO DE COMUNICACIONES**



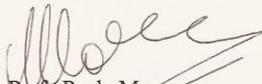
### CONSTANCIA DE APROBACIÓN

Caracas, 09 de junio de 2008

Los abajo firmantes, miembros del Jurado designado por el Consejo de Escuela de Ingeniería Eléctrica, para evaluar el Trabajo Especial de Grado presentado por la Bachiller Heidi Quijada, titulado:

**“PROPUESTA PARA AUMENTAR LA CAPACIDAD DE TRAFICO  
ENTRE LAS CENTRALES MARICHES-URBINA (CANTV)”**

Consideran que el mismo cumple con los requisitos exigidos por el plan de estudios conducente al Título de Ingeniero Electricista en la mención de Comunicaciones, y sin que ello signifique que se hacen solidarios con las ideas expuestas por el autor, lo declaran APROBADO.

  
Prof. Paolo Maragno  
Jurado

  
Prof. Orlando Hernández  
Jurado

  
Prof. Luis Fernández  
Prof. Guía



Edificio Escuela de Ingeniería Eléctrica, piso 1, oficina 201, Ciudad Universitaria, Los  
Chaguaramos, Caracas 1051, D.F.  
TELÉFONOS. (VOZ) +58 212 6053300 (FAX) +58 212 6053105  
Mail: eie-com@elecisc.ing.ucv.ve

## **DEDICATORIA**

A Dios Padre Todo Poderoso por ser la fuente de vida y amor, por darme fortaleza y demostrarme que existe al estar allí en los momentos en que más lo necesito.

A mi madre Luz, por haber dado todo por mí y ser mi ejemplo de lucha, perseverancia, trabajo y superación, porque gracias a su apoyo he alcanzado lo que soy hoy día.

A mis hermanos Jesús y Jeissy por ser mis grandes amigos y siempre apoyarme.

A mi amado esposo Miguel Ángel por demostrarme con su ejemplo que no existen límites cuando se lucha por las cosas que queremos, por siempre alentarme a ser la mejor y a brillar en la vida.

A Rafael González por ser incondicional conmigo y demostrarme que el tiempo y el espacio jamás cambiarán eso.

A José Navas por ser mi gran amigo, por estar presente y apoyarme en todos los momentos importantes de mi vida.

A mi perrito tesoro por darme muchos momentos de amor y alegría.

## **AGRADECIMIENTOS**

A la Universidad Central de Venezuela por darme la oportunidad de estudiar en esta prestigiosa casa de estudio y formarme como profesional en la Escuela de Ingeniería Eléctrica, a sus profesores por impartirme sus conocimientos.

A María Auxiliadora por siempre tender su mano amiga en todo momento.

A mi tutor académico el profesor Luis Fernández por su valioso tiempo empleado y ayuda en la realización de mi tesis.

A mi compañero Gabriel Suarez por ayudarme a encontrar la oportunidad de realizar mi tesis de grado.

Al Señor Fernando Hernández por darme la oportunidad de realizar bajo su supervisión mi Tesis de grado y preocuparse por encontrar un tema acorde para la realización de la misma, brindándome toda su ayuda y experiencia.

Al Señor José Rondón porque su valioso tiempo y apoyo que hizo posible la realización de mi tesis.

A mis compañeros de trabajo Darwing y Jesús por ayudarme y responder mis preguntas desde el primer momento en que llegue a la unidad de transmisión.

A mis otros compañeros de trabajo en la unidad de transmisión: Zarraga, Laura, Domingo, Navas, Pérez, Francisco, Juan Francisco, Juan Carlos, Franksteve y Eden

por haber compartido conmigo y brindarme su ayuda durante mi estadía en la sala de transmisión.

A mis compañeros de la universidad Luis, Carlos, Gabriel y Katty por esos gratos momentos que hicieron tan amenos mis mediodías durante mi tiempo de pasantía en CANTV.

A mi compañero José Miguel Becerra por sus consejos oportunos y motivación para que terminara mi tesis en el tiempo previsto.

A mis amigos Marcial Rodríguez, Angélica López y Anny por su preocupación y ayuda para que culminara bien mi tesis.

**Quijada M., Heidi J**

**PROPUESTA PARA AUMENTAR LA CAPACIDAD DE TRÁFICO ENTRE LAS CENTRALES MARICHES-URBINA (CANTV)**

**Tutor Académico: Luis Fernández. Tutor Industrial: Ing. Robin Alonzo. Tesis. Caracas. U.C.V. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Eléctrica. Ingeniero Electricista. Opción: Comunicaciones. Institución: Compañía anónima nacional de teléfonos de Venezuela (CANTV). 2008. 62 h. + anexos.**

**Palabras Claves:** Enlace de Fibra Óptica, PDH (Plesiochronous Digital Hierarchy), SDH (Synchronous Digital Hierarchy), Ampliación de la capacidad de tráfico.

**Resumen.** Se propone aumentar la capacidad de tráfico entre las centrales Mariches y Urbina, de la Compañía Anónima Nacional Teléfonos de Venezuela (CANTV), para mejorar el rendimiento en el servicio telefónico urbano, nacional e internacional que presta a sus abonados la central Mariches. Se procedió a realizar diversas pruebas en el enlace de fibra para determinar la causa del problema, estas fueron realizadas en el medio de transmisión (fibra óptica) y equipos PDH utilizados en cada central, determinando por los resultados obtenidos que la demanda de abonados excedió la capacidad permitida por los equipos, por lo cual se realizó la ampliación de la capacidad de tráfico entre ambas centrales. Para darle solución al problema fueron utilizados equipos que habían sido desincorporados de otras centrales para ser sustituidos por otros de tecnología más reciente y mayor capacidad. Estos equipos estaban disponibles y se incorporaron en servicio nuevamente para ampliar la capacidad entre las centrales Mariches y Urbina de 140 Mbps a 2,5 Gbps, con esta ampliación fue integrada la tecnología SDH al enlace. Este cambio permite que los actuales y los nuevos abonados puedan utilizar el servicio telefónico sin sufrir congestión alguno.

## INDICE GENERAL

CONSTANCIA DE APROBACION.....	iii
DEDICATORIA .....	iv
AGRADECIMIENTOS .....	v
RESUMEN.....	vii
INDICE GENERAL.....	viii
INDICE DE FIGURAS.....	xii
INDICE DE TABLAS .....	xiii
INTRODUCCION .....	1
CAPITULO I.....	2
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	2
1.1 Antecedentes .....	2
1.2 Justificación:.....	3
1.3 Planteamiento del Problema.....	3
1.4 Objetivos .....	4
1.4.1 Objetivo General:.....	4
1.4.2 Objetivos Específicos: .....	4
CAPITULO II .....	5
MARCO TEORICO.....	5
2.1 ¿Qué es la fibra Óptica? [1] [2] .....	5
2.1.1 Aplicaciones de la Fibra .....	8
2.1.2 Ventajas .....	8

2.1.3 Desventajas .....	8
2.1.4 Tipos de Fibra Óptica .....	9
2.1.5 Fibra multimodo [3].....	9
2.1.6 Fibra monomodo [2].....	11
2.2 OTDR (Optical Time Domain Reflectometer).....	11
2.3 Medidor de Potencia.....	12
2.4 Equipo ACTERNA ANT-5 Analizador de Acceso SDH.....	13
2.5 Sistemas de transmisión PDH [4].....	14
2.6 Sistemas de transmisión SDH [4][5][6] .....	16
2.6.1 Estructura de la Trama SDH [4] .....	18
2.6.2 Sección de Cabecera Extra [4].....	20
2.6.3 Puntero [4] .....	21
2.6.4 Carga Útil [4] .....	22
2.6.5 Similitudes entre SONET y SDH [4][5].....	23
2.6.6 Estructura SDH [4] .....	25
2.6.7 Equipamiento del SDH [4] .....	26
2.6.8 Multiplexor terminal.....	26
2.6.9 Multiplexores sumadores.....	26
2.6.10 Conmutadores de cruce de conexión ( <i>Cross-Connect</i> ) [10].....	27
2.6.11 Redes SDH [4].....	28
2.6.12 Configuración en Anillo [4].....	28
2.6.13 Sincronización [4].....	29
2.7 Equipo SDH AT&T SLM-2000-16 [9].....	29
2.7.1 Terminal de línea 1 + 1 .....	30

2.7.2 Unidades de Transmisión de baja velocidad.....	30
2.7.3 Unidades de transmisión de alta velocidad.....	31
2.7.4 Receptor de Línea LRX .....	31
2.7.5 Transmisor de Línea LTX.....	32
CAPITULO III.....	33
AMPLIACION DE LA CAPACIDAD DE TRAFICO ENTRE LAS CENTRALES MARICHES – URBINA (CANTV) .....	33
3.1 Topología original del enlace entre las centrales Mariches - Urbina y Realización de Pruebas en el tendido de fibra y en los equipos.....	33
3.1.1 Pruebas en el tendido de fibra Óptica .....	34
3.1.2 Reflectometría.....	34
3.1.3 Potencia Real .....	34
3.1.4 Potencia Punto a Punto .....	34
3.1.5 Pruebas en los Equipos .....	35
3.1.6 Prueba de BER.....	35
3.1.7 Medición de alimentación.....	36
3.1.8 Prueba de protección.....	36
3.1.9 Visita del personal Técnico y pruebas realizadas .....	36
3.1.10 Pruebas realizadas en el tendido de fibra Óptica .....	37
3.1.11 Reflectometría.....	37
3.1.12 Potencia Real: .....	37
3.1.13 Potencia Punto a Punto .....	37
3.1.14 Pruebas realizadas en los Equipos .....	37
3.1.15 Prueba de BER desde el NEC 6000 modelo 6058 de 34 Mbps.....	38
3.1.16 Resultado de las pruebas realizadas.....	39

3.2 Propuesta para ampliar la capacidad de tráfico entre las centrales Mariches – Urbina y realización de las pruebas en los equipos.....	39
3.2.1 Pruebas en los Equipos SDH yPDH .....	43
3.2.2 Pruebas realizadas a los equipos SLM-2000-16 (Multiplexor de 16 entradas de 140 Mbps y una salida de 2,5 Gbps).....	43
3.2.3 Pruebas realizadas al equipo NEC6000 Modelo 6033.....	46
3.2.4 Prueba de BER.....	46
3.2.5 Prueba de Alimentación.....	47
3.2.6 Prueba de Protección .....	47
CAPITULO IV .....	48
ANALISIS DE LAS MEJORAS ALCANZADAS LUEGO DE LA AMPLIACION DEL ENLACE DE FIBRA OPTICA ENTRE LAS CENTRALES MARICHES Y URBINA .....	48
4.1 La Capacidad del enlace aumenta. ....	48
4.2 Permite interacción y compatibilidad con equipos de otros proveedores. ....	49
4.3 La robustez del enlace aumenta ante desvanecimientos de la señal en el tendido de Fibra.....	49
CONCLUSIONES .....	50
RECOMENDACIONES .....	52
REFERENCIA BIBLIOGRAFICA .....	55
BIBLIOGRAFIA .....	57
GLOSARIO .....	58
ANEXOS .....	62

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Efecto de refracción de la luz al pasar de un medio a otro.....	6
Figura 2. Sección transversal y longitudinal de la fibra óptica.....	8
Figura 3. Fibra Índice Gradiente.....	11
Figura 4. Fibra Índice Escalonado.....	11
Figura 5. (OTDR) Ejemplo de una reflectometría realizada.....	13
Figura 6. Medidor de Potencia.....	14
Figura 7. Equipo ACTERNA.....	15
Figura 8. Montaña del Mux.....	17
Figura 9. Estructura de la trama SDH.....	20
Figura 10. Insertando un Tributario de 140 Mbps en un STM-1.....	21
Figura 11. Coordenadas del Puntero.....	23
Figura 12. Mapa de la Estructura SDH.....	26
Figura 13. Multiplexor Add / Drop.....	28
Figura 14. Anillo SDH con corte de Fibra.....	29
Figura 15. Topología Original.....	34
Figura 16. Prueba de BER para 2 Mbps.....	39
Figura 17. Topología Propuesta.....	41
Figura 18. Equipo SDH AT&T SLM-2000-16.....	45
Figura 19. Prueba de Aceptación .....	48
Figura 20. Topología actual de conexión entre Mariches, Turumo y Urbina.....	53
Figura 21. Topología recomendada de conexión entre Mariches, Turumo y Urbina.....	55

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Comparación de tasas SDH y SONET .....	23
Tabla 2: Tasas de Bit soportados por cada recipiente virtual .....	26
Tabla 3: Comparación de la capacidad del enlace actual con el enlace anterior...	48

## INTRODUCCION

La fibra óptica es un medio de transmisión que goza de grandes ventajas como son su inmunidad ante la presencia de interferencia electromagnética y su gran ancho de banda, al cual no se le ha encontrado un límite hasta los momentos. Por este motivo la empresa CANTV tiene una red de fibra a nivel nacional e internacional (cable submarino). En el cable de fibra se transporta la información por medio de técnicas digitales, unos de los más utilizados son el PDH (*Plesiochronous Digital Hierarchy*) y SDH (*Synchronous Digital Hierarchy*). Los sistemas PDH puede trabajar en conjunto con los SDH, multiplexando señales de 2Mbps que salen de la central de conmutación hasta señales de 140 Mbps. Sistemas con mayor capacidad solo funcionan con tecnología SDH.

La tecnología SDH permite una topología de protección en anillo, haciendo así el sistema de transmisión muy confiable y seguro. La red de fibra de CANTV está compuesta por anillos principales, estos a su vez por anillos urbanos e interurbanos interconectados entre sí, lo cual permite la existencia de rutas alternas en caso de haber un corte en el medio de transmisión, manteniendo así la comunicación activa.

La tendencia hoy día es migrar las centrales que trabajan con PDH a SDH, ya que la multiplexación por la Jerarquía Digital Síncrona ofrece mayores ventajas, por eso desde hace algún tiempo solo se instalan equipos SDH en las centrales . Uno de los pocos enlaces que todavía funciona con tecnología PDH es el que se encuentra entre las centrales Mariches y Urbina. A este enlace que transporta solamente voz, se le practicaron distintas pruebas para determinar la causa por la cual había bajado su rendimiento en el servicio telefónico. Luego de los resultados obtenidos se determinó que el número de abonados habían excedido la capacidad del enlace.

# **CAPITULO I**

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **1.1 Antecedentes**

La Corporación CANTV posee la red de comunicación interconectada más importante a nivel nacional que es utilizada por diversos clientes. La red está conformada por distintos medios de transmisión, radios digitales, analógicos y fibra óptica.

La red de fibra óptica es la más extensa y el principal medio de comunicación o forma de transmisión de CANTV, ya que por ella se interconectan todas las regiones nacionales y varios países.

Debido a la importancia de la red de fibra óptica de CANTV y al alto tráfico de las comunicaciones que por ella transitan, se debe mantener en óptimas condiciones.

A nivel local la red de fibra, está compuesta por varios anillos urbanos interconectados entre sí. En uno de estos anillos se encuentra el tramo entre las centrales Mariche – Urbina, unidas en si por una fibra de 36 hilos.

Ambas centrales trabajan con equipos PDH de 140 Mbps que no son monitoreados desde el centro de control. Estos adolecen de una desventaja, para las condiciones actuales de operación en el tramo: ya no tiene la capacidad de satisfacer la demanda de tráfico y por lo tanto se informó un bajo rendimiento del enlace.

## **1.2 Justificación:**

De lo indicado anteriormente es necesario aumentar la capacidad de trabajo de los equipos terminales ubicados en ambas centrales, para así mejorar características importantes del enlace como el ancho de banda.

La Unidad de Fibra Óptica de CANTV es la responsable de mantener los enlaces de fibra funcionando con buen rendimiento. Esta responde al momento de atender cualquier evento que degrade la operatividad de la red, ya sea realizando sustituciones en los equipos por otros que satisfagan el creciente número de abonados.

El propósito del proyecto es realizar ampliaciones en el enlace de fibra Mariches – Urbina, cambiando los equipos de ambas centrales por otros de mayor capacidad. Estas mejoras son necesarias, para poder cursar el tráfico demandado en el enlace.

## **1.3 Planteamiento del Problema**

Las quejas por parte de los abonados de la central Mariches sobre el bajo rendimiento del servicio, trajo como consecuencia la necesidad de aumentar la capacidad de tráfico en el enlace de fibra entre las centrales Mariches y Urbina, cambiando los equipos PDH de 140 Mb por otros de mayor capacidad, SDH de 2,5 Gb.

## **1.4 Objetivos**

### **1.4.1 Objetivo General:**

Mejorar la capacidad de tráfico del enlace entre las centrales Mariches – Urbina mediante la sustitución de los equipos PDH de 140 Mbps, manteniendo en lo posible la estructura física del tendido.

### **1.4.2 Objetivos Específicos:**

1. Realizar las mediciones preliminares pertinentes al enlace de fibra entre las centrales Mariches - Urbina y así obtener los parámetros actuales con que trabajan, utilizando equipos de medición óptica de última generación.
2. Instalación y adaptación de los equipos de transmisión de fibra a ser instalados en las centrales que comprenden el enlace.
3. Realizar mediciones de verificación del enlace de fibra entre Mariches - Urbina y así obtener los nuevos parámetros de operación del sistema, utilizando equipos de medición óptica de última generación
4. Analizar la influencia y capacidad de esta mejora en el nuevo enlace y en las posibles adaptaciones futuras del mismo.
5. Redacción del informe final.

## CAPITULO II

### MARCO TEORICO

#### 2.1 ¿Qué es la fibra Óptica? [1] [2]

Antes de explicar directamente que es la fibra óptica, conviene repasar ciertos aspectos básicos de óptica. La velocidad de la luz es menor en cualquier medio diferente al vacío. Así, cuando la luz se propaga de un medio a otro su velocidad cambia, sufriendo además efectos de reflexión (la luz rebota en el cambio de medio, como la luz reflejada en los cristales) y de refracción (la luz, además de cambiar el módulo de su velocidad, cambia de dirección de propagación, por eso una cuchara se ve aparentemente doblada cuando está en un vaso de agua). Esto se ve en el dibujo a continuación:

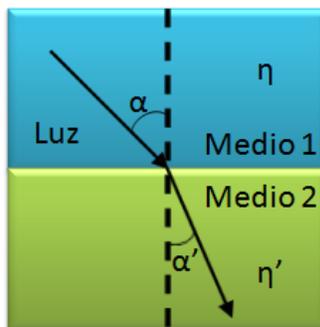


Figura #1 Efecto de Refracción de la luz al pasar de un medio a otro

Dependiendo de la velocidad con que se propague la luz en un medio o material, se le asigna un Índice de Refracción " $\eta$ ", un número deducido de dividir la velocidad de la luz en el vacío entre la velocidad de la luz en dicho medio. Los efectos de reflexión y refracción que se dan en la frontera entre dos medios dependen

de sus Índices de Refracción. La ley de Snell explica el fenómeno que se acaba de mencionar, cuya expresión matemática, para la refracción, es la siguiente:

$$\eta \cdot \sin(\alpha) = \eta' \cdot \sin(\alpha')$$

$\eta$  = índice de refracción del medio 1.

$\eta'$  = índice de refracción del medio 2.

$\alpha$  = Angulo del rayo incidente.

$\alpha'$  = Angulo del rayo refractado.

Ambos ángulos son medidos entre la normal a la superficie y la dirección de propagación del rayo.

Esta ley indica que dado dos medios con índices  $\eta$  y  $\eta'$ , si el haz de luz incide con un ángulo mayor que un cierto ángulo límite (que se determina con la anterior ecuación) el haz siempre se reflejara en la superficie de separación entre ambos medios. De esta forma se puede guiar la luz de forma controlada tal y como se ve en el dibujo de abajo (que representa de forma esquemática como es la fibra óptica).

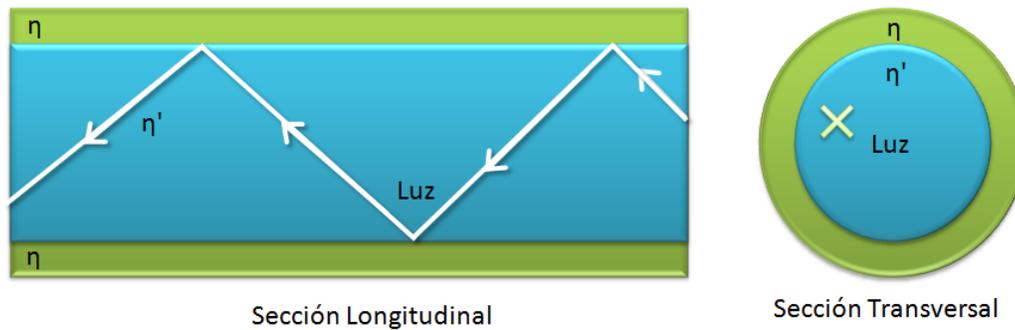


Figura #2 Sección transversal y longitudinal de la Fibra Óptica

Como se ve en el dibujo, hay un material envolvente con índice  $\eta$  y un material interior con índice  $\eta'$ . De forma que se consigue guiar la luz por el cable.

La fibra óptica consiste por tanto en un filamento que consta de un núcleo central de plástico o cristal (óxido de silicio y germanio) con un alto índice de refracción, rodeado de una capa de un material similar con un índice de refracción ligeramente menor. Cuando la luz llega a una superficie que limita con un índice de refracción menor, se refleja en gran parte, cuanto mayor sea la diferencia de índices y mayor el ángulo de incidencia, se habla de reflexión interna total.

Así, en el interior de una fibra óptica, la luz se va reflejando contra las paredes en ángulos muy abiertos, de tal forma que prácticamente avanza por su centro. De este modo, se pueden guiar las señales luminosas, sin pérdidas, por largas distancias.

### **2.1.1 Aplicaciones de la Fibra**

La fibra óptica se usa como medio para las telecomunicaciones y redes, ya que la fibra es flexible y puede usarse como un paquete de cables. Las fibras usadas en este campo son de plástico o de vidrio, y algunas veces de los dos tipos. Para usos interurbanos son de cristal, por la baja atenuación que tienen.

### **2.1.2 Ventajas**

- Su ancho de banda es muy grande y mediante técnicas de multiplicación por división de longitud de onda (WDM/DWDM), que permiten enviar más de 100 haces de luz (cada uno con una longitud de onda diferente) a una velocidad de 10Gb/s cada uno por una misma fibra, se llegan a obtener velocidades de transmisión totales de 10Tb/s.
- Es inmune totalmente a las interferencias electromagnéticas.

### **2.1.3 Desventajas**

A pesar de las ventajas antes mencionadas, la fibra óptica presenta una serie de desventajas frente a otros medios de transmisión, siendo las más relevantes las siguientes:

- 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 electro-óptica.

- La fibra óptica convencional no puede transmitir potencias elevadas.

### **2.1.4 Tipos de Fibra Óptica**

Las diferentes trayectorias que puede seguir un haz de luz en el interior de una fibra se denominan modos de propagación. Y según el modo de propagación se tendrán dos tipos de fibra óptica: multimodo y monomodo.

### **2.1.5 Fibra multimodo [3]**

Una fibra multimodo es aquella que puede propagar más de un modo de luz. Una fibra multimodo puede tener más de un modo de propagación de luz. Las fibras multimodo se usan comúnmente en aplicaciones de corta distancia, menores a 1 km, cuando se usan altas velocidades.

El núcleo de una fibra multimodo tiene un índice de refracción superior, pero del mismo orden de magnitud, que el revestimiento. Debido al gran tamaño del núcleo de una fibra multimodo, es más fácil de conectar y tiene una mayor tolerancia a componentes de menor precisión.

Dependiendo el tipo de índice de refracción del núcleo, tenemos dos tipos de fibra multimodo:

- **Índice Gradiente Gradual:** Las fibras multimodo de índice de gradiente gradual tienen una banda de paso que llega hasta los 500MHz por kilómetro. Su principio se basa en que el índice de refracción en el interior del núcleo no es único y decrece cuando se desplaza del núcleo hacia la cubierta. Los rayos luminosos se encuentran enfocados hacia el eje de la fibra, como se puede ver en el dibujo. Estas fibras permiten reducir la dispersión entre los diferentes modos de propagación a través del núcleo de la fibra. La fibra multimodo de índice de gradiente gradual de tamaño 62,5/125 mm

(diámetro del núcleo/diámetro de la cubierta) está normalizado, pero se pueden encontrar otros tipos de fibras.

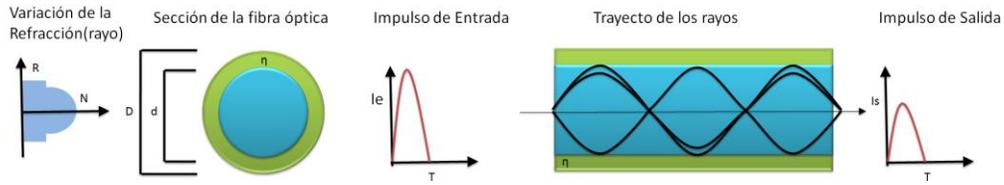


Figura #3 Fibra Índice Gradiente

- **Índice Escalonado:** Las fibras multimodo de índice escalonado están fabricadas a base de vidrio, con una atenuación de 30 dB/km, o plástico, con una atenuación de 100 dB/km. Tienen una banda de paso que llega hasta los 40 MHz por kilómetro. En estas fibras, el núcleo está constituido por un material uniforme cuyo índice de refracción es claramente superior al de la cubierta que lo rodea. El paso desde el núcleo hasta la cubierta conlleva por tanto una variación brutal del índice, de ahí su nombre de índice escalonado.

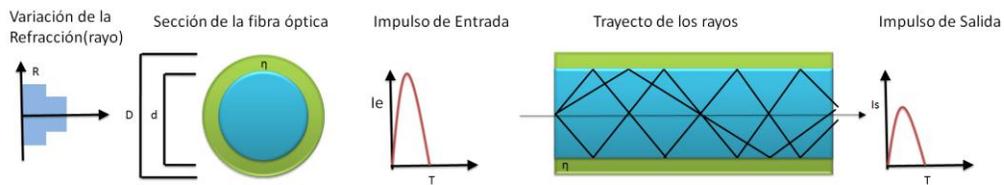


Figura #4 Fibra Índice Escalonado

### **2.1.6 Fibra monomodo [2]**

Una fibra monomodo es una fibra óptica en la que sólo se propaga un modo de luz. Se logra reduciendo el diámetro del núcleo de la fibra hasta un tamaño (8,3 a 10 micrones) que sólo permite un modo de propagación, su transmisión es en línea recta. Su distancia va desde aproximadamente 2.3 km a 100 km máximo y usa un láser de alta intensidad. A diferencia de las fibras multimodo, las monomodo permiten alcanzar grandes distancias y transmitir elevadas tasas de bit.

El equipo utilizado para medir el estado de la fibra monomodo evaluando niveles de potencia, atenuaciones y puntos de empalmes y rupturas es llamado OTDR (Optical Time Domain Reflectometer) o simplemente reflectómetro.

### **2.2 OTDR (Optical Time Domain Reflectometer)**

Un OTDR es un Reflectómetro óptico en el dominio tiempo. Es un instrumento de medición que envía pulsos de luz por la fibra (ejemplo 3ra ventana: 1550 nm), para luego medir sus “ecos”, o el tiempo que tarda en recibir una reflexión producida a lo largo de la Fibra Óptica.

Estos resultados, luego de ser promediadas las muestras tomadas, se grafican en una pantalla donde se muestra el nivel de señal en función de la distancia.

Luego se podrá medir atenuaciones de los diferentes tramos, atenuación de empalmes y conectores, atenuación entre dos puntos, etc.

También se utiliza para medir la distancia a la que se produjo un corte, o la distancia total de un enlace, o para identificar una fibra dándole una curvatura para generar una fuga y observando en la pantalla del OTDR ver si la curva varia hasta tener un comportamiento completamente caótico.

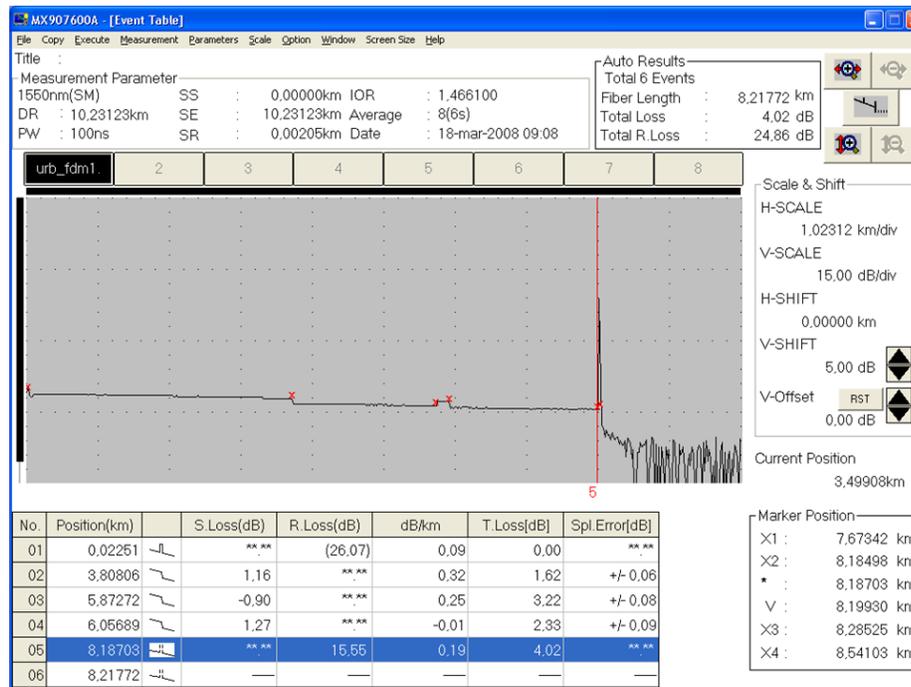


Figura # 5. (OTDR) Ejemplo de una reflectometría realizada

### 2.3 Medidor de Potencia

Este equipo está formado por un transmisor de potencia y un receptor de potencia. El transmisor emite un valor de potencia de “0 dBm” en un extremo de la fibra y en el otro extremo es conectado el receptor, de esta manera se utilizan los dos equipos en conjunto y se realiza la prueba de potencia que certifica un cable de fibra. También se puede utilizar solo el receptor y medir la potencia de entrada y/o salida en un equipo.



Receptor

Transmisor

Figura #6 Medidor de Potencia

#### 2.4 Equipo ACTERNA ANT-5 Analizador de Acceso SDH

Este equipo sirve para realizar pruebas de BER y verificar que un equipo multiplexor sea capaz de trabajar a su máxima capacidad de transmisión. Este se conecta entre el transmisor y receptor del lado del tributario en el multiplexor, enviando así un flujo de información con el ancho de banda deseado, previamente programado en el equipo Acterna por el usuario. Este equipo es útil para certificar que un enlace este trabajando sin error.



Figura #7 EQUIPO ACTERNA

## 2.5 Sistemas de transmisión PDH [4]

Las redes analógicas de radio estaban basadas en la multiplexación por división de frecuencias, los llamados FDM. Los sistemas digitales que los reemplazaron estuvieron basados en la multiplexación por división de tiempo y el uso de la modulación por codificación de pulso (PCM) para formar la tasa de línea digital primaria (E1 o T1). La necesidad de crear tasas de bits más grandes hizo necesario idear el sistema PDH.

El término *pleisiócrono* se deriva del griego *plesio*, cercano y *chronos*, tiempo, y se refiere al hecho de que las redes PDH funcionan en un estado donde las diferentes partes de la red están casi, pero no completamente, sincronizadas. Esto

significa que el tiempo puede variar de equipo en equipo debido a que están sincronizados con diferentes relojes.

La Jerarquía Digital Plesiócrona, conocida como PDH (*Plesiochronous Digital Hierarchy*), es una tecnología usada en telecomunicaciones tradicionalmente para telefonía que permite enviar varios canales telefónicos sobre un mismo medio (ya sea cable coaxial, radio o microondas) usando técnicas de multiplexado por división de tiempo y equipos digitales de transmisión. También puede ser usado el cable de fibra óptica.

En PDH las señales de tasa más baja son bits intercalados dentro de la jerarquía. Las técnicas de “relleno” (stuffing) son usadas para asegurar que las señales totales pueden ser multiplexadas en el terminal distante sin requerir un reloj común.

Para crear tasas de bits más grandes se usan multiplexaciones secundarias. Las multiplexaciones de orden más grande usan bits de intercalado para las cadenas de bits de entrada dentro de una cadena de orden mayor. Los multiplexores tienen que sincronizar los arreglos de cadena de datos de entrada tal que ellos puedan ser multiplexados dentro de una cadena de bits de orden mayor. Cada cadena de E1 o T1 es esencialmente libre en su recorrido porque no está limitada a una señal de reloj central. La tasa de bits nominal E1 es 2048 Kbit/s +/-50 ppm.

Bits especiales de sincronización son usados para decir al demultiplexor en el otro terminal que bits son reales y cuales son rellenos, así que los bits de relleno pueden ser descartados. Además de los bits de relleno un paquete de palabra de alineación es agregado para crear un paquete total de 8448 Kbps. La tasa más alta de 34 Mbps y 140 Mbps son creados en un modo similar multiplexando cuatro de las señales con más baja velocidad, creando de esta forma la llamada montaña del Mux.

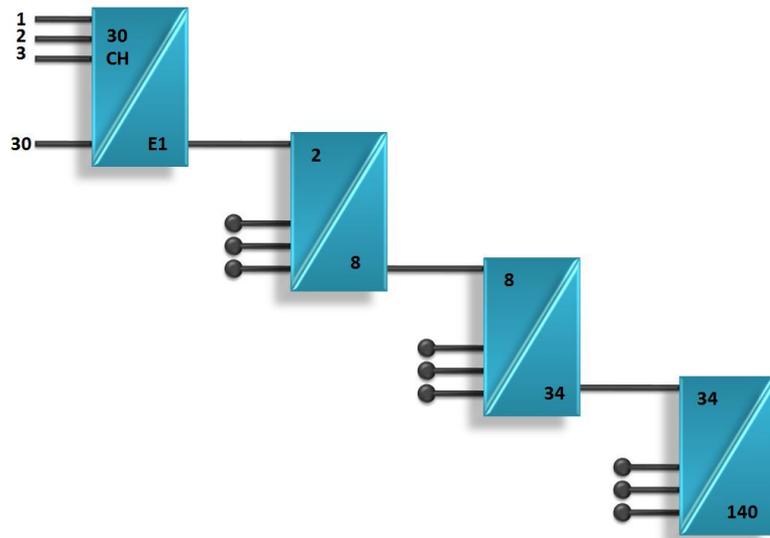


Figura #8 Montaña del Mux

## 2.6 Sistemas de transmisión SDH [4][5][6]

SDH (*Synchronous Digital Hierarchy*) Jerarquía digital sincrónica, es una norma para el transporte de datos en telecomunicaciones formulado por la Unión Internacional de Telecomunicaciones(UIT), que mejoró y reemplazó los sistemas PDH.

La primera generación de sistemas de fibra-óptica en las redes de telefonía pública utilizaba una arquitectura, código de línea de equipamiento, formatos de multiplexión y procedimientos de mantenimiento propietarios. Los usuarios de este equipamiento requerían de compatibilidad para poder mezclar y conectar equipos de diferentes vendedores.

Los estándares fueron basados sobre el estándar óptico SONET (*Synchronous Optical Network*) y uno de los principales objetivos al ser diseñados fue asegurar que la tasa de bits de Norte América 1544 Kbps y Europa 2048 Kbps pusieran ser acomodados, convergiendo en un solo entorno de estandarización.

Está basado en la superposición de una señal multiplexada sincrónica sobre un haz de luz transmitido sobre un cable de fibra-óptica. SDH también fue definido para funcionar con enlaces de radio, satélite e interfaces eléctricas entre los equipos.

Un Contenedor o C (*container*) es el elemento básico de una señal SDH. Éste está formado por los bits de información de una señal PDH la cual será empaquetada dentro del contenedor. Existen diferentes tipos de contenedores, cada uno de los cuales corresponde con una señal PDH de diferente tasa de transmisión.

Cada contenedor tiene algún tipo de control sobre la información asociada a él, esto se llama cabecera de direcciones (*Path Overhead* o POH). Cada contenedor se ensambla y desensambla solamente una vez. La cabecera de direcciones se lleva en el contenedor virtual entre los diferentes sistemas de transporte permitiendo el monitoreo del circuito de extremo a extremo. Esta información permite al operador etiquetar el tráfico así como trazar la señal a través de la red (envío de trazas) e identificarla para propósitos de protecciones y monitorización de cuentas de errores.

El Contenedor Virtual o VC (*Virtual Container*) se refiere al conjunto de un contenedor y a su cabecera de direcciones asociada. Para entender mejor que significa se utilizara la analogía de una tubería: el contenedor virtual puede ser visto como el paquete de tráfico PDH el cual es portado a través de la tubería SDH.

Hay diferentes tipos de contenedores virtuales, un VC-12 está construido por un contenedor C-12, el cual contiene una señal PDH de 2 Mbps. Un VC-3 porta un contenedor C-3 que contiene una señal PDH de 34 Mbps y un VC-4 porta una señal PDH de 140 Mbps en un contenedor C-4. Un contenedor virtual puede contener otros contenedores virtuales, proceso que denotamos como anidamiento. Por ejemplo un VC-4 puede ser conformado con 63 VC-12's. Esto simplifica el transporte y gestión de estas señales a través de la red.

El módulo de transporte síncrono: Una señal es introducida en un contenedor virtual, la forma de ser transportada en un enlace óptico es la siguiente: El contenedor virtual es portado sobre la red junto a algunos otros contenedores ubicados en un módulo de transporte síncrono o STM (*Synchronous Transport Module*).

### **2.6.1 Estructura de la Trama SDH [4]**

STM-1 (Modulo de transporte Síncrono; Primer Nivel): La señal STM-1 es el elemento básico del SDH, comprende 2430 bytes de información. Esto está distribuido en 270 columnas por 9 filas. Dentro de ellos están contenidos la carga útil del STM-1, los punteros y las cabeceras de sección.

La tasa de transmisión básica de SDH estándar es 155,520 Mbps (STM-1). La trama STM-1 consiste en 2430 bytes, los cuales corresponden con una duración de 125  $\mu$ s. También están definidas tres tasas de bits de mayor velocidad, cuyo valor de transmisión se define mediante el uso de un factor de multiplicación de cuatro, como son 622,08 Mbps (STM-4), 2488,32 Mbps (STM-16) y 9953,28 Mbps (STM-64).

Una trama STM-1 pueden dividirse en tres áreas principales:

- a) Sección de la cabecera extra SOH (72 bytes)
- b) Puntero de AU (9 bytes).
- c) Carga Útil (2349 bytes).

Las primeras nueve columnas contienen únicamente información de gestión y se distribuyen en tres campos:

- Sección de regeneración (RSOH), filas 1-3 [27 bytes]
- Puntero de la unidad administrativa, fila 4 [9 bytes]
- Sección de multiplexación (MSOH), filas 5-9 [45 bytes]

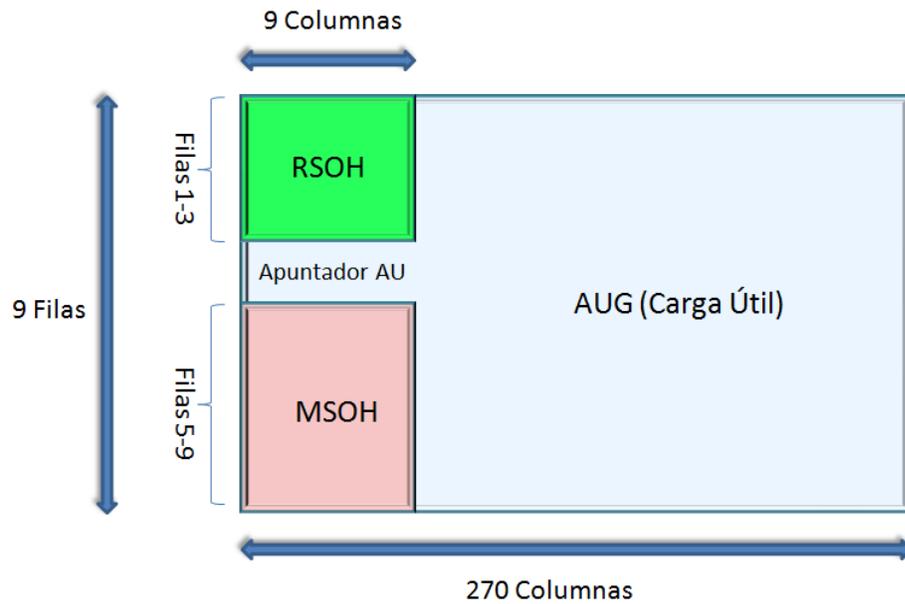
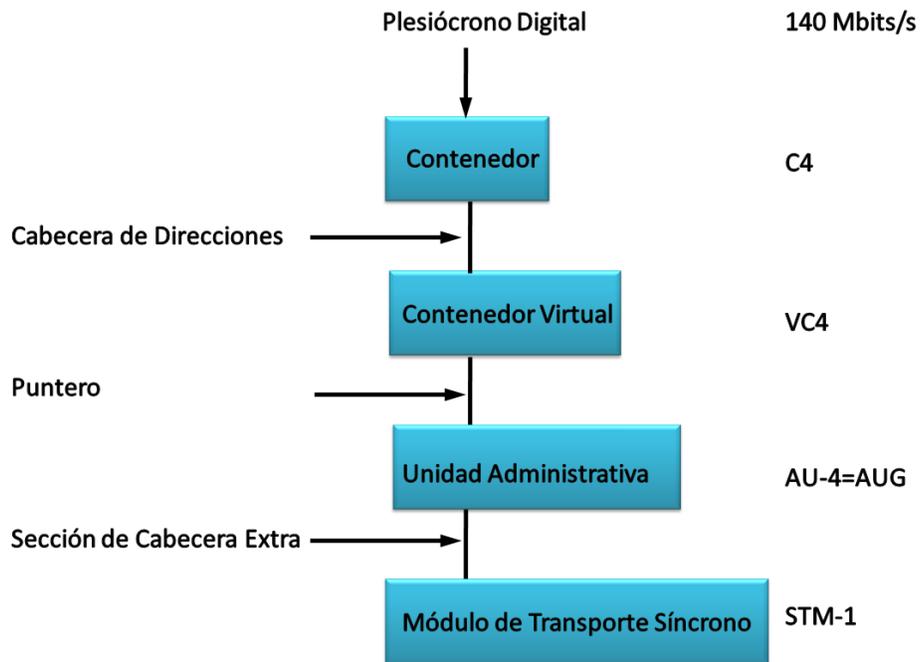


Figura #9 Estructura de la trama SDH

Las tasas de transmisión de los clientes son mapeadas en contenedores (C ) y una cabecera de direcciones (POH) añadida para dar lugar a un contenedor virtual (VC). Estos formarán Unidades Tributarias (Tributary Units o TU) las cuales consisten en contenedores virtuales más el puntero. El puntero indica la posición de contenedor virtual dentro de la unidad tributaria. [8]



**Figura # 10 Insertando un Tributario de 140Mbps en un STM-1**

### 2.6.2 Sección de Cabecera Extra [4]

El SOH es usado en el sistema de transporte individual para permitir el monitoreo de errores, el monitoreo de alarmas y la administración de servicios de red. Este contiene dos partes: 1 sección de regeneración de cabecera extra (RSOH) y una sección de multiplexación de la cabecera extra (MSOH). El RSOH termina en cada regenerador, mientras que el MSOH termina sólo en el multiplexor y no es afectado por el regenerador. Esto facilita el monitoreo del camino entre los multiplexores separadamente de las secciones de regeneración individual.

En el RSOH hay tramas de bytes (A1, A2), un canal de regeneración de datos para administración (D1 a D3), un canal físico del orden de regeneración (E1), y un canal del uso de contingencia (F1). En el MSOH hay un canal de datos multiplexados para administración (D4 al D12), un canal físico del orden de multiplexación (E2), un interruptor de protección de la sección de multiplexación

(K1, K2), bytes de monitorización de error intercalados con paridad (B1, B2) y un byte de S1 fue definido para status de sincronización.

### **2.6.3 Puntero [4]**

Un sistema sincrónico se basa en el hecho de que cada reloj esta en sincronía de fase y frecuencia con el siguiente. En la práctica eso es imposible de alcanzar; por lo tanto la desviación de fase y frecuencia ocurrirá. En una red, el reloj de frecuencia es extraído de la señal de línea, sin embargo las variaciones de fase ocurrirán debido a vibraciones acumuladas sobre la red. En la interfaz de red, las variaciones de frecuencia ocurrirán y lo que SDH hace para vencer este problema es usar punteros o “pointer” para las direcciones del inicio del contenedor en la trama. El puntero AU-4 muestra donde el VC-4 empieza en la trama. En los VC-4 están los punteros UT que muestran donde comienzan los VCs de orden inferior (tales como VC-12), relativas a la posición de VC-4. El puntero AU-4 está compuesto de 3 bytes de H1 a H3. El valor real del puntero está contenido en H1 y H2, para justificación negativa está reservado H3. El valor inicial del puntero corresponde a la diferencia entre la unidad contribuyente de llegada y el vacío en la trama. El puntero se visualiza con sus coordenadas en la siguiente figura:

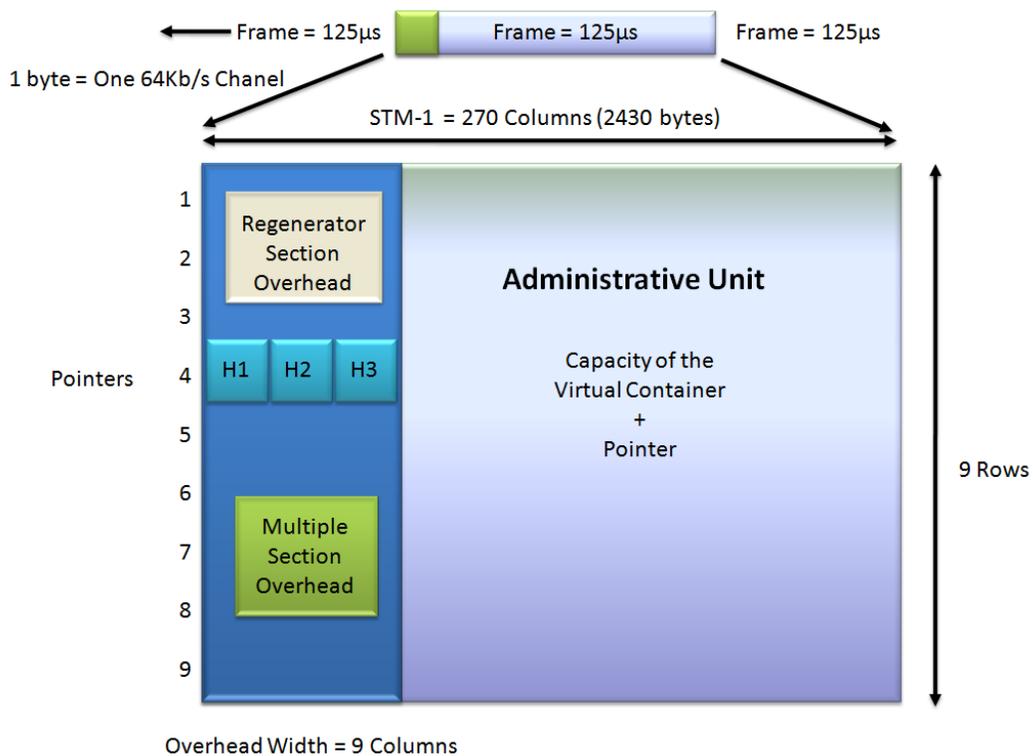


Figura #11 Coordenadas del Puntero

#### 2.6.4 Carga Útil [4]

Señales de todos los niveles de PDH pueden ser acomodadas en SDH empaquetándolas juntas en el área de carga de la trama STM-1. El proceso de empaquetado de señales PDH es un proceso multipaso que involucra un número de estructuras diferentes.

Los tributarios plesiocronos están mapeados en un contenedor de tamaño apropiado, y un número de bytes conocido como cabecera de direcciones (POH) se añade al mismo para formar el contenedor virtual (VC) en el que se basa la trama. La cabecera de direcciones proporciona información para ser usado en la gestión extremo a extremo de un camino síncrono. La información de la cabecera de

direcciones asociado con un VC-1/VC-2 es diferente a la recogida en la cabecera asociada a los VC-3/VC-4.

La cabecera de direcciones para contenedores VC-4 está ubicada en la primera columna de las nueve filas por las 261 columnas de la estructura VC-4. Para los VC-3, la cabecera de direcciones está colocada en la primera columna de las nueve filas para la estructura de 85 columnas.

### 2.6.5 Similitudes entre SONET y SDH [4][5]

Una comparación entre las tasas SONET y SDH se muestran en la tabla 1.

**Tabla 1: Comparación de tasas SDH y SONET**

SONET	Transport Level	Bit Rate	SDH
OC-1	STS-1	51.84 Mbps	STM-0
OC-3	STS-3	155.52 Mbps	STM-1
OC-12	STS-12	622.08 Mbps	STM-4
OC-48	STS-48	2488.32 Mbps	STM-16

SDH posibilita un importante incremento en la flexibilidad y el ancho de banda disponible que provee grandes ventajas respecto de los viejos sistemas de telecomunicaciones. A continuación se resumen sus ventajas:

- Una reducción en la cantidad de equipamiento y un incremento en la eficiencia de la red.
- La provisión de bytes de cabecera y carga útil – los bytes de cabecera permiten la administración de los bytes de carga útil sobre una base individual.

- La definición de un formato de multiplexión sincrónico para trabajar con señales digitales de bajo nivel (como 2, 34 y 140Mbps) que simplifica en gran medida la interfaz a los *switches* digitales, *cross-connects* digitales y multiplexores *add-drops*.
- La disponibilidad de un conjunto de estándares, que permiten inter-operatividad multi-vendedor.
- La definición de una arquitectura flexible capaz de adaptarse a futuras aplicaciones, con una variedad de tasas de transmisión.

Una de las ventajas fundamentales de SDH es el hecho de que es sincrónico. Con este sincronismo permite multiplexión y demultiplexión en un nivel-simple. Esta multiplexión en nivel-sencillo elimina el hardware complejo, y por lo tanto baja el costo del equipamiento mientras se mejora la calidad de la señal.

En las redes plesiocronas, una señal entera debe ser demultiplexada para poder acceder a un canal particular; luego los canales no accedidos tienen que ser re-multiplexados para poder ser enviados a lo largo de las redes a su propio destino. En el formato SDH, solo aquellos canales que son requeridos en un punto particular son demultiplexados, por lo tanto se elimina la necesidad de volver a multiplexar. En otras palabras, SDH crea canales individuales "visibles" y pueden ser fácilmente agregados o eliminados.

El formato básico de una señal SDH permite cargar muchos servicios diferentes en su Contenedor Virtual (VC) debido a su ancho de banda flexible. Esta capacidad permite la transmisión de servicios de conmutación de paquetes de alta velocidad, ATM, video contribución, y video distribución.

## 2.6.6 Estructura SDH [4]

Para tener un estándar internacional confiable todas las interfaces con tasas de bits PDH deben ser acomodadas en la estructura SDH. Esto es hecho permitiendo a varias interfaces ser mapeadas dentro de la trama SDH, como se muestra en la figura 1.

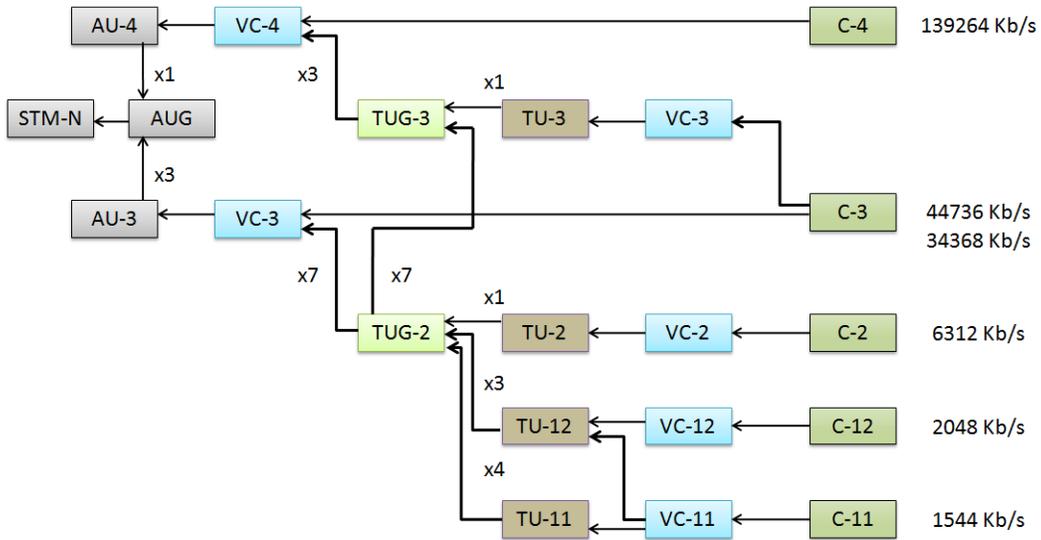


Figura #12 Mapa de la estructura SDH

La señal original PDH debe ser de 2048 Kbps con una variación de 50 ppm. Esto es insertado dentro de un contenedor (C-12) donde la justificación toma lugar usando técnicas de relleno clásicas. Esto es hecho compensando las variaciones de frecuencias permitidas en las tasas PDH y SDH. El relleno de bits asegura que las variaciones de 50 ppm en la señal PDH no resulten en errores cuando se desmapea en el destino final.

El contenedor es entonces colocado dentro de un contenedor virtual (VC-12) donde se agrega una cabecera extra. Esta cabecera extra se transporta con la señal, esto permite mantener y supervisar la señal a través de la red. Esto incluye detección de errores, indicaciones de alarma y una etiqueta de señal. Se agrega un puntero al

contenedor virtual para formar una unidad tributaria (ITU-12). Esto permite al sistema SDH compensar las diferentes fases a través de la red o entre redes.

La tasa de bits del tributario contenida dentro de cada contenedor virtual es mostrada a continuación, tanto para E1 como para T1.

**Tabla 2: Tasas de Bit soportados por cada recipiente virtual**

Contenedor Virtual	Tributary Rate
VC-11	T1 (1.544 Mbits)
VC-12	E1 (2.048 Mbits)
VC-3	E3 (34.368 Mbits) o T3 (44.736 Mbits)
VC-4	E4 (139.264Mbits) o ATM (149.76Mbits)

### 2.6.7 Equipamiento del SDH [4]

El equipo del SDH consiste en tres bloques constructivos básicos: un multiplexor terminal, un multiplexor *add-drop* (ADM), un switch de cruce de conexión (*cross connect*).

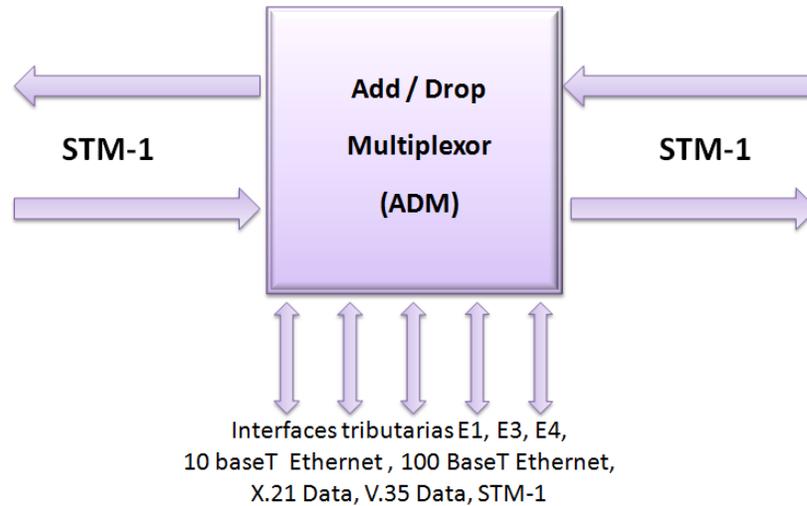
### 2.6.8 Multiplexor terminal

Un multiplexor terminal es usado para terminar un enlace SDH punto a punto. Estos operan típicamente en STM-4 y superiores y pueden terminar tanto tráfico SDH como PDH.

### 2.6.9 Multiplexores sumadores

El ADM (*Add/Drop Multiplexer*) permite extraer en un punto intermedio de una ruta parte del tráfico cursado y a su vez inyectar nuevo tráfico desde ese punto. En los puntos donde haya un ADM, solo las señales que se requieran serán descargadas o insertadas en el flujo principal de datos, el resto de las señales seguirán

su camino a través de la red. El principio es que los contribuyentes puedan ser extraídos y adicionados usando control por software.



**Figura # 13 Multiplexor Add/Drop**

#### **2.6.10 Conmutadores de cruce de conexión (*Cross-Connect*) [10]**

Un sistema *Cross-Connect* constituye un nodo de red SDH similar a una central de conmutación (de tributarios en lugar de canales). Originalmente, la forma de distribuir los tributarios de 2 Mbps en una trama se efectuaba en forma rígida mediante el cableado (operación *hard*). Los sistemas *Cross-Connect* DXC permiten realizarlo mediante *software* de acuerdo a las necesidades del tráfico en cada momento; se trata de un distribuidor electrónico (digital). Por lo tanto, la conmutación está gobernada por el personal de Operaciones del *Cross-Connect* (la selección en una central local de conmutación la gobierna la señalización de usuario).

En una central tándem de la red PDH las entradas son a 2Mbps mientras que en *Cross-Connect* las entradas son a 2-34-140 Mbps de la jerarquía PDH y 155Mbps de la SDH. Incluso puede integrarse en una red totalmente PDH previamente a la conexión de canales SDH.

### 2.6.11 Redes SDH [4]

El núcleo de las redes SDH está casi exclusivamente construida por fibra óptica debido al gran ancho de banda requerido. Estas redes son construidas con configuración lineal y en anillo.

### 2.6.12 Configuración en Anillo [4]

Cuando una red de transmisión es diseñada se sugiere construirla en topología anillo, para así permitir circuitos alternativos. Una topología en anillo es muy flexible ya que los ADMs son configurados para auto-corrección (*self-healing rings*). Este concepto significa proveer un par de fibras ópticas entre cada ADM. El tráfico en cada fibra está configurado para viajar en direcciones opuestas alrededor del anillo. El tráfico principal es proporcionado, por ejemplo para la fibra en la dirección de reloj (la fibra de servicio denominada S), sin embargo si este camino llegara a fallar, el ADM automáticamente conmutara en un tiempo no mayor a 50 ms la información que viajaba por la fibra principal a una ruta diferente constituida por una fibra secundaria, así se restablece el tráfico. El anillo SDH es mostrado en la siguiente figura.

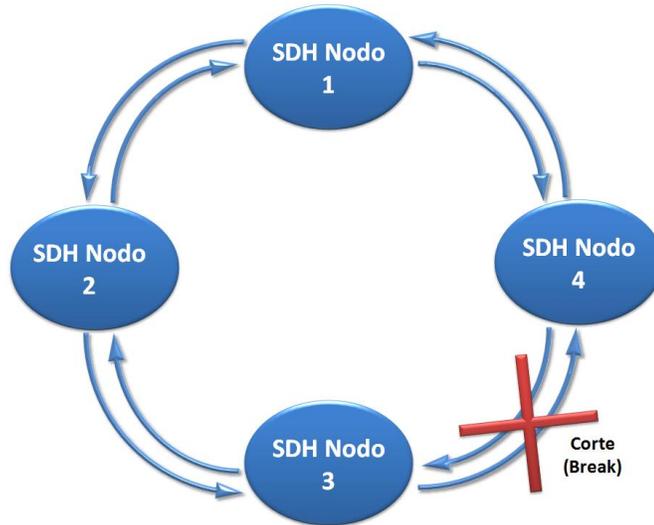


Figura # 14 Anillo SDH Con Corte de Fibra

### **2.6.13 Sincronización [4]**

Los sistemas SDH pueden requerir equipos de sincronización externa pero deben mantener los estándares establecidos por la UIT.

Se requiere sincronización externa en las redes SDH, aunque a menudo esto parece ser una contradicción. Es importante darse cuenta que en este contexto el sincronismo no significa que las señales de llegada están sincronizadas. Se refiere a la posición del contenedor virtual dentro de la trama de llegada ubicada en una posición conocida para propósitos de multiplexación. El ajuste del puntero que soluciona el problema de sincronización interna del multiplexor causa una gran cantidad de *jitter* sobre los tributarios. Si la diferencia de los relojes en el perímetro de la red es significativa, pérdidas de ajuste del puntero podrían ocurrir y los objetivos de *jitter* serían excedidos. Algunos equipos pueden también no tolerar el paso natural de la fase *jitter* como ocurre al ajustar el puntero. Para evitar desplazamientos del puntero se necesita asegurar que los relojes de los elementos de la red no vayan distantes uno de otro. Para lograr precisión en una red es necesaria la intervención de un reloj primario.

La UIT especifica que un reloj de referencia primario (PRC) debería tener una precisión no mayor a una parte en  $10^{11}$  (10 elevado a la 11) comparado con el Tiempo Universal Coordinado (UTC), que es la referencia de tiempo absoluta internacional. Para lograr esta precisión se requiere un reloj de Cesio. Los PRCs son requeridos en los principales centros de conmutación y deberían ser usados donde hay una conexión de red con otra red.

### **2.7 Equipo SDH AT&T SLM-2000-16 [9]**

El equipo SLM-2000-16 es un equipo de transmisión por línea óptica de 2,5 Gbit/s. La transmisión se realiza de acuerdo con la jerarquía digital síncrona (SDH).

El SLM-2000-16 utiliza las siguientes señales de interfaz:

- 140 Mbit/s : 139,264 Mbit/s (eléctrica)
- STM-1 : 155,52 Mbit/s (eléctrica)
- STM-16 : 2.488,320 (óptica)

En el sistema SLM-2000-16, se utilizan las siguientes configuraciones estándar:

- Terminal de línea 0x1
- Terminal de línea 1+1
- Regenerador de línea

Para el equipo empleado se utilizo la configuración 0x1

### **2.7.1 Terminal de línea 1 + 1**

El terminal de línea 1+1 opera en una configuración de línea protegida, es decir, las conexiones de punto a punto están protegidas, la señal que se va a transportar está duplicada.

Esta configuración proporciona la transmisión bidireccional con una capacidad de línea de STM-16, con un máximo de 16 canales tributarios.

La parte de transmisión de la configuración del terminal de línea 1+1 se compone de un transmisor de línea (LTX) de alta velocidad (HS), un receptor de línea (LRX) de alta velocidad y las unidades de puertos tributarios (TPU) de baja velocidad (LS).

### **2.7.2 Unidades de Transmisión de baja velocidad**

Las señales de transmisión de baja velocidad (LS) se reciben y transmiten por medio de 8 TPU. Cada TPU contiene 2 interfaces de tributarios bidireccionales

idénticos, por lo tanto, el terminal de línea 1+1 proporciona un máximo de 16 canales tributarios.

Una unidad de transmisión LS es una de las siguientes unidades:

TPU-140 : Unidad de interfaz de tributario dual para 140 Mbit/s

TPU-140&155 : Unidad de interfaz de tributario STM-1 dual para 140 ó 155 Mbit/s.

Un canal tributario es una de las siguientes señales de LS.

140 : señal eléctrica plesiocrona de 140 Mbit/s

STM-1e : Una señal eléctrica sincrónica de 155 Mbit/s

En la dirección de recepción las unidades de LS convierten las señales STM-1 entrantes en señales de interfaz de tributario apropiadas. Estas señales de STM-1 proceden del receptor de línea de alta velocidad.

En la dirección de transmisión las unidades de LS convierten su señal de entrada de tributario en una señal STM-1 aleatorizada de forma síncrona. Esta señal se envía al transmisor de línea de alta velocidad.

### **2.7.3 Unidades de transmisión de alta velocidad**

Las unidades de transmisión de alta velocidad (HS) son el transmisor de línea y el receptor de línea.

La señal de HS STM-16 es una señal de línea óptica de 2,5 Gbit/s.

### **2.7.4 Receptor de Línea LRX**

El receptor de línea (LRX) opera en la dirección de recepción.

En primer lugar se convierte la señal óptica STM-16 recibida en una señal eléctrica.

Después esta señal se demultiplexa en el nivel STM-1.

Los bits de cabecera de dirección (SOH) se extraerán de la señal STM-16, y se enviarán a la unidad de procesamiento de cabecera.

Las 16 señales resultantes se envían a las unidades tributarias.

### **2.7.5 Transmisor de Línea LTX**

El transmisor de línea (LTX) opera en la dirección de transmisión.

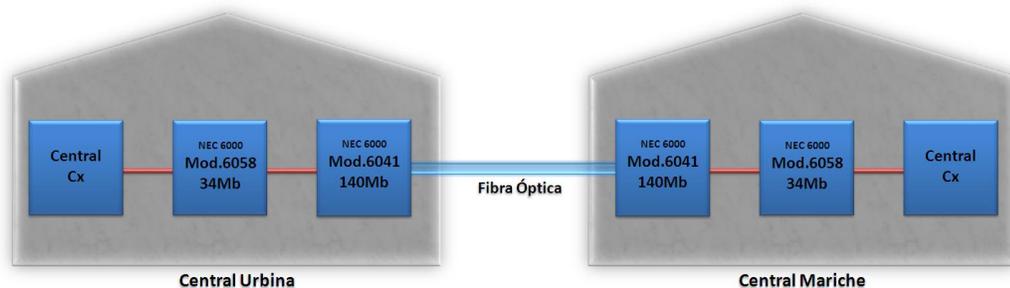
Todas las señales de nivel STM-1 emitidas desde la parte del tributario serán procesadas por los punteros. Después estas señales se multiplexan hasta el nivel STM-16 apropiado y los bytes del SOH se añaden a los datos.

Finalmente el LTX convierte esta señal STM-16 eléctrica en una señal óptica.

## CAPITULO III

### AMPLIACION DE LA CAPACIDAD DE TRAFICO ENTRE LAS CENTRALES MARICHES – URBINA (CANTV)

#### 3.1 Topología original del enlace entre las centrales Mariches - Urbina y Realización de Pruebas en el tendido de fibra y en los equipos.



**Figura # 15 Topología Original**

Las centrales Urbina y Mariches comparten un enlace de fibra óptica que funciona por un cable de 36 hilos el cual recorre una distancia de aproximadamente 8,2 Km. Cada extremo de este enlace de fibra que transporta voz, estaba conectado a una central correspondiente en el conector óptico del equipo PDH NEC6000 modelo 6041 de 140 Mbps. Este equipo se interconectaba con un multiplexor que convierte la información de 34 Mbps hasta 2 Mbps y a este nivel de jerarquía se entrega la información a la central de conmutación.

El equipo PDH NEC6000 modelo 6041 de 140 Mbps se encontraba operativo en las centrales Urbina y Mariches. Este era el transmisor/receptor del enlace de fibra y trabajaba con el siguiente equipo, mencionado de forma jerárquica partiendo de la central de conmutación: Multiplexor NEC6000 modelo 6058 de 2/34 Mbps (tiene 16 entradas de 2 Mbps y una salida de 34 Mbps).

Estos equipos son PDH, por lo que no es posible supervisarlos remotamente desde el Centro de Control (COR), esta tecnología PDH está en proceso de desincorporación.

Como se mencionó estos equipos de tecnología PDH no tienen supervisión remota y la forma de saber si hay una disminución en su rendimiento es que los usuarios reporten problemas en el servicio. Debido a las quejas de los abonados de la central Mariches fue necesario que el personal técnico llegase hasta el sitio y realizará las pruebas pertinentes.

Para determinar si el problema está en el medio de transmisión o en los equipos utilizados, fue necesario realizar diversas pruebas ópticas y eléctricas. Fueron probados los equipos PDH, los cables coaxiales y el cable de fibra que utiliza este enlace, para determinar la causa del problema.

Para los enlaces de fibra se realizan básicamente dos tipos de pruebas: Pruebas de Fibra óptica y pruebas Eléctricas (pruebas en los equipos).

### **3.1.1 Pruebas en el tendido de fibra Óptica**

**3.1.2 Reflectometría:** Utilizando un equipo especializado llamado “OTDR (*Optical Time Domain Reflectometer*)” o simplemente “Reflectómetro”, se mide las atenuaciones de los diferentes tramos, puntos de empalme y conectores, así como medir atenuación total entre dos puntos, etc.

**3.1.3 Potencia Real:** Utilizando un equipo especializado llamado “Medidor de Potencia”, se mide la potencia de salida y entrada en cada uno de los equipos de transmisión óptica, solo con el uso de la unidad receptora.

**3.1.4 Potencia Punto a Punto:** Utilizando el medidor de potencia, se mide la atenuación total que introduce el tendido de fibra, es decir, en el cable de transmisión y cable de recepción. Esto se realiza conectando en un extremo de

la fibra el transmisor del medidor de potencia con una señal de 0 dBm y en otro extremo del cable el receptor del medidor para medir la potencia de llegada. En esta prueba no interviene en ningún momento ningún equipo receptor/transmisor de señal óptica.

### **3.1.5 Pruebas en los Equipos**

**3.1.6 Prueba de BER:** Utilizando un equipo especializado llamado ACTERNA ANT-5 Analizador de acceso SDH, se mide el BER. El equipo se puede configurar para distintos flujos de información, entre valores de 2 Mbps, 8 Mbps, 34 Mbps y 140 Mbps, según sea el ancho de banda en la entrada del multiplexor.

Las pruebas de BER que duran más tiempo se realizan en un equipo cuando se va a instalar por primera vez, es decir un equipo nuevo, estas se hacen por un tiempo no menor a 24 horas, en cada uno de sus tributarios, de esta manera se certifica que el multiplexor trabaja correctamente al valor del ancho de banda deseado y no introduce algún tipo de error en la información.

La prueba de BER al enlace se lleva a cabo realizado un *loop back* en el punto hasta donde se quiere certificar el enlace y en el otro extremo de interés se coloca el equipo de medición configurado con la capacidad deseada según sea el caso, entre valores desde un T1, E1, 8 Mbps, 34 Mbps y 140 Mbps. Cuando los equipos han sido desincorporados y luego son utilizados nuevamente en otro enlace, las pruebas de BER se realizan por un tiempo más corto, las pruebas pueden variar de 6 horas a 1 hora; tiempo aceptable para garantizar que el enlace está funcionando correctamente.

Los resultados finales indican si hubo pérdida de bits, de tramas, de puntero, entre otros e indica el BER (#bits errados/#bits total transmitidos) correspondiente con el tiempo que duro la prueba.

$$BER = \frac{\#Bits\_Errados}{\#Total\_Bits\_Transmitidos}$$

Ecuación #1

**3.1.7 Medición de alimentación:** Con un voltímetro se mide la tensión de alimentación en el punto donde se alimenta el equipo, para certificar que este sea alimentado correctamente.

**3.1.8 Prueba de protección:** Esta prueba se realiza después que se ha hecho la prueba de BER y es para asegurar que el sistema de protección del equipo funcione cuando exista un corte en la vía principal. Se comienza corriendo una prueba de BER y se desconecta el cable de fibra de la vía principal, el equipo en 250 ms o menos tiempo debería conmutar el flujo de información por el canal de protección.

### **3.1.9 Visita del personal Técnico y pruebas realizadas**

Al llegar el personal técnico a cada una de las centrales se observó que los equipos no presentaban alarmas. Para no interrumpir la circulación de tráfico las pruebas se realizaron en horas de la madrugada. Se hicieron las medidas respectivas al tendido de fibra y a los equipos para verificar que todo estuviese funcionando bien. Se realizó la reflectometría y pruebas de potencia pertinente al tendido de fibra, también se realizó la prueba de BER al enlace de fibra entre las dos centrales, para verificar que no hubiese pérdida de bits, paquetes, etc.

Para la configuración de este enlace las pruebas necesarias se mencionan y explican a continuación:

### **3.1.10 Pruebas realizadas en el tendido de fibra Óptica**

**3.1.11 Reflectometría:** La reflectometría hecha a los hilos de fibra #3 y #4 indica que sus atenuaciones totales son de 4.02 y 4.83 dB. La distancia de cada uno de los cables (transmisión y recepción) es de aproximadamente 8,2 Km y el valor ideal de atenuación aceptable en un hilo de fibra por km de cable es 0.5 dB; por lo tanto esto da un valor máximo permitido de atenuación de 4.1 dB. Aunque los valores medidos son ligeramente superiores, estos son aceptables ya que la diferencia con respecto al máximo permitido no es superior a 1 dB.

El detalle de esta reflectometría se encuentra en el anexo numero\_\_.

**3.1.12 Potencia Real:** Al medir la potencia de recepción de la señal que viaja por el cable y llega a cada equipo AT&T SLM-2000-16 se obtuvieron los siguientes valores:

Fibra en la recepción de Urbina: -4 dBm

Fibra en la recepción de Mariches: - 4.2dBm

**3.1.13 Potencia Punto a Punto:** Al medir la potencia punto a punto en los hilos # 3 y # 4 del cable de fibra, se obtienen los siguientes valores de atenuación que introduce cada cable:

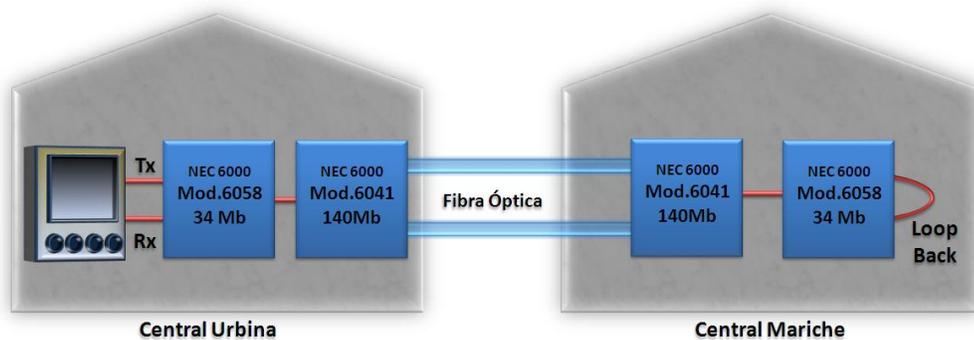
Hilo # 3: -3.9 dB

Hilo # 4: -4.2 dB

### **3.1.14 Pruebas realizadas en los Equipos**

Se realizó esta prueba para descartar que algún equipo esté introduciendo errores en la información, con esta medición se certifica si el enlace está funcionando correctamente o no.

**3.1.15 Prueba de BER desde el NEC 6000 modelo 6058 de 34 Mbps:** En el equipo PDH NEC6000 modelo 6058 de 34 Mbps, se colocó el equipo ACTERNA ANT-5 SDH en uno de sus puertos de 2 Mbps y se simuló un tráfico de la misma capacidad de este puerto, es decir 2 Mbps. Se cerró el enlace y quedó de la siguiente manera:



**Figura # 16 Prueba de BER para 2 Mbps**

Este equipo de medición indica cómo se comporta el NEC cuando maneja un tráfico de clientes en sus puertos de conexión. Se configura el equipo con la capacidad máxima que soporta el puerto en el cual se conecta el equipo, en este caso 2 Mbps.

La prueba indicó que ninguno de los equipos, cables coaxiales o cables de fibra introdujera errores al enlace. La prueba tuvo una duración de 6 horas.

El BER (tasa de error de Bit) resultante para esta prueba fue:

$$\text{BER} = 0$$

### **3.1.16 Resultado de las pruebas realizadas**

Las pruebas ópticas y eléctricas realizadas a la fibra y a los equipos indican, según los resultados, que no hay problemas en el medio de transmisión ni en los equipos utilizados. Los niveles de atenuación presente en la fibra permiten que la potencia recibida en cada uno de los equipos PDH esté dentro de los valores aceptados. El equipo utilizado permite valores que van desde 0 dBm hasta -30 dBm y la señal de entrada óptica en cada central es de aproximadamente -4dBm, por lo que la señal puede ser recibida sin error.

Los resultados de las pruebas realizadas de BER verifican que los equipos y demás componentes como cables coaxiales y conectores están trabajando correctamente sin introducir error alguno al enlace. Estos resultados comprueban que el bajo rendimiento en el enlace entre las centrales Urbina y Mariches es debido a que los abonados ya han excedido la capacidad del enlace y es necesario tener equipos con mayor capacidad.

Debería ser el departamento de tráfico el que remita la orden de realizar la ampliación de un enlace antes de que el número de abonados aumente hasta el punto de que el sistema quede congestionado, pero dependiendo de qué tan grande sea el cliente para la empresa o que tan rentable sea la zona que se desea ampliar, puede ocurrir casos en los que se les dé prioridad sobre zonas con menos valor adquisitivo. Esto ha pasado en la zona de Mariches y por eso el proyecto de ampliación se realizó cuando ya había problemas de congestión.

### **3.2 Propuesta para ampliar la capacidad de tráfico entre las centrales Mariches – Urbina y realización de las pruebas en los equipos**

El crecimiento del número de abonados en la central Mariches ha traído como consecuencia que el rendimiento en el servicio haya bajado y sea necesario

expandir la capacidad del enlace. Por lo que es necesario plantear una propuesta para ampliar la capacidad de tráfico entre las centrales Mariches y Urbina.

En la coordinación del SEIFO (Servicios Especiales Inalámbrico y Fibra Óptica) había disponible varios equipos AT&T SLM-2000-16 de 2,5 Gbps y equipos PDH NEC6000 modelo 6033 de 140 Mbps que habían sido desincorporados de otras centrales para ser sustituidos por equipos de tecnología más reciente y mayor capacidad. Estos equipos satisfacen los requerimientos del proyecto de ampliación del enlace entre las centrales Mariches y Urbina, razón por la cual se decidió reincorporarlos para que sustituyan a los actuales equipos de transmisión/recepción óptica de ambas centrales, ampliando así la capacidad del enlace de 140 Mbps a 2,5 Gbps, sin pasar por un largo proceso de licitación que consumiría gran parte de tiempo y dinero.

### Topología Propuesta

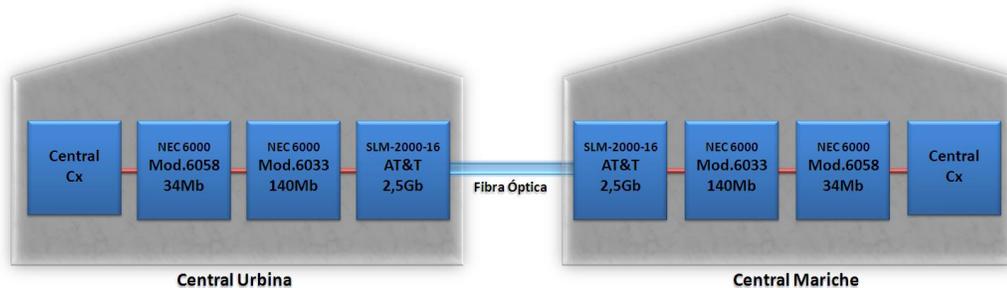


Figura # 17 Topología Propuesta

En la topología propuesta el equipo PDH NEC6000 modelo 6041 de 140 Mbps fue sustituido por el equipo SDH AT&T SLM-2000-16 de 2,5 Gbps. También fue sumado a la topología el equipo PDH NEC modelo 6033 de 140 Mbps.

Este equipo SDH fue uno de los primeros en su tecnología cuando salió al mercado, este no tiene supervisión remota como tienen los SDH que posteriormente salieron, pero tiene la gran ventaja de que puede trabajar con equipos de otros proveedores, característica propia de un SDH. Este equipo tiene mayor capacidad que los equipos de fibra a utilizados originalmente en este enlace.

Los equipos NEC6000 modelo 6033 sustituyeron a los NEC6000 modelo 6041, ya que la transmisión y recepción de este último es óptica, y se necesitaba tener multiplexores de 140 Mbps con señales eléctricas en su transmisión y recepción, requisito que cumple el NEC6000 modelo 6033.

A continuación se explica la topología propuesta por jerarquía desde el equipo transmisor/receptor a donde llega la fibra con la señal de 2,5 Gbps hasta el equipo que envía la señal de 2 Mbps a la Central de conmutación:

En cada extremo del tendido de fibra óptica está conectado el equipo SDH SLM-2000-16 que convierte la información de 2,5 Mbps a los diferentes tributarios de 140 Mbps y viceversa, cada uno ubicado en su correspondiente central. El SDH se interconecta con un PDH NEC6000 modelo 6033 de 140 Mbps que convierte la información de 140 Mbps a tributarios de 34 Mbps y viceversa. Este a su vez se conecta con un multiplexor PDH NEC6000 modelo 6858 de 34Mbps que convierte la información de 34 Mbps hasta 2 Mbps y viceversa; en este nivel de jerarquía se entrega la información a la central de conmutación.

Cada uno de los equipos mencionados son multiplexores y demultiplexores, por jerarquía trabajan como se describe a continuación, comenzando por el equipo a donde llega la fibra óptica:

Equipo AT&T SLM-2000-16 es un Mux/ Demux de 1 entrada/salida de 2,5 Gbps a 16 entradas/salidas de 140 Mbps.

Equipo PDH NEC6000 modelo 6033 es un Mux/Demux de 1 entrada/salida 140 Mbps a 4 entradas/salidas de 34 Mbps.

Equipo NEC6000 modelo 6058 es un Mux/Demux de 1 entrada/salida de 34 Mbps a 16 entradas/salidas de 2 Mbps.

Los primeros equipos fabricados con tecnología PDH, realizaban el paso de multiplexación de 2Mbps a 34 Mbps utilizando dos equipos, uno para realizar la multiplexación de 2 Mbps a 8 Mbps y otro para multiplexar de 8 Mbps a 34 Mbps. El equipo NEC6000 modelo 6058 de 2 Mbps a 34 Mbps, realiza dos pasos en uno, esto mejora la eficiencia del enlace ya que mientras más equipos existan la probabilidad de falla aumenta.

No fue necesario realizar la configuración de los equipos AT&T SLM-2000-16 de 2,5 Gbps y NEC6000 modelo 6033, ya que los mismos fueron usados en enlaces anteriores y por lo tanto configurados al ser utilizados por primera vez. Estos equipos fueron sustituidos por otros de tecnología más reciente y por tanto quedaron disponibles para ser utilizados en este proyecto.

No se pudo hacer la gestión a los equipos para ver su configuración ya que los mismos se usaron por primera vez desde hace aproximadamente 14 años y actualmente no hay disponibilidad del programa que se necesita observar la configuración.

Cuando se realizan ampliaciones en un enlace por el cual hay circulación de tráfico, se procede instalando los nuevos equipos en paralelo con los equipos que se van a sustituir y que en esos momentos mantienen el enlace en funcionamiento. Así se realizaran las pruebas locales y remotas a los equipos sustitutos, sin afectar el tráfico de voz que fluye por el enlace.

En este proyecto una vez que estos nuevos equipos, NEC6000 modelo 6033 de 140 Mbps y AT&T de 2,5 Gbps, se han probado se procederá a ser incorporados al enlace, y a desincorporar los equipos NEC6000 modelo 6041, este procedimiento se realiza en horas de la madrugada para no cortar el servicio telefónico en los momentos en que mayor número de personas lo utiliza.

La ampliación de la capacidad del enlace de fibra ubicado entre las centrales Mariches – Urbina llevó un estudio preliminar formado por distintas pruebas realizadas a los nuevos equipos como *loop back* tanto a nivel local como remoto. También se realizaron las otras pruebas ya mencionadas, necesarias para garantizar el correcto funcionamiento de todo el enlace.

### **3.2.1 Pruebas en los Equipos SDH yPDH**

#### **3.2.2 Pruebas realizadas a los equipos SLM-2000-16 (Multiplexor de 16 entradas de 140 Mbps y una salida de 2,5 Gbps)**

Se realizaron pruebas locales y pruebas remotas a los equipos ya instalados SDH SLM-2000-16, en cada una de las centrales mencionadas, para garantizar el buen funcionamiento del enlace. También se determinó el correcto funcionamiento del medio de transmisión realizando las mediciones de potencia y pruebas reflectométricas necesarias.

#### ***Pruebas locales***

Cuando el equipo está instalado y no recibe una señal, cada una de sus tarjetas se encuentra alarmada por falta de señal (excepto la tarjeta que corresponde con la fuente de alimentación). Cada tarjeta indica que está en estado de alarma porque tiene intermitente su respectivo indicador lumínico (Led Rojo), ubicado en la parte superior de dicha tarjeta.

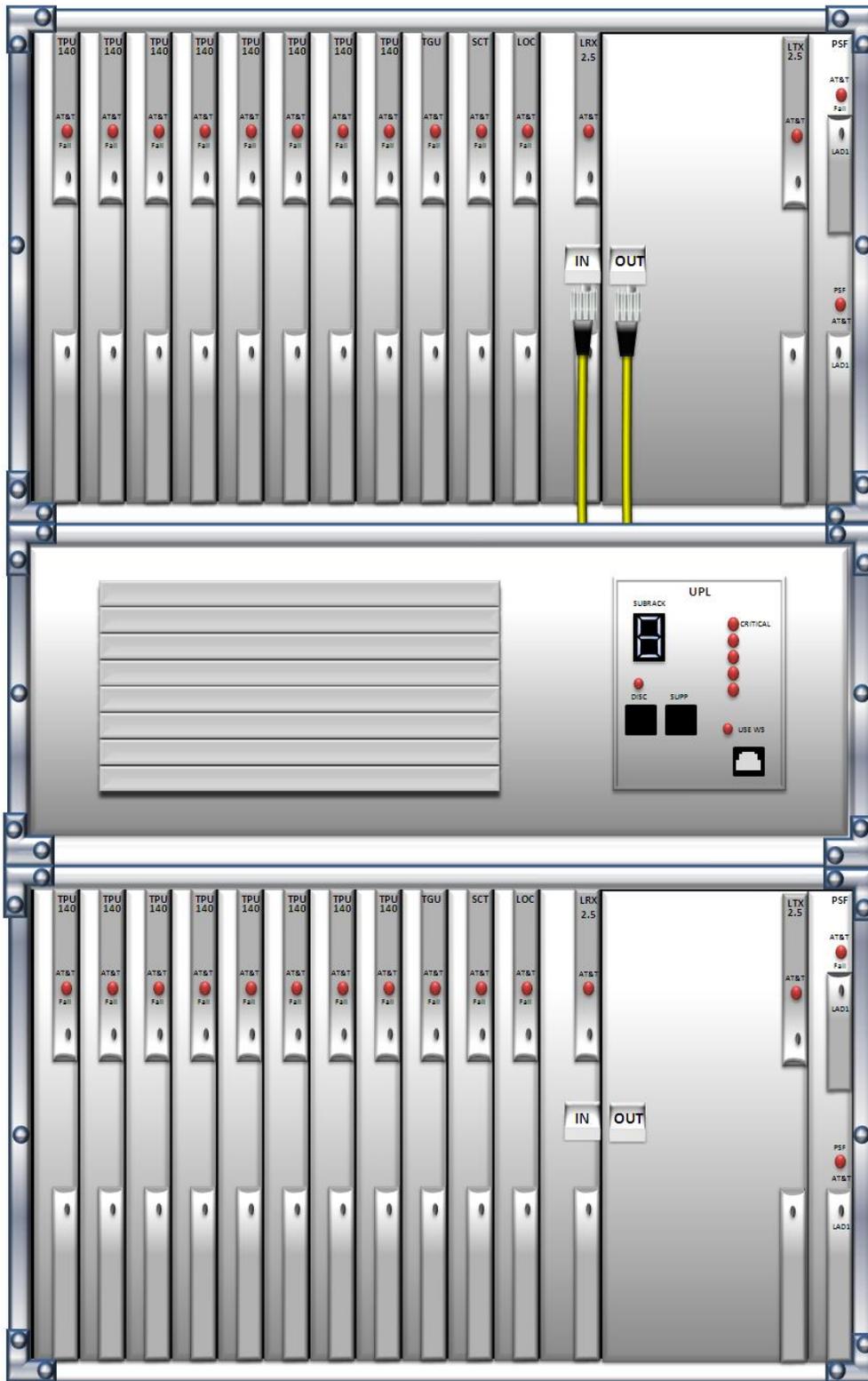


Figura #18 EQUIPO AT&T SLM-2000-16

El primer paso que se hace es reiniciar el equipo. Esto se realiza desconectando y volviendo a conectar la tarjeta SCT, esta tarjeta sería la unidad central de procesamiento del equipo. Una vez que se ha conectado la tarjeta SCT, cada tarjeta restantes encienden su respectivos indicadores, permaneciendo estos encendidos fijamente por aproximadamente dos minutos, de esta forma se indica que la tarjeta SCT está en la etapa de reconocimiento y chequeo de estado, es decir, entendiéndose en su sistema con cada tarjeta y a su vez evaluando el estado de cada una. Luego la tarjeta SCT apaga el indicador al terminar de chequear todas las tarjetas.

El segundo paso es realizar las pruebas de potencia. Primero se conecta en el *patch cord* de la tarjeta transmisora LTX el equipo medidor de potencia, este debe tener una salida constante de valor cercano a “0 dBm” (cero dBm), valor ideal de transmisión del equipo.

El tercer paso es realizar un *loop back* local entre la tarjeta transmisora LTX y tarjeta receptora LRX. Ambas tarjetas tiene que “engancharse” al equipo quedando estas sin alarmas; este procedimiento es para asegurar que tanto la tarjeta transmisora como receptora del equipo no estén dañadas.

El cuarto paso es probar las tarjetas TPU o “Tributarios”. Esto se hace realizando un *loop back* local en el tablero de distribución donde está conectada la salida y entrada de cada una de ellas, es decir, en cada tarjeta su transmisión se interconecta con su misma recepción, así la tarjeta debe entenderse con el sistema sin presentar alarmas. De esta forma se está certificando el equipo y se asegura que cada una de las tarjetas TPU está funcionando correctamente.

### ***Pruebas Remotas***

Cuando los equipos SDH SLM-2000-16 de 2,5 Gbps ubicados en ambas centrales han sido probados localmente, para estar seguros que cada equipo funciona

correctamente, entonces se interconectan en cada central por la fibra óptica que les corresponde y se realiza un loop back en sus tarjetas tributarias TPU, de esta manera se prueba el medio de transmisión y los dos equipos SDH certificando así que en esta jerarquía el enlace se encuentra funcionando correctamente. Las fibras utilizadas para probar los equipos fueron las fibras #5 y #6 del tendido de fibra óptica.

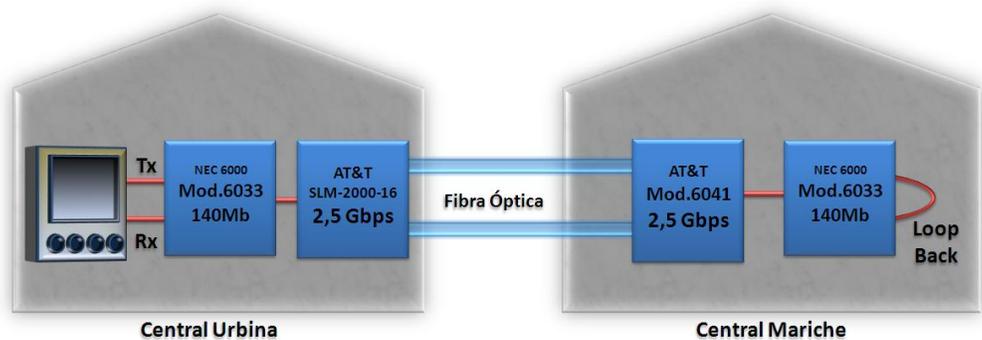
### **3.2.3 Pruebas realizadas al equipo NEC6000 Modelo 6033**

Este equipo es más sencillo que el AT&T, solo se le colocan sus tarjetas tributarias respectivas, fuente de potencia, tarjeta transmisora, tarjeta receptora, etc. Cada tarjeta enciende un led color verde para indicar que está trabajando correctamente, en caso contrario enciende un led rojo.

Los NEC6000 de 140 Mbps utilizados en el proyecto de ampliación funcionaron correctamente una vez encendidos, así fueron conectados cada uno a los AT&T ubicados cada uno en su respectiva central.

### **3.2.4 Prueba de BER**

Se realizó la prueba de BER para certificar los equipos que se habían instalado en paralelo, es decir, el AT&T de 2,5 Gbps conectado en su salida eléctrica con el NEC6000 modelo 6033, conectados de esta forma en cada central. Los 4 equipos en conjunto con el medio de transmisión fueron probados realizándose una prueba de BER. La misma dio como resultado un BER igual a 0 (cero), sin pérdida ni errores de bits, paquetes, etc. Esta prueba de BER debe tener, en estos casos que se van a instalar por primera vez en un enlace, una duración mínima de 24 horas para garantizar un servicio sin errores, esta se denomina prueba de aceptación.



**Figura # 19 Prueba de Aceptación**

El valor del BER aceptado para un enlace de fibra es de 0, para valores superiores a este, el enlace se considera defectuoso.

### **3.2.5 Prueba de Alimentación**

Se mide con un voltímetro el voltaje de la alimentación de donde se van a conectar los equipos, siendo este valor de -49 Voltios. Este valor de voltaje esta dentro del rango de valores aceptado por estos equipos, este rango va de -38 voltios a -61 voltios.

### **3.2.6 Prueba de Protección**

Se comienzo la prueba de BER y se procedió a desconectar el cable de fibra óptica para simular así un corte, el equipo AT&T conmuta el flujo de información de la línea principal a la secundaria, manteniendo así el enlace operativo.

Una vez que han funcionado bien los nuevos equipos que fueron instalados en paralelo se proceden a ser integrados al enlace sustituyendo el equipo PDH de 140 Mbps.

## CAPITULO IV

### ANALISIS DE LAS MEJORAS ALCANZADAS LUEGO DE LA AMPLIACION DEL ENLACE DE FIBRA OPTICA ENTRE LAS CENTRALES MARICHES Y URBINA

La ampliación del enlace de fibra entre las centrales Mariches y Urbina va a permitir, entre otras cosas, la interconectividad de mayor número de abonados de la central Mariches a nivel nacional e internacional.

Con la ampliación del enlace de fibra óptica se obtuvieron mejoras que se mencionan a continuación:

#### 4.1 La Capacidad del enlace aumenta.

El nuevo enlace propuesto tiene una capacidad 16 veces mayor con respecto a la capacidad del enlace anterior, esto se puede observar en la siguiente tabla comparativa:

**Tabla 3: Comparación de la capacidad del enlace actual con el enlace anterior**

Número	Enlace Anterior	Enlace Propuesto
140	1	16
E1	64	1024
Canales de voz	1920	30720

Esta tabla indica que el enlace propuesto permite que 30720 personas estén conectadas al servicio telefónico simultáneamente a diferencia de las 1920 que

permitía la topología del enlace anterior. Estos números indican que la capacidad del enlace aumento 16 veces al comparar la topología actual con la anterior.

En la realidad el número de personas que se asigna a un EI es mayor a 30, ya que se sabe que estadísticamente todo este número de personas no hablan simultáneamente.

#### **4.2 Permite interacción y compatibilidad con equipos de otros proveedores.**

La tendencia a futuro es sustituir los equipos PDH por equipos SDH, ya que estos últimos entre otras cosas pueden interactuar sin problema con equipos SDH de otros proveedores y con los mismos PDH que aún se encuentran operativos en algunas centrales. Los PDH en este respecto carecen de funcionalidad ya que ellos interactúan solo con aquellos que corresponden a su mismo proveedor.

#### **4.3 La robustez del enlace aumenta ante desvanecimientos de la señal en el tendido de Fibra.**

El equipo AT&T SLM-2000-16 tiene una gran ventaja que lo coloca en una posición privilegiada frente a otros equipos SDH a la hora de escoger un equipo receptor de fibra; ya que este tiene una buena tolerancia en el margen de potencia recibida. Mientras que el margen de potencia de recepción mínima estándar que soportan la mayoría de los equipos SDH es de -10dBm, para un AT&T SLM-2000-16 este valor es -30 dBm, es decir, estos receptores ópticos soportan hasta un nivel de potencia 20 dB menor a otros equipos que existen en el mercado y que son mucho más actuales.

## CONCLUSIONES

Luego de realizar la ampliación del enlace de fibra de 140 Mbps a 2,5 Gbps, manteniendo en lo posible la estructura del tendido, se pueden señalar las siguientes conclusiones:

- Se resolvió el problema del congestionamiento del sistema telefónico por exceso de abonados. Con la sustitución de los equipos de transmisión óptica PDH de 140 Mbps por los SDH de 2,5 Gbps, se restableció el rendimiento deseado al servicio telefónico.
- La capacidad del enlace aumento considerablemente en comparación con la que tenía éste originalmente. Actualmente el equipos AT&T de 2,5 Gbps tiene dos tarjetas de 140 Mbps operativas con el tráfico de voz. En comparación con el equipo NEC que funcionaba originalmente y tenía un ancho de banda máxima de 140 Mbps , el enlace aumento el doble de su capacidad original.
- Con el proyecto de ampliación se abrió la posibilidad de que por este enlace se ofrezcan otros servicios adicionales al de voz, por ejemplo datos. El equipo de transmisión AT&T de 2,5 Gbps tiene un total de 16 tarjetas de 140 Mbps y actualmente tiene solo dos tarjetas de 140 Mbps trabajando con el tráfico de voz, es decir, está operativo una octava parte de la capacidad total del equipo.
- Ahora se puede integrar al enlace equipos de otras marcas. Antes de realizar el proyecto de ampliación los equipos utilizados en el enlace eran únicamente de tecnología PDH, por ser esta tecnología solamente se podían utilizar equipos marca NEC (marca utilizada), si alguno de los multiplexores se dañaba este tenía que ser sustituido por otro igual. Ahora con la utilización del SDH AT&T se puede integrar a este multiplexores de otras marcas.

- No se empleo tiempo ni dinero en licitaciones. Debido a que la necesidad de ampliar la capacidad de tráfico en el enlace entre las centrales Mariches y Urbina fue resuelta reutilizando equipos que se habían desincorporado de otras centrales, por incorporar otros de tecnología más avanzada y/o de mayor capacidad, no fue necesario pasar por el burocrático proceso de licitación que tomaría tiempo considerable hasta que se tome finalmente la decisión por alguna marca de equipo específica. Tampoco se tuvo que utilizar grandes sumas de dinero para obtener equipos que resolvieran del bajo rendimiento del enlace.

## RECOMENDACIONES

- El enlace de fibra entre las centrales Mariches y Urbina no tiene actualmente un respaldo, es decir, una ruta alterna distinta a la primera que sale de la tarjeta principal, que sirva para mantener la conexión activa entre las centrales en caso de que el cable principal sufra un corte. Se recomienda implementar una ruta adicional, distinta a la principal, para que mantenga la conexión operativa entre ambas centrales en caso de haber una falla en esta.

Topología de la red de fibra entre las centrales Mariches y Urbina:

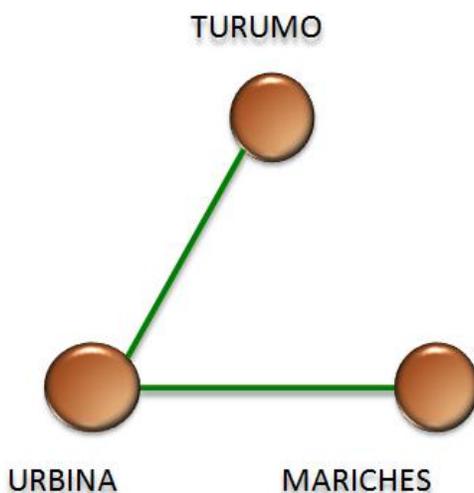


Figura #20 Topología actual de conexión entre Mariches, Turumo y Urbina

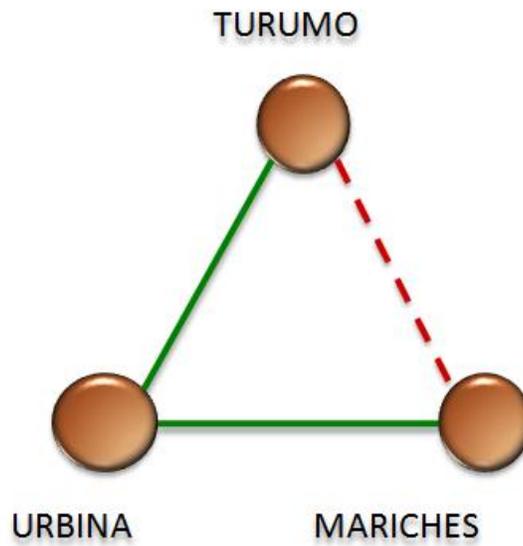
Actualmente existen dos fibras derivadas del cable interurbano CNT-Guarenas las cuales fueron llevadas al ODF (Distribuidor de Fibra Óptica) ubicado en la central Urbina. La central Urbina comparte un cable de fibra de 36 hilos con la central

Mariches, del cual dos de sus hilos son utilizados por los equipos SDH AT&T de 2,5 Gbps.

La Central Turumo se comunica con Urbina por una conexión de fibra óptica. En esta central está instalado un equipo de 2,5 Gbps (idéntico al SDH AT&T operativos en Mariches y Urbina).

Se recomienda estudiar una ruta para interconectar con un cable de fibra las centrales Turumo con Mariches. De esta forma se obtendría una topología de anillo entre Urbina, Mariche y Turumo.

Para dar respaldo a la central Mariches se propone construir una ruta por la cual se pueda pasar un cable de fibra entre las centrales Mariches y Turumo, este nuevo cable llegaría a las tarjetas transmisora y receptora (ambas secundarias o respaldo) del equipo SDH de 2,5 Gbps ubicado en cada una de las centrales. De esta forma si llegase a ocurrir un corte de fibra entre Mariches y Urbina, el equipo de Mariches conmutaría pasando el tráfico por las tarjetas de transmisión y recepción secundarias que tienen el cable de fibra hacia Turumo para ser llevado a Urbina, sin que la comunicación de Mariches sea afectado por el corte de fibra.



**Figura #21 Topología recomendada de conexión entre Mariches, Turumo y Urbina**

Este cable también serviría para dar respaldo a su vez a la central Turumo. De esta forma las centrales Mariches y Turumo formarían parte de una topología de anillo, aumentando la robustez del sistema.

- Se recomienda en unos 4 años comenzar a realizar un proceso de licitación para obtener equipos que cumplan con los requerimientos del enlace, ya que los equipos AT&T de 2,5 Gbps tienen un tiempo de vida dado por el fabricante de 20 años, es decir que a los equipos instalados en la centrales les queda un periodo de vida útil de aproximadamente 6 años.

## REFERENCIA BIBLIOGRAFICA

[1] arturosoria.com. Artículos interesantes y Guía selecta por Arturo Soria de López, Gonzalo E. <http://www.arturosoria.com/fisica/art/fibra.asp> [Consultado el 27-11-2007]

[2] Wikipedia. Enciclopedia virtual de consulta. Fibra Óptica  
[http://es.wikipedia.org/wiki/Cable\\_de\\_fibra\\_%C3%B3ptica](http://es.wikipedia.org/wiki/Cable_de_fibra_%C3%B3ptica)

[Consultado el 27-11-2007]

[3] monografías.com. Fibra Óptica por Rodríguez, Yurisay.  
<http://www.monografias.com/trabajos13/fibropt/fibropt.shtml>

[Consultado el 29-11-2007 ]

[4] Curso de Sistema de comunicaciones por microondas (PDF)  
<http://aniak.uni.edu.pe/sdemicro/Cap%2009%20MW%202005-1.pdf> [consultado el 2-12-2007]

[5] monografías.com. SDH – Jerarquía Digital Síncrona por Pineda, Gabriel.  
<http://www.monografias.com/trabajos908/sdh-digital/sdh-digital.shtml> [consultado el 2-12-2007]

[6] mailxmail.com. Curso de Jerarquía Digital Síncrona.  
<http://www.mailxmail.com/curso/informatica/sdh/capitulo4.htm>. Capítulos consultado: capitulo 4 Modulo de transporte síncrono, capitulo 6 La trama STM-1. Por Domínguez. P, José. M [consultado el 22-4-2008]

[7] radioptica.com. Redes ópticas basadas en el estándar SONET / SDH (Parte I) por Ramos P, Francisco. [http://www.radioptica.com/Fibra/sonet\\_sdh\\_I.asp?pag=3](http://www.radioptica.com/Fibra/sonet_sdh_I.asp?pag=3) [consultado el 2-12-2007]

[8] SDH pocket guide (PDF) por Stephan Schultz  
[http://infocom.uniroma1.it/alef/com\\_el/sdh.pdf](http://infocom.uniroma1.it/alef/com_el/sdh.pdf). [Consultado el 22-4-2008]

[9] Versión 02s. Descripción de la Arquitectura del sistema. Sistemas de Transmisión. / AT&T Network Systems International B.V. 1994.

[10] Introducción al sistema Sincrónico (PDH)  
<http://www.teleco.upct.es/Docencia/Asignaturas/103113008/Tema4/Documentacion/SDH%20Introduccion.pdf> [Consultado el 11-6-200].

## **BIBLIOGRAFIA**

Wikipedia. Enciclopedia virtual de consulta. SONET

<http://es.wikipedia.org/wiki/SONET#column-one> .

Multiplexación Síncrona.

[http://www.dsic.upv.es/~jsilva/uned/redes/Redes%20\(sesion%206\).ppt](http://www.dsic.upv.es/~jsilva/uned/redes/Redes%20(sesion%206).ppt).

mailxmail.com. Curso de Jerarquía Digital Síncrona.

<http://www.mailxmail.com/curso/informatica/sdh/capitulo3.htm>

mailxmail.com. Curso de Jerarquía Digital Síncrona.

<http://www.mailxmail.com/curso/informatica/sdh/capitulo7.htm>

## GLOSARIO

- ADM** *Add-drop Multiplexer* o Multiplexor de Extracción - Inserción, permite extraer en un punto intermedio de una parte del tráfico cursado y a su vez inyectar nuevo tráfico desde ese punto.
- ATM** *Asynchronous Transfer Mode* o Modo de Transferencia Asíncrona, es una tecnología de telecomunicación desarrollada para hacer frente a la gran demanda de capacidad de transmisión para servicios y aplicaciones.
- AU** *Administrative Unit* o Unidad Administrativa, también llamada Tributaria (TU) es una subdivisión con un puntero en el cual los bits para el transporte de los VC están numerados según sus posiciones señaladas en el puntero.
- AUG** *Administrative Units Group* o Grupos de Unidades Administrativas, también llamado Grupo de unidades Tributarias (TGU) es un conjunto de divisiones en el área de carga de la trama.
- C** *Container* o contenedor, es el elemento básico de una señal SDH.
- COR** Centro de Operaciones de la Red.
- DWDM** *Dense Wavelength Division Multiplexing*, también conocido como Multiplexación por División de Longitud de onda Densa. Esta técnica es muy similar al WDM y permite incrementar el número de canales que puede ser transmitido por una fibra óptica.

- E1 Un Circuito digital utilizado principalmente en Europa. Funciona a 2.048 Mbps y ofrece 30 canales de voz.
- FDM *Frecuency Division Multiplexing* o Multiplexación por División de Frecuencia. Es un tipo de multiplexación utilizada generalmente en sistemas de transmisión analógicos.
- MSOH *Multiplexing Section Overheah* o Sección de Mulplexación de Cabecera Extra, termina solo en el multiplexor.
- OC *Optical Carrier* o Portador Óptico. Los equipos terminales transforman una señal eléctrica en una señal óptica llamada OC.
- PCM Pulse Coding Modulation o Modulación por Codificación de Pulso, es la representación de información analógica en una señal digital.
- POH *Path Overheah* o Cabecera de Direcciones, es el que ejerce el control sobre cada contenedor.
- PRC *Primary Reference Clock* o Reloj de referencia primario, es reloj de referencia que se utiliza para sincronizar una red.
- RSOH *Regeneration Section Overheah* o Sección de Regeneración de Cabecera Extra, termina en cada regenerador.
- SCT *System Con Troller* o Controlador del sistema, esta tarjeta es la encargada de controlar todo el sistema del equipo Multiplexor SLM-2000-16.

- SOH *Section Overhead* o Sección de Cabecera Extra, es el encargado de monitorear y administrar la trama SDH.
- SONET *Synchronous Optical Network* o Red Óptica Sincrona, es un estándar para el transporte de telecomunicaciones en redes de fibra óptica.
- STM *Synchronous Transport Module* o Modulo de transporte síncrono, es el encargado de transportar en su área de carga útil a varios contenedores virtuales a través de la red.
- STS-1 *Synchronous Transport Signal* o Señal de transporte Síncrono, es la unidad básica del estándar SONET.
- T1 Un circuito digital utilizado principalmente en América. Funciona a 1.544 Mbps y ofrece 24 canales.
- TPU *Tributary Port Unit* o Unidades de Puertos Tributarios, son los que reciben las señales de información de baja velocidad.
- UIT Unión Internacional de Telecomunicaciones, es el organismo especializado de las Naciones Unidas encargado de regular las telecomunicaciones, a nivel internacional, entre las distintas administraciones y empresas operadoras.
- UTC *Universal Time Coordinated* o Tiempo Universal Coordinado, es la zona horaria de referencia respecto a la cual se calculan todas las otras zonas del mundo.

- VC *Virtual Container* o Contenedor Virtual, se denomina a una señal tributaria de la trama SDH la cual es transportada en un STM-1, está formada por un contenedor y a su cabecera de direcciones asociada.
- WDM *Wavelength Division Multiplexing* , también conocido como Multiplexación por división de Longitud de onda. Es una tecnología que multiplexa varias señales sobre una fibra óptica mediante portadoras ópticas de diferente longitud de onda.

## **ANEXOS**