

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

ENLACE DE FIBRA ÓPTICA COMO RESPALDO AL ANILLO SDH DE LA RED URBANA DE CANTV.

Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela
por el Br. Víctor A., Contreras F.
para optar al Título de
Ingeniero Electricista.

Caracas, 2005

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

ENLACE DE FIBRA ÓPTICA COMO RESPALDO AL ANILLO SDH DE LA RED URBANA DE CANTV.

Prof. Guía: Ing. Carlos Bianchi
Asesor Industrial: Lic. Pedro Rojas.

Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela
por el Br. Víctor A., Contreras. F.
para optar al Título de
Ingeniero Electricista

Caracas, 2005

Caracas, 18 de Noviembre de 2005

CONSTANCIA DE APROBACIÓN.

Los abajo firmantes, miembros del Jurado designado por el Consejo de Escuela de Ingeniería Eléctrica, para evaluar el Trabajo Especial de Grado presentado por el Bachiller Víctor A., Contreras F., titulado:

“Enlace de Fibra Óptica como respaldo al anillo SDH de la red urbana de 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. Freddy Brito
Jurado


Prof. Paolo Maragno
Jurado


Prof. Carlos Bianchi
Profesor Guía



DEDICATORIA.

A Dios por darme fuerzas, mucha salud, llenarme de ánimo y por no permitir que desmayara nunca.

A La Virgen de Coromoto por escuchar todas mis plegarias, iluminarme y ser mi refugio en los momentos difíciles.

A mis Padres por traerme a este mundo, ofrecerme una vida llena de alegrías, de mucho amor, enseñarme valores y sobre todo de mucha comunicación y comprensión...¡Los Amo!

A mi hermana por estar siempre a mi lado apoyarme y ser ejemplo de fortaleza.

A mis abuelos Bartolomé, Alba y Víctor Manuel que están en el cielo y querrían vivir conmigo este momento.

A mi Abuela Teresa que con su amor y comprensión siempre me ha apoyado.

A todos mis familiares, tíos, tías, primos y primas que tanto quiero y que siempre me apoyaron, reciban de mí el mismo apoyo en todo lo que se propongan.

A ¡¡¡El Tucán !!! que me llevó y me trajo todos los días a la universidad. Te portaste bien mi pana.

Y finalmente me la dedico a mí!!!, por afrontar con tesón y empeño todos los altibajos que se presentan en esta y carrera y poder cumplir mi meta y decir un día.....**Soy Ingeniero Electricista Mención Comunicaciones.**

Víctor Alejandro Contreras Fermín

RECONOCIMIENTOS Y AGRADECIMIENTOS.

A la Ilustre Universidad Central de Venezuela por permitirme formarme como profesional y darme la oportunidad de forjar mi futuro con optimismo, coraje y mucho esfuerzo.

Al Profesor Carlos Bianchi quien me ayudo, aconsejo y apporto su valiosa experiencia en el desarrollo de este proyecto.

A CANTV por brindarme la oportunidad de desarrollar mi Trabajo Especial de Grado.

Al Señor Fernando Hernández, sin duda un ejemplo a seguir, que confió en mí, me brindo todo su apoyo y colaboración, me guío, me aconsejo y apporto su valiosa experiencia en el desarrollo de este proyecto.....Gracias por darme la oportunidad de desarrollar mi Trabajo de Grado.

A todo el personal que labora en CANTV en el área de Fibra Óptica. Al pana Darwin y Jesús por su valiosos consejos y apoyo. A Pérez, a José Rondon y a Heriberto Zarraga por compartir sus valiosos conocimientos conmigo, por enseñarme su oficio de forma desinteresada y amable y contribuir en el desarrollo de este proyecto. A Fidel y a Méndez por prestarme su apoyo y colaboración.....Gracias a todos por contribuir con el inicio de mi carrera profesional.

A mi pana del Liceo José Manuel y a toda su familia por esa gran amistad que hemos construido.

A Ricardo, Daniel, Rafael, Oswaldo, Alejandro y José Luís por su amistad apoyo, y compañerismo para poder afrontar juntos esta difícil meta; que es no es fácil lograrla solo. Éxitos mis panas. Vamos Rafael que solo faltas tu!!!!!!!!!!.

A Julio Torralba “El Pana JU” por todo su apoyo y sugerencias, que se encuentra por Italia, animo viejo y sobre todo mucho tesón y fuerza.

Y sobre todo a esos panas de la escuela que no nombre pero que de igual forma compartimos la vida universitaria juntos.

A todos los panas de la Villa.....Jesús Enrique, Airam, Luís Ramón, Yusmeli, Jesús, Lorent, Tirone, Carmen Luisa, Gervasio, La abuela Tarcisia, Rafael, Ricardo “Cocoa”, Norkis, Taubir y su esposito por su ayuda y por todas esas rumbas y excelentes comilonas que seguiremos haciendo.....claro siempre que hagamos sopa la hacemos con agua filtrada.

Ahhh y no podía faltar Daniela y su futuro bebe, que va a crecer rodeados de muchos tíos y de un poco de Padrinos y Madrinas.

Víctor Alejandro Contreras Fermín.

Contreras F., Víctor A.

ENLACE DE FIBRA ÓPTICA COMO RESPALDO AL ANILLO SDH DE LA RED URBANA DE CANTV.

Prof. Guía: Carlos Bianchi. Tutor Industrial: Lic. Pedro Rojas. Tesis. Caracas. UCV. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Eléctrica. Ingeniero Electricista. Opción: Comunicaciones. Institución: CANTV. 2005. 131 h. + anexos.

Palabras Claves: Respaldo, Ethernet, Fibra óptica.

Resumen. La empresa de Telecomunicaciones CANTV posee una demanda de usuarios que ha ido creciendo vertiginosamente con el tiempo, en ella se han implementado sistemas en los cuales se puede aumentar la eficiencia y capacidad de los servicios, aunado a la creación de sistemas de protección, automatización y control del sistema de transmisión. Es por esta razón que se plantea el diseño de un enlace de Fibra Óptica como respaldo, ya que los enlaces existentes tanto principal como respaldo están ubicados en la misma canalización. El área de estudio se puede dividir en tres casos:

- ✓ Caso 1: Palo Verde-La Urbina-Petare.
- ✓ Caso 2: Turumo-La Urbina-Guarenas.
- ✓ Caso 3: La Urbina-Turumo.

Los cuales presentan una problemática distinta en caso de interrupción del servicio, por cortes de fibra óptica. El primero de los enlaces conectará la Central Palo Verde con una derivación del enlace entre la URL Mariche y la central la Urbina, mientras el segundo de ellos conectará la URL Turumo con la URL Mariche. Logrando así establecer un camino de redundancia entre Centrales y URL'S de forma de conmutar el tráfico existente sin interrumpir el servicio, logrando así la resolución de los problemas para cada uno de los casos anteriores. Para la elaboración de este diseño se utilizó una serie de herramientas como planos, informes, entrevistas a personal calificado y normativas de construcción de canalizaciones de CANTV.

ÍNDICE.

CONSTANCIA DE APROBACIÓN	
DEDICATORIA	i
RECONOCIMIENTOS Y AGRADECIMIENTOS	ii
RESUMEN	<i>¡Error! Marcador no definido.</i>
ÍNDICE	v
ÍNDICE DE TABLAS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	x
ACRÓNIMOS	xi
INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO I	4
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	4
1. Antecedentes y Justificación	4
2. Objetivos del Proyecto	7
2.1. Objetivo General.....	7
2.2. Objetivos Específicos.....	7
3. Metodología del Trabajo	8
4. Limitaciones del Trabajo	9
5. Descripción de la Empresa donde se realizó el Proyecto	10
5.1 Nombre de la Empresa.....	10
5.2 Descripción de la Empresa.....	10
5.3. Misión y Visión de la Empresa.....	11
5.4 Objetivos de la Empresa.....	11
5.5. Valores de la organización.....	12
5.6. Estructura Organizativa.....	14
CAPITULO II	17
PRINCIPIOS BÁSICOS DE FIBRA ÓPTICA	17
1. Introducción a la Fibra Óptica	17
2. ¿Qué es la Fibra Óptica?	19
3. Parámetros característicos de las fibras ópticas	21
3.1 Perfil de índice de refracción.....	25
3.2 Apertura Numérica.....	26
3.3. Atenuación.....	27
3.4. Dispersión.....	29
3.5. Dispersión Temporal.....	29
3.5.1. Dispersión Modal o Intermodal.....	30
3.5.2. Dispersión Espectral, del Material o Intramodal.....	30

3.5.3. Dispersión por Efecto de Guía de ondas (Técnica de Dispersión Cero).....	31
3.6. Dispersión Cromática.....	32
4. Efectos no lineales en la fibra óptica.....	32
4.1. Dispersión Estimulada de Raman.....	32
4.2. Dispersión Estimulada de Brillouin.....	33
5. Funcionamiento de los Sistemas de Transmisión por Fibra Óptica.....	33
5.1 Dispositivos Implícitos en este proceso.....	34
6. Componentes y Tipos de Fibra Óptica.....	35
<i>CAPITULO III.....</i>	<i>38</i>
<i>PDH Y SDH.....</i>	<i>38</i>
1. Introducción.....	38
2. Breve historia de la jerarquía digital plesiócrona PDH.....	39
2.1. Fundamentos del funcionamiento plesiócrono.....	39
2.2. Origen de la Jerarquía Digital Sincrónica SDH.....	41
2.3. ¿Qué es SDH?.....	42
3. Fundamentos de la Jerarquía Digital Sincrónica SDH.....	44
3.1. Estructura de Multiplexación SDH.....	46
3.2. La trama básica STM-1.....	47
3.3. Estructura de la cabecera de Sección.....	50
3.4. Definiciones.....	51
3.5. Trama STM-N.....	53
3.6. La Trama STM-4 y STM-16.....	53
3.7. Ventajas de SDH.....	54
3.8. Desventajas de SDH.....	55
4. Protecciones en sistemas SDH.....	55
4.1. Funciones de los Equipos Multiplexores ADM (Add-Drop Multiplexers).....	55
4.2. Mecanismos de Protección.....	56
<i>CAPITULO IV.....</i>	<i>59</i>
<i>PRINCIPIOS BÁSICOS DE ETHERNET.....</i>	<i>59</i>
1. Topologías de Redes.....	59
1.1. Bus.....	60
1.2. Estrella.....	60
1.3. Topología de Estrella Cableada / Star-Wired Ring.....	61
1.4. Anillo.....	61
1.5. Árbol.....	62
1.6. Malla.....	63
2. Modos de Transmisión.....	63
2.1. Símplex.....	64
2.2. Half-duplex.....	64
2.3. Full-duplex.....	64
2.4. Asíncrona.....	64
2.5. Síncrona.....	64
3. Tipos de Redes.....	65
3.1. Redes de Área Local (LAN).....	67

3.2. Redes de Área Metropolitana (MAN).....	67
3.3. Redes de Área Extensa (WAN).....	67
4. Redes Ethernet.....	68
5. Historia de Ethernet.....	68
6. El Modelo 802.3.....	70
7. Tipos de Medio de Transmisión de Redes Ethernet.....	71
8. Relación Lógica entre el Modelo 802.3 y el Modelo de referencia OSI.....	72
<i>CAPITULO V.....</i>	<i>74</i>
<i>DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA PROPUESTO.....</i>	<i>74</i>
1. Red de Fibra Óptica.....	74
1.1. Elaboración de un proyecto de fibra óptica.....	74
1.2. Cable de Fibra Óptica.....	76
1.3. Recorrido de fibra.....	78
1.3.1. Descripción del primer enlace Turumo-Mariche.....	79
1.3.2. Descripción del segundo enlace Palo Verde-Mariche.....	82
2. Propuestas de SDH.....	85
2.1. Estudio de compatibilidad con los equipos de planta instalada.....	85
2.2. Factibilidad entre el estándar SDH y PDH.....	87
2.2.1. Capacidad de Crecimiento del Sistema.....	87
3. Sistemas básicos de Fibra Óptica.....	87
4. Cálculos de los Enlaces Ópticos.....	88
4.1. Atenuación.....	89
4.2. Dispersión en la Fibra Óptica.....	89
4.2.1. Dispersión Cromática.....	89
4.2.2. Dispersión por Modo de Polarización (PMD).....	91
4.3. Cálculo de la Dispersión de la Fibra Óptica Monomodo Estándar Sumitomo.....	92
4.3.1. Cálculo de la Dispersión Cromática con Fibra Monomodo Estándar Sumitomo.....	92
4.3.2. Cálculo de la Dispersión Modo Polarización.....	93
4.3.3. Cálculo del ensanchamiento total debido a la dispersión cromática y a la PMD con la Fibra Óptica Sumitomo.....	93
4.4. Conclusiones sobre los efectos de la dispersión.....	94
4.5. Cálculo de Atenuación.....	94
4.5.1. Cálculo de Atenuación de la Fibra (dB/Km).....	94
4.5.2. Cálculo de Atenuación debido a los conectores.....	95
4.5.3. Cálculo de Atenuación debido a los Empalmes.....	96
4.6. Cálculo del Margen de Potencia del Sistema.....	97
5. Valoración Técnica de un enlace de Fibra Óptica.....	97
5.1. Enlace de fibra óptica entre Turumo-Mariche.....	97
5.2. Enlace de fibra óptica entre Palo Verde-Mariche.....	99
5.3. Descripción de la conexión entre Palo Verde-La Urbina-Petare.....	101
5.4. Descripción de la conexión entre Turumo-La Urbina-Guarenas.....	104
5.5. Descripción de la conexión entre La Urbina-Mariche.....	105
6. Aspectos generales de los nuevos enlaces de fibra óptica.....	106
6.1. Requisitos de confiabilidad.....	106
6.2. Centro de Operaciones de la Red (COR).....	106

6.3. Configuración de las señales para que los nuevos enlaces de Fibra Óptica puedan ser monitoreados por el COR.	107
6.4. Servicios y tipos de clientes que se interconectan por Fibra Óptica en ambos enlaces.	107
<i>CAPITULO VI.</i>	<i>109</i>
<i>INSTALACIONES.</i>	<i>109</i>
1. Diseño de la canalización.	109
1.1. Instalaciones subterráneas.	109
1.2. Tendido del Cable en las Canalizaciones.	110
1.3. Tendido del Cable en la Zanja.	111
1.4. Instalación de los conductos en la zanja.	112
1.5. Tendido del cable en la zanja.	113
1.6. Recomendaciones sobre las Instalaciones Subterráneas.	113
2. Instalaciones de cable en interiores.	114
2.1. Tubos Corrugados.	114
2.2. Recorrido en las centrales.	114
2.3. Bandeja de empalmes.	115
2.4. Dispositivos de anclaje.	115
2.5. Paneles de conexión.	117
2.6. Identificaciones.	118
3. Verificaciones de un cable de fibra óptica.	119
3.1. Empalme.	119
4. Precauciones de Seguridad.	124
4.1. Corte y Pelado del Cable.	124
4.2. Luz de Láser.	124
4.3. Tensión del Cable.	124
4.4. Solventes y Soluciones de Limpieza.	124
4.5. Empalmes de Fusión.	125
5. Manejo del cable de Fibra Óptica.	125
5.1. Radio de Curvatura mínima.	125
5.2. Tensión de Tendido.	126
<i>CONCLUSIONES.</i>	<i>128</i>
<i>RECOMENDACIONES.</i>	<i>131</i>
<i>REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.</i>	<i>133</i>
<i>BIBLIOGRAFÍA.</i>	<i>134</i>
<i>ANEXOS.</i>	<i>¡Error! Marcador no definido.</i>

ÍNDICE DE TABLAS.

<i>Tabla 3.1 Niveles de Multiplexación PDH.</i>	39
<i>Tabla 3.2 Velocidades de los Módulos de Transferencia Síncrona SDH.</i>	43
<i>Tabla 5.1 Características de un cable de fibra óptica monomodo.</i>	77
<i>Tabla 5.2 Descripción del enlace Turumo-Mariche.</i>	80
<i>Tabla 5.3 Descripción del enlace Palo Verde-Mariche.</i>	83
<i>Tabla 5.4 Efectos de la Dispersión.</i>	94
<i>Tabla 5.5 Enlace de Fibra Óptica Turumo-Mariche.</i>	98
<i>Tabla 5.6 Enlace de Fibra Óptica Palo Verde-Mariche.</i>	99

ÍNDICE DE FIGURAS.

Figura 1.1 Situación Actual del Anillo.	4
Figura 1.2 Situación Futura del Anillo.	5
Figura 2.1 Ventanas del espectro electromagnético.	18
Figura 2.2 Principio de reflexión total interna en la fibra óptica	20
Figura 2.3 Secciones de una Fibra Óptica.	20
Figura 2.4 Fibra Óptica.	21
Figura 2.5 Cono de Aceptancia.	26
Figura 2.6 Componentes de la Fibra Óptica.	35
Figura 2.7 Fibra Monomodo.	36
Figura 2.8 Fibra Multimodo de Índice Gradual.	37
Figura 2.9 Fibra Multimodo de Índice Escalonado.	37
Figura 3.1 Arquitectura de la Red SDH.	42
Figura 3.2 Estructura de la Trama STM-1.	48
Figura 3.3 Estructura de las Cabeceras de Línea y de Sección.	50
Figura 3.4 Estructura de la Cabecera de Sección.	51
Figura 3.5 Composición de la Trama STN-N.	53
Figura 3.6 Multiplexación de la Trama STM-4.	54
Figura 3.7 Anillos protegidos por dos fibras.	56
Figura 3.8 Protección MSP de un anillo bidireccional.	57
Figura 3.9 Protección PPS de un anillo bidireccional.	58
Figura 4.1 Topología Tipo Estrella.	61
Figura 4.2 Topología Tipo Anillo.	62
Figura 4.3 Topología Tipo Malla.	63
Figura 5.1 Diagrama de Interconexión Palo Verde-La Urbina-Petare.	78
Figura 5.2 Enlace Turumo-Mariche.	79
Figura 5.3 Diagrama de interconexión entre Turumo-Mariche.	81
Figura 5.4 Enlace Palo Verde-Mariche.	82
Figura 5.5 Diagrama de interconexión entre Palo Verde-Mariche.	84
Figura 5.6 Situación Actual del Anillo.	86
Figura 5.7 Situación Futura del Anillo.	86
Figura 5.8 Ubicación de los Empalmes de Fusión.	98
Figura 5.9 Ubicación de los Empalmes de Fusión.	99
Figura 5.10 Diagrama de conexión Palo Verde-La Urbina-Petare.	101
Figura 5.11 Diagrama de conexión Turumo-La Urbina-Guarenas.	104
Figura 5.12 Diagrama de conexión La Urbina-Mariche.	105
Figura 6.1 Diagrama del cable de Fibra Óptica enterrado.	112
Figura 6.2 Caja de Empalme (Manga).	115
Figura 6.3 Distribuidor de Fibra Óptica.	118
Figura 6.4 Sellado de cables en ductos y en cajas de empalmes.	121
Figura 6.5 Calentamiento del Termocontraíble.	122
Figura 6.6 Sellado del Termocontraíble.	123
Figura 6.7 Ingreso del cable en la caja de empalmes.	123
Figura 6.8 Microcurvatura.	126
Figura 6.9 Macrocurvatura.	126

ACRÓNIMOS.

ANSI	“American National Standard Institute” (Instituto Nacional Americano de Estándares).
ADM	“Add/Drop Multiplexer” (Multiplexores de Inserción y Extracción)
APD	“Avalanche Photodiode” (fotodiodo de avalancha)
AU	“Administrative Unit” (Unidad Administrativa)
AUG’s	“Administrative Unit Group” (Grupo de Unidades Administrativas)
ATM	“Asynchronous Transfer Mode”(Modo de Transferencia Asíncrono.)
C	“Container” (Contenedor)
CCITT	“Consultive Committee for/on International Telegraphy and Telephony” (Comité Consultivo Internacional de Telefonía y Telegrafía)
CNT	“Centro Nacional de Telecomunicaciones” (CANTV Av. Libertador Edificio de Equipos II piso 1.)
CSMA/CD	“Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection” (Acceso Múltiple por Detección de Colisiones con Censado de Portadora)
COR	“Centro de Operaciones de la Red”.
CWDM	“C Wavelength Division Multiplexing” (Multiplexación por División de Longitud de Onda Densa).
DDF	“Digital Distribution Frame” (Distribuidor de Tramas Digitales)
DWDM	“Dense Wavelength Division Multiplexing” (Multiplexación por División de Longitud de Onda Densa)
IEEE	“Institute of Electrical and Electronic Engineers” (Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos)
ISO	“International Standard Organization” (Organización Internacional de Normalización)
IP	“Internet Protocol” (Protocolo de Internet)
LAN	“Local Area Network” (Red de Área Local)
LASER	“Light Amplifier Stimulated Emission Radiation”

LED	“Light Emitting Diode” (Diodo Emisor de Luz)
MAN	“Metropolitan Area Network” (Red de Área Metropolitana)
MSP	“Multiplexer Switch Protection” (Protección de sección de multiplexión)
NDSF	“Non Dispersión Shifted Fiber” (Fibra Dispersión No Desplazada)
NZ-DSF	“Non Zero Dispersión Shifted Fiber” (Fibra con Dispersión Desplazada No Nula)
ODF	“Optical Distribution Frame” (Distribuidor de Fibra Óptica)
OSI	“Open System Interconnection” (Interconexión de Sistemas Abiertos)
OTDR	“Optical Time Domain Reflectometer” (Reflectómetro Óptico de Dominio en el Tiempo)
PDH	“Plesiochronous Digital Hierarchy” (Jerarquía Digital Plesiócrona)
PIN	“Fotodiodos tipo zona Intrínseca”.
POH	“Path Overhead” (Cabecera de Trayecto)
PPS	“Path Protection Switch” (Protección de Sección de Trayecto)
PVC	“Polyvinyl Cloruros” (Poli Cloruro de Vinilo)
RACK	“Unidad de Soporte de Equipos”.
RDSI	“Red Digital de Servicios Integrados”
SDH	“Synchronous Digital Hierarchy” (Jerarquía Digital Síncrona)
SM	“Standar single Mode” (Monomodo Estándar)
SOH	“Section Overhead” (Cabecera de Sección)
SONET	“Synchronous Optical Network” (Red Óptica Síncrona)
STM	“Synchronous Transfer Mode” (Modo de Tranferencia Síncrono)
TU	“Tributary Unit” (Unidad Tributaria)
TUG’s	“Tributary Unit Group” (Grupo Unidades Tributarias)
UTP	“Unshielded Twisted Pair” (Par Trenzado sin Pantalla)
UIT-T	“Unión Internacional de Telecomunicaciones – Telefonía”.

URL	“Unidad Remota de Línea.”
VC	“Virtual Container” (Contenedor Virtual)
WAN	“Wide Area Network” (Red de Area Extensa).
WDM	“Wavelength Division Multiplexing” (Multiplexación por División de Longitud de Onda).

INTRODUCCIÓN.

El enfoque de las telecomunicaciones tal y como se observa en el mundo moderno, se orienta hacia la conversión de los servicios tradicionales. No sólo se trata de comunicar a las personas, sino de proporcionar la mejor tecnología para que esas comunicaciones sean mejores.

Lo que empezó por un desarrollo comunicacional ahora es fundamental para el manejo de datos en los entornos de sistemas de información. Ámbitos separados, los sistemas de telecomunicaciones e información crecen y se unifican. Y todo supone que esta integración se mantendrá como camino para el negocio de las empresas de las telecomunicaciones durante el próximo siglo

CANTV realiza un esfuerzo significativo por adecuar ambas áreas: el área de tecnología de comunicación, y sistemas. En comunicaciones la idea es proveer anchos de bandas y confiabilidad cada vez mayores para facilitar su uso en cualquier sector de la sociedad.

Es por esta razón y algunas otras más que CANTV apunta sus inversiones a la expansión de su fibra óptica para la transmisión de voz, data y video. Para esta organización, es necesario desarrollar un backbone de fibra óptica que interconecte a todas las centrales que ellos operan.

Básicamente, la empresa de telefonía invierte su capital en el diseño, operación y mantenimiento de los anillos de fibra óptica que permiten dar una mejor y veloz comunicación. Para permitir así conexiones muy flexibles a gran velocidad.

Con el crecimiento de la demanda de servicios y ancho de banda, surge la responsabilidad de satisfacer las necesidades de los clientes, utilizando las redes de fibra Óptica ya existentes, logrando así mantener bajos costos.

Por tal motivo, hoy en día las comunicaciones constituyen un aspecto imprescindible en el desarrollo global de la sociedad en la que nos encontramos inmersos, el desarrollo tecnológico de los últimos años y el creciente ritmo evolutivo del sector de las comunicaciones, nos impulsan a mantenernos en el auge de lo novedoso de las últimas tecnologías y eso lo maneja muy bien la Corporación CANTV.

Prueba importante de ello es el proyecto que a continuación se presenta, que al igual que muchos otros, buscan no sólo corregir, sino mejorar e incrementar el nivel de tecnologías, confiabilidad y la capacidad de servicio en la Corporación, en los servicios brindados por ella y en los mismos clientes que conforman su alto staff.

El proyecto se basa en el diseño de dos enlaces de fibra óptica para interconectar las URL'S Turumo y Mariche y para interconectar la Central Palo Verde con una derivación del enlace entre la URL Mariche y la Central la Urbina, cada uno de estos enlaces es punto a punto y tiene como finalidad brindar respaldo ante cualquier corte de fibra óptica y proporcionar más seguridad a la información, debido a que el tráfico será conmutado sin interrumpir el servicio.

Estos dos nuevos enlaces de fibra óptica, proporcionaran a CANTV un nuevo anillo de fibra óptica para su red urbana. Las tecnologías de capa física o de medio de transporte que se tienen previsto usar para este enlace son SDH y Metro Ethernet. Este nuevo anillo de la red urbana de CANTV, resolverá en forma directa los problemas en cuanto a la interrupción del servicio de tres casos en específico que abordaremos más afondo en el desarrollo del proyecto, entre los cuales podemos destacar:

Caso 1: Palo Verde-La Urbina-Petare.

Caso 2: Turumo-La Urbina-Guarenas.

Caso 3: La Urbina-Mariche.

Cada uno de estos casos presenta una problemática en particular que se resolverá con el diseño de estos dos nuevos enlaces de fibra óptica. Es por esta razón que para la realización de este proyecto es necesario conocer ciertos aspectos en particular tales como:

- Conocimiento de las tecnologías SDH y Ethernet.
- Conocimiento de los diferentes tipos de fibra óptica y de los diferentes tipos de conectores.
- Conocimiento de los diferentes tipos de canalizaciones y de los métodos de empalme de fibras ópticas.
- Obtención de herramientas como planos, diagramas e imágenes de la región, que nos permita visualizar las rutas y lugares estratégicos para la realización del diseño.

La finalidad que persigue este diseño es crear las bases teóricas para que de esta manera CANTV pueda evaluarlas y aprobarlas. Para que posteriormente nuestra propuesta sea implementada.

CAPITULO I.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

1. Antecedentes y Justificación.

La Empresa de Telecomunicaciones CANTV, posee una demanda de usuarios que ha ido creciendo vertiginosamente con el tiempo, en ella se han ido implementando sistemas con los cuales se pueden aumentar la eficiencia y capacidad de los servicios, aunado a la creación de sistemas de protección, automatización y control del sistema de transmisión.

La problemática se presenta debido a que el cable de fibra óptica que contienen los hilos de interconexión tanto principales como de respaldo se encuentran en la misma canalización y esto afecta indudablemente el servicio en caso de corte, nuestro diseño se basa en crear un nuevo camino redundante que funcione como respaldo y que se encuentre canalizado por otra ruta totalmente independiente a la anterior.

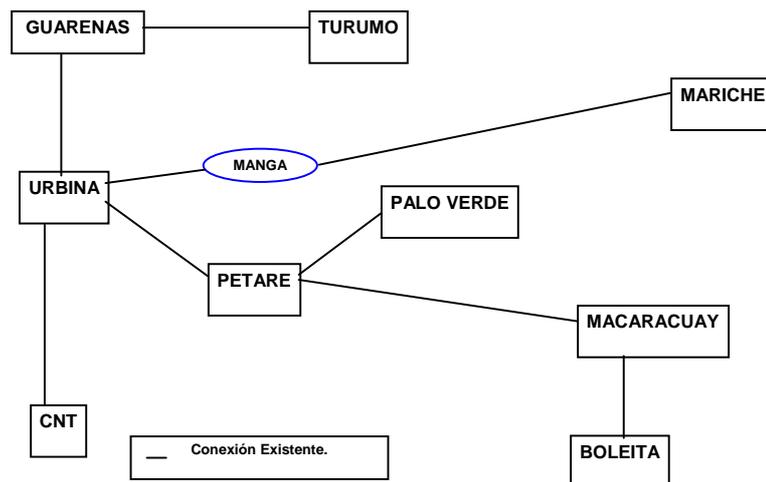


Figura 1.1 Situación Actual del Anillo.

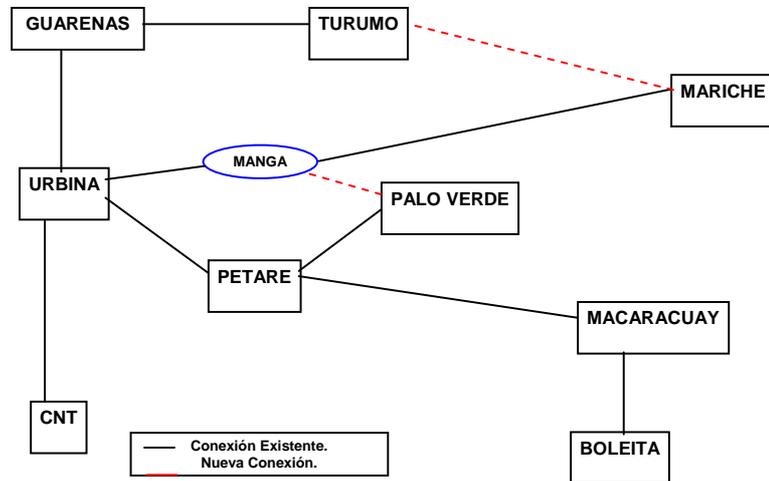


Figura 1.2 Situación Futura del Anillo.

Para la ejecución del enlace de Fibra Óptica como respaldo al anillo SDH de la red urbana de CANTV, es necesario dividir las labores en tres casos específicos, según su importancia y problemática, entre los cuales podemos destacar:

- Caso 1: Palo Verde-La Urbina-Petare.
- Caso 2: Turumo-La Urbina-Guarenas.
- Caso 3: La Urbina-Mariche.

Caso 1: Palo Verde-La Urbina- Petare.

La problemática que se esta presentado es que solo existe un cable de Fibra Óptica con 8 hilos con conexión punto a punto que no se encuentra en anillo, desde la central Palo Verde hacia Petare los cuales están conectados con equipos PDH y SDH Ericsson. Además ya se realizo la interconexión de un segundo cable de Fibra Óptica que consta de 24 hilos, entre Palo Verde y Petare para el anillo Metro-

Ethernet, el cual se añade al problema de la no existencia de dicho anillo de Fibra Óptica entre ambas centrales.

Caso 2: Turumo-La Urbina-Guarenas.

Este enlace está construido sobre la base de Fibra Óptica interurbana que conecta el CNT¹ y la central Trapichito en Guarenas, del cual se derivan 4 hilos en una manga ubicada frente al Terminal de Oriente quedando fuera del anillo de Fibra Óptica. Es por ello que cada vez que se realiza un corte en CNT-Trapichito está última central queda fuera de servicio.

Caso 3: La Urbina-Mariche.

La problemática que se esta presentado es que este enlace se encuentra también punto a punto y transmite información de vital importancia entre ambas centrales. Entre las que se encuentra información concerniente a varias radio bases de Movilnet.

Por tal motivo cada vez que existe un corte de dicho enlace, varias radio bases de Movilnet permanecen desconectadas.

En base a esta problemática es necesario el diseño y posterior implementación de dos enlaces de Fibra Óptica, el primero de ellos entre Mariche-Turumo y el segundo de ellos entre Mariche-Palo Verde, todo esto para solventar dichos problemas y que pueda proporcionar respaldo al anillo entre Turumo, Palo Verde, La Urbina y Mariche en la red urbana de CANTV, de tal forma que exista un camino de redundancia entre centrales para poder realizar una conmutación de tráfico, ante cualquier eventualidad, sin interrupción del sistema logrando así aumentar la confiabilidad del mismo.

¹ CNT "Centro Nacional de Telecomunicaciones".

2. Objetivos del Proyecto.

2.1. Objetivo General.

Diseñar un enlace de Fibra Óptica como respaldo al anillo entre Turumo, Palo Verde, La Urbina y Mariche en la red urbana de CANTV, a través de la red SDH, de tal forma que exista un camino de redundancia entre centrales para poder realizar una conmutación de tráfico, ante cualquier eventualidad, sin interrupción del sistema logrando así aumentar la confiabilidad del mismo.

2.2. Objetivos Específicos.

- Establecer y definir las unidades involucradas en el enlace de Fibra Óptica entre las centrales Turumo, Palo Verde, La Urbina y Mariche.
- Diseñar un enlace de Fibra Óptica entre las centrales Turumo, Palo Verde, La Urbina y Mariche para aumentar la confiabilidad del enlace existente, del tal forma que exista una conmutación del tráfico sin interrupción del sistema.
- Realizar un estudio de compatibilidad con los equipos de la planta instalada.
- Realizar un estudio de factibilidad entre el estándar SDH y PDH, para permitir el transporte y gestión de gran cantidad de tipos de tráfico diferentes sobre la infraestructura física.
- Recopilar información concerniente a los servicios y tipos de clientes que se interconectan por dicho medio para que estos puedan ser monitoreados por el COR (Centro de Operación de la Red), ante la ocurrencia de cualquier eventualidad.
- Establecer las recomendaciones para la implementación del enlace de Fibra Óptica entre Turumo, Palo Verde, La Urbina y Mariche para elaborar el informe final.

3. Metodología del Trabajo.

Fase 1

- Estudiar la topología actual del enlace de Fibra Óptica entre Turumo-La Urbina, Mariche-La Urbina y Palo Verde-Petare-La Urbina para precisar los alcances, las limitantes, las ventajas y las desventajas.
- Recopilar información mediante informes, planos, manuales, Internet e intranet, concerniente a la configuración y estructura del enlace de Fibra Óptica entre las centrales Turumo-La Urbina, Mariche-La Urbina y Palo Verde-Petare-La Urbina.
- Estudio del estándar SDH y PDH, su conjunto de estructuras de datos jerárquicas, frames síncronos STM, para permitir el transporte y gestión de gran cantidad de tipos de tráfico diferentes sobre la infraestructura física.

Fase 2

- Estudio de las bases que permiten la interconexión de las centrales Turumo-La Urbina, Mariche-La Urbina y Palo Verde-Petare-La Urbina, a través de la red SDH.
- Estudio de confiabilidad y de tráfico de los enlaces existentes entre las centrales Turumo, Palo Verde, La Urbina y Mariche para el diseño del nuevo enlace de Fibra Óptica.

Fase 3

- Identificación de los equipos de planta instalados en todas las centrales y su compatibilidad para sustituir los sistemas PDH por SDH.
- Estudio de la topología actual de los Anillos SDH de Transmisión Urbana, para definir la ruta mas adecuada del enlace de Fibra Óptica.

Fase 4

- Recolección de información concerniente a los servicios y tipos de clientes que se interconectan por dicho medio para que estos puedan ser monitoreados

por el COR (Centro de Operación de la Red), ante la ocurrencia de cualquier eventualidad.

- Diseño y dimensionamiento del sistema basado en cálculos de atenuación, dispersión cromática y niveles de potencia.

Fase 5

- Visita al COR (Centro de Operaciones de la Red), con el fin de realizar el estudio previo, para llevar a cabo la configuración de las señales para que el nuevo enlace de Fibra Óptica pueda ser monitoreado.

Fase 6

- Conclusiones, recomendaciones para trabajos futuros y elaboración del Informe Final.

4. Limitaciones del Trabajo.

El desarrollo del proyecto se llevará a cabo en las instalaciones del centro nacional de telecomunicaciones (CNT) de CANTV, en el edificio de Equipos II, Piso 4, en la Unidad de Operaciones y Mantenimiento de Transmisión Urbana Unidad Fibra Óptica donde se encuentra a disposición toda la documentación técnica necesaria así como el apoyo del personal técnico especializado. Las pruebas que se necesiten efectuar durante el desarrollo del proyecto se llevarán a cabo principalmente en las salas del edificio de Equipos II del CNT en CANTV ubicado en la Av. Libertador y en las centrales, Palo Verde, La Urbina y en las URL'S Mariche y Turumo.

Tomando en cuenta la distribución del tiempo que se ha asignado a las diversas actividades a desempeñar a lo largo del desarrollo del proyecto y considerando que la dedicación será a tiempo completo, así como el apoyo técnico y humano que ofrece la Unidad de operación y mantenimiento de Transmisión Urbana de la CANTV unidad Fibra Óptica, se hace factible la realización y culminación del

proyecto en el tiempo que se especifica detalladamente en el cronograma de actividades.

5. Descripción de la Empresa donde se realizó el Proyecto.

5.1 Nombre de la Empresa.

Compañía Anónima Nacional de Teléfonos de Venezuela (CANTV).

5.2 Descripción de la Empresa.

CANTV es la compañía privada más grande de Venezuela. Desde su privatización en 1991, la compañía ha experimentado una constante transformación para convertirse en una empresa competitiva, con altos niveles de calidad en la oferta de sus productos y servicios de transmisión de voz, datos, acceso a internet, telefonía celular y directorios de información. Todos ellos enfocados con un profundo conocimiento de las necesidades de sus clientes.

Los cambios han sumido a CANTV en un proceso de integración con sus empresas asociadas, que ya comienzan a dar sus frutos. Movilnet, Cantv.net y Caveguías forman un frente único con la Corporación CANTV para aprovechar las sinergias y ofrecer a sus clientes soluciones integrales a sus necesidades de telecomunicaciones sean estas comunicaciones inalámbricas, fijas, transmisiones de datos, Internet o servicios de información y directorios telefónicos.

La empresa Movilnet ha sabido transformar en oportunidades los retos de un mercado altamente competitivo, hasta lograr un crecimiento sustancial de su participación de mercado a un 40% en el año 2001, gracias al lanzamiento de innovadores productos y atractivas promociones que resaltan las bondades de la comunicación móvil.

Cantv.net, la empresa proveedora de servicios de Internet, domina para finales del 2001, el 53% del mercado de oferta de acceso a la red de redes y ofrece a sus usuarios la velocidad de la tecnología más avanzada y la confiabilidad de la

infraestructura de telecomunicaciones más completa del país. Caveguías se alinea con las estrategias globales de la Corporación CANTV al proveer a los clientes los servicios de información de mayor cobertura a través de la publicación de directorios impresos y electrónicos.

Cada una de las empresas ha aportado sus fortalezas para permitir la presencia, cada vez más comprometida, de la Corporación CANTV en la vida cotidiana de los venezolanos.

5.3. Misión y Visión de la Empresa.

Misión.

Mejoramos la calidad de vida de la gente en Venezuela al proveer soluciones de comunicaciones que exceden las expectativas de nuestros clientes.

Visión.

Ser el proveedor preferido de servicios integrales de telecomunicaciones de Venezuela, y satisfacer plenamente las necesidades específicas de nuestros clientes, siempre bajo exigentes patrones de ética y rentabilidad.

5.4 Objetivos de la Empresa.

- Ser el proveedor dominante de soluciones integrales de telecomunicaciones en el mercado, defendiendo la marca y el cliente.
- Aplicar la tecnología para responder oportunamente a las necesidades y requerimientos del mercado.
- Crear y mantener ventajas competitivas mediante el manejo de la información de nuestra base de clientes.
- Crear y mantener ventajas competitivas basadas en la calidad de los recursos humanos y servicios.

5.5. Valores de la organización.

Compromiso con la organización.

- Estamos comprometidos con nuestra visión de “ser el proveedor preferido de servicios integrales de telecomunicaciones de Venezuela, y satisfacer plenamente las necesidades específicas de nuestros clientes, siempre bajo exigentes patrones de ética y rentabilidad”.
- Cumplimos con excelencia nuestra misión de "mejorar la calidad de vida de la gente en Venezuela al proveer soluciones de comunicaciones que excedan las expectativas de nuestros clientes".
- Trabajamos coordinadamente y en equipo y establecemos alianzas entre todas las empresas y unidades de la corporación, para ofrecer respuestas más eficientes al mercado y al cliente y garantizar el mayor rendimiento a nuestros accionistas.
- Estimulamos la participación, fomentamos un ambiente creativo y cordial y nos sentimos orgullosos de pertenecer a la mejor empresa de telecomunicaciones.
- Mantenemos una comunicación abierta con nuestros clientes, accionistas, proveedores, compañeros de trabajo, supervisores y supervisados.

Orientación al negocio, al servicio y al cliente.

- Conocemos las características específicas de cada uno de nuestros clientes, entendemos sus necesidades y les buscamos las soluciones más efectivas, incluso con anticipación, porque ellos constituyen nuestra razón de ser.
- Atendemos con rapidez y cordialidad los planteamientos de nuestros clientes, a los cuales les damos respuestas efectivas que los hagan sentirse plenamente satisfechos.
- Entendemos nuestro negocio, estudiamos permanentemente el comportamiento del mercado, la competencia y el entorno, y evaluamos las tendencias mundiales de la industria de telecomunicaciones, por lo que

tenemos una capacidad de adaptación tecnológica y organizacional que nos hace flexibles y eficientes.

Responsabilidad por resultados.

- Tomamos decisiones a tiempo ante las distintas situaciones que se nos presentan, basados en las mejores prácticas, en las normas y procedimientos, y en el análisis de sus consecuencias.
- Cumplimos los compromisos que asumimos con nuestros clientes internos y externos, y somos responsables por los resultados de nuestras decisiones y actuaciones.
- Ejecutamos las tareas que asumimos dentro de los plazos establecidos con los niveles de calidad acordados.
- Buscamos resultados que garanticen la rentabilidad de la inversión de nuestros accionistas, de cuya comunidad nos sentimos orgullosos de pertenecer.

Alto nivel de profesionalismo.

- Somos excelentes profesionales y técnicos que hacemos nuestro trabajo con la mayor calidad, precisión y amor por el detalle.
- Actuamos con transparencia, honestidad, apego a las leyes y ética ante nuestros clientes y proveedores, compañeros de trabajo, supervisores y supervisados.
- Mejoramos continuamente nuestros procesos, nuestro desempeño y nuestros conocimientos, y participamos activamente en los planes de desarrollo y formación corporativos.

Responsabilidad social.

- Somos una organización cuyos trabajadores, a través de los productos y servicios que ofrecemos, contribuimos significativamente a desarrollar el país y a mejorar la calidad de vida de sus habitantes; y entendemos que nos

desempeñamos en un entorno socio-económico del cual somos parte y con el cual interactuamos permanentemente.

- Ejercemos una responsabilidad social no sólo cuando cumplimos con excelencia nuestra misión dentro de la organización, sino también cuando comprendemos la realidad de la comunidad y cuando voluntariamente participamos en iniciativas sociales y ciudadanas que impactan positivamente en ella.
- Promovemos, valoramos y reconocemos las conductas asociadas a nuestra vocación comunitaria como un elemento diferenciador de nuestra organización, pues es parte de nuestra razón de ser.

5.6. Estructura Organizativa.

El organigrama de la corporación CANTV está compuesto por un modelo estructural. El modelo estructural genera una serie de oportunidades, establece los criterios de delegación de autoridad y control, muestra claramente la relación jerárquica, lo que brinda estabilidad a la organización y permite eficacia. A continuación presentamos en forma breve el organigrama donde se encuentra la Gerencia de Transmisión Urbana Región Capital.

Gerencia General de Tecnología y Operaciones.

- Gerencia de Direccionamiento Tecnológico.
- Gerencia de Planificación.
- Gerencia de Ingeniería y Construcción de Redes.
- Gerencia de Ingeniería Desarrollo y Construcción.
- Gerencia de Gestión de la Calidad y el Desempeño.
- Gerencia de Operaciones Centralizadas.
- Gerencia de Operaciones Regionales.
 - Gerencia de Transmisión Urbana Región Capital.

- ✓ Unidad de Operaciones y Mantenimiento de Transmisión Urbana Unidad Fibra Óptica.

Transmisión Urbana Región Capital.

La Gerencia de Transmisión Urbana Región Capital se encarga de la operación y mantenimiento de la red urbana a nivel de la Gran Caracas mediante la red PDH y SDH. Esta Gerencia es de suma importancia para la compañía, ya que a través de su personal altamente calificado mantiene y opera la red de toda la Gran Caracas.

Funciones de la Unidad de Operaciones y Mantenimiento de Transmisión Urbana.

- Realizar un Plan de Mantenimiento Preventivo y Correctivo.
- Pruebas de Protecciones.
- Reflectometría en las Fibras Ópticas.
- Atención de reportes enviados por el COR, en un tiempo máximo de dos horas.
- Instalación de Ordenes de Servicio.
- Velar por el buen estado de la infraestructura de las salas de transmisión.

Objetivo General de la Unidad de Operaciones y Mantenimiento de Transmisión Urbana.

Operar y mantener la red de interconexión digital y analógica, perteneciente al Área Metropolitana y al Estado Vargas.

Objetivos Específicos.

- Ejecutar reparos en el menor tiempo posible de todas aquellas fallas que se puedan presentar.
- Combinar tecnología de punta y eficiencia, para lograr el mejor servicio, superando constantemente los estándares exigidos por el cliente.

- Adiestrar a todo el personal técnico en nuevas tecnologías y técnicas de acceso que permitan aumentar la velocidad de transmisión de datos.

CAPITULO II.

PRINCIPIOS BÁSICOS DE FIBRA ÓPTICA.

1. Introducción a la Fibra Óptica.

La Historia de la comunicación por Fibra Óptica es relativamente corta. En 1977, se instaló un sistema de prueba en Inglaterra; dos años después, se producían ya cantidades importantes de pedidos de este material. Antes, en 1959, como derivación de los estudios en Física enfocados a la óptica, se descubrió una nueva utilización de la luz, a la que se denominó rayo láser, que fue aplicado a las telecomunicaciones con el fin de que los mensajes se transmitieran a velocidades inusitadas y con amplia cobertura. Sin embargo esta utilización del láser era muy limitada debido a que no existían los conductos y canales adecuados para hacer viajar las ondas electromagnéticas provocadas por la lluvia de fotones originados en la fuente denominada láser. Fue entonces cuando los científicos y técnicos especializados en óptica dirigieron sus esfuerzos a la producción de un canal, conocido hoy como la fibra óptica. En 1966 surgió la propuesta de utilizar una guía óptica para la comunicación. Esta forma de usar la luz como portadora de información se puede explicar de la siguiente manera:

Se trata en realidad de una onda electromagnética de la misma naturaleza que las ondas de radio, con la única diferencia que la longitud de las ondas es del orden de micrómetros en lugar de metros o centímetros.

La luz tiene una capacidad de información 10000 veces mayor que las radiofrecuencias más altas. Dadas estas características, los investigadores a mediados de los años 60 proponen que la fibra óptica sea un medio conveniente para la transmisión. Sin embargo hay un inconveniente, y este era la pérdida de potencia de la señal cuando se trabaja con fibra de vidrio. Finalmente en 1970, se produce la primera fibra con una atenuación menor a 20 decibeles por kilómetro (dB/Km), con

un umbral necesario para hacer de la fibra óptica una tecnología viable aplicada a las comunicaciones.

Otros avances en las fibras ópticas se rigen al uso de regiones específicas en el espectro radioeléctrico donde la atenuación es baja. Estas regiones son llamadas ventanas y se ubican entre las áreas de alta absorción. Los primeros sistemas fueron desarrollados para operar alrededor de los 850 nm que representa la primera ventana en la fibra óptica basada en silicio o silice. La segunda ventana (banda S) de 1310 nm, rápidamente demostró su superioridad debido a su atenuación más baja; es seguida por la tercera ventana (banda C) de 1550 nm, con una pérdida óptica más baja y uniforme. Actualmente la cuarta ventana (banda L) ubicada cerca de los 1625 nm, está bajo desarrollo y pronto despliegue.

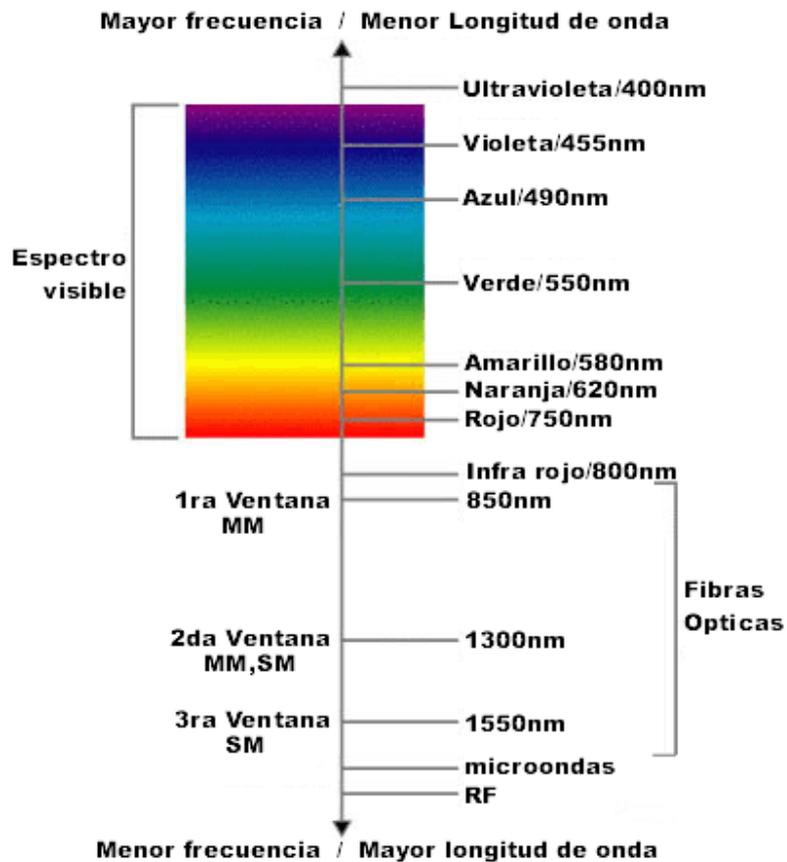


Figura 2.1 Ventanas del espectro electromagnético.

2. ¿Qué es la Fibra Óptica?

Antes de explicar directamente que es la fibra óptica, es conveniente resaltar ciertos aspectos básicos de óptica. La luz se mueve a la velocidad de la luz en el vacío, sin embargo, cuando se propaga por cualquier otro medio, la velocidad es menor. Así, cuando la luz pasa de propagarse por un cierto medio a propagarse por otro determinado medio, su velocidad cambia, sufriendo además efectos de reflexión y de refracción. La luz, además de cambiar el módulo de su velocidad, cambia de dirección de propagación.

Dependiendo de la velocidad con que se propague la luz en un medio o material, se le asigna un Índice de Refracción "n", 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. El índice de refracción de un material se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$n = C_0/v$$

n : índice de refracción del medio en cuestión.

c₀ : velocidad de la luz en el vacío (3×10^8 m/s).

v : velocidad de la luz en el medio en cuestión

Es decir que es la relación entre la velocidad de la luz en el vacío y en el medio. Dado que la velocidad de la luz en cualquier medio es siempre menor que en el vacío, el índice de refracción será un número siempre mayor que 1.

- ✓ En el vacío: $n=1$.
- ✓ En otro medio: $n>1$.

Para poder entender un poco más acerca de la transmisión de luz en fibras ópticas es necesario conocer una ley de refracción, conocida como "**Ley de Snell**".

$$n_1 \cdot \text{sen } \alpha_0 = n_2 \cdot \text{sen } \alpha$$

α_0 : ángulo entre el haz incidente y la normal (perpendicular) a la superficie

α : ángulo entre el haz refractado y la normal a la superficie

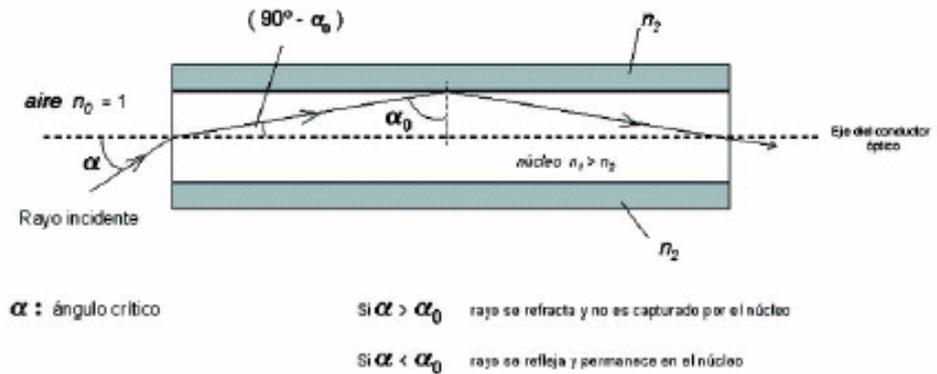


Figura 2.2 Principio de reflexión total interna en la fibra óptica

Esta fórmula nos dice que dados dos medios con índices n_1 y n_2 , si el haz de luz incide con un ángulo mayor que un cierto ángulo límite 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 siguiente.

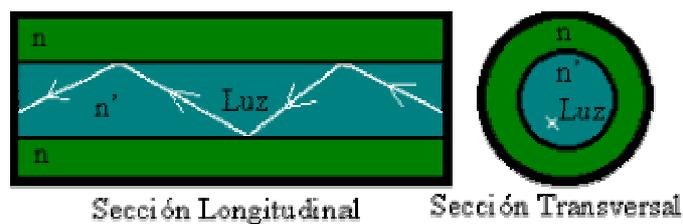


Figura 2.3 Secciones de una Fibra Óptica.

La Fibra Óptica consiste por tanto, en un cable de este tipo en el que los materiales son mucho más económicos que los convencionales de cobre en telefonía, de hecho son materiales ópticos mucho más ligeros y además los cables son mucho

más finos, de modo que pueden ir muchos más cables en el espacio donde antes solo iba un cable de cobre. Es entonces donde se presenta la definición de un cable de fibra óptica.

Un cable de fibra óptica no es más que un conjunto de filamentos de vidrio compuestos de cristales naturales ó cristales artificiales, del espesor de un cabello (entre 10 y 300 micrones). Llevan mensajes en forma de haces de luz que realmente pasan a través de ellos de un extremo a otro, donde quiera que el filamento vaya, incluyendo curvas y esquinas sin interrupción.



Figura 2.4 Fibra Óptica.

Las fibras ópticas pueden ahora usarse como los alambres de cobre convencionales, tanto en pequeños ambientes autónomos tales como: sistemas de procesamiento de datos de aviones, así como en grandes redes geográficas como los sistemas de largas líneas urbanas mantenidos por compañías telefónicas.

3. Parámetros característicos de las fibras ópticas.

Se clasifican en:

1. **Parámetros Estáticos**, son constantes a lo largo de la fibra, pueden ser ópticos o geométricos.

2. **Parámetros Dinámicos**, definen el grado de distorsión que sufre la señal luminosa en su propagación guiada: son la atenuación y la dispersión temporal.

Parámetros Estáticos.

➤ **Parámetros ópticos.**

Perfil de índice de refracción.

Las técnicas de fabricación de las fibras ópticas con sus distintos perfiles de índices de refracción persiguen mejorar las características de transmisión, entre otras, lograr la menor atenuación posible (casi nula), un gran ancho de banda y el confinamiento de la mayor cantidad de luz hacia el eje de la fibra.

Si los índices del núcleo y del revestimiento son constantes la fibra se denomina de Salto de Índice o Índice Escalonado, si el diámetro de esta fibra se hace tan pequeño que solo accede a él un modo de propagación, la fibra es Monomodo de perfil de índice escalonado, este es precisamente el perfil de índice de refracción de la fibra que se utilizará para interconectar las URL'S y la Central Palo Verde.

Entre ellas según su calidad existen las fibras Normal, Standard y Premium, de costos obviamente diferentes de allí que la utilización de una u otra dependa de la longitud del enlace, velocidad de transmisión y calidad requerida de transmisión de cada proyecto en particular.

En este Proyecto se utilizará la fibra Sumitomo Standard Monomodo debido a que su costo es aproximadamente del 50% del costo de la fibra de Dispersión Desplazada, aunque posee una atenuación por km de aproximadamente 0,1dB mayor que esta. Debido a que el enlace es urbano o local, esta atenuación adicional es tolerable.

La máxima atenuación por fibra, en un cable de fibra óptica, cuando está normalizada a una longitud de un (1) Km, con una longitud de onda de 1300nm puede estar en un rango de 0,3dB/Km a 0,8dB/km.

Las fibras monomodo, están diseñadas de manera que el diámetro del núcleo sea muy pequeño en comparación con la longitud de onda.

Si otros modos acceden a la fibra o son generados una vez en su interior, son rápidamente disipados como modos extraviados en el revestimiento, sufren grandes pérdidas en dBm/m en comparación con los 0,2 a 0,5 dBm/km del modo guiado por el núcleo.

Debido a que la velocidad de grupo de los dos modos es diferente, la energía reconvertida no está en fase con el modo fundamental y se manifiesta en si misma como una señal de interferencia o ruido, al que se denomina “ruido modal”. Por esta razón, debe preverse longitud de cable suficiente en las fosas y lugares donde se efectúe el empalme con el fin de rehacerlo si es necesario y no aumentar el número de empalmes, o lo que es lo mismo, disminuir la distancia entre ellos, esto con el fin de que el segundo modo se atenúe rápidamente. Estas consideraciones también se aplican a conectores (como pigtail o patch cords) que se utilizan en conexiones provisionales de medio tramo, terminaciones de la fibra y conexiones con equipos terminales e intermedios. Afortunadamente, la longitud de los cables de fibra óptica y las fibras herméticamente estiradas (como en pigtails y patch cords) tienen un nivel de corte más bajo que los empíricos o sugeridos. El problema planteado no es grave en sistemas con velocidades superiores a 1 Gb/s, que en nuestro caso es conveniente ya que se trabajara con velocidades inferiores a esta.

➤ **Parámetros geométricos.**

Los parámetros geométricos que se enunciarán a continuación, proceden de las especificaciones de CANTV para las fibras ópticas.

1. Diámetro del núcleo: 50 μm , la tolerancia será de ($\pm 6\%$).
2. Diámetro del revestimiento: $125 \pm 2 \mu\text{m}$.
3. Diámetro de Campo Monomodo: $9,5 \pm 0,5 \mu\text{m}$.
4. Diámetro de la cubierta de protección: $300 \mu\text{m} \pm 30 \mu\text{m}$.
5. Error de concentricidad: $< 6\%$ o $1 \mu\text{m}$.
6. No-circularidad del núcleo: $\leq 6\%$.
7. No-circularidad del revestimiento: $< 2\%$.

Parámetros Dinámicos.

➤ Atenuación.

Los parámetros determinantes en la velocidad de transmisión son la atenuación y el ancho de banda, de modo que el objetivo es disminuir el primero y aumentar el segundo.

En todo proceso de transmisión, la señal experimenta una disminución de la energía. Esta pérdida de energía, es función de la distancia a la cual es transmitida y su medida expresada en dB, es lo que se conoce con el nombre de Atenuación. La atenuación no varía linealmente con la longitud de onda, esta variación motiva la aparición de “ventanas”. Se conoce por “ventanas”, aquellas zonas del espectro donde la atenuación alcanza valores sensiblemente pequeños.

Se conocen tres ventanas: la **primera**, centrada en 850 nm; la **segunda**, en torno a 1300 nm; y la **tercera**, que corresponde a una longitud de onda de 1500 nm. En la interconexión de las URL'S y la Central, se trabajará en la segunda ventana (1300 nm), debido a que se trata de un enlace local; cuando CANTV realiza enlaces interurbanos, la ventana de trabajo es la tercera, pues la atenuación en ella es aún menor, pero los equipos son más costosos.

Las fibras no presentan distorsión de amplitud, por lo que todas las componentes espectrales de la señal de información se atenúan por igual y según la atenuación correspondiente a la longitud de onda de trabajo, λ . En nuestro caso 1300 nm correspondientes a una frecuencia de $2,31 \times 10^{14}$ Hz.

Las pérdidas de luz en la fibra pueden estar motivadas por defectos en la composición del vidrio (intrínsecas), método de fabricación, materiales utilizados y protección mecánica provista para la fibra, representan el límite teórico y no pueden eliminarse; o por impurezas, defectos en la geometría de la fibra, defectos de cableado, curvaturas y longitud de onda de operación del transmisor LASER o del LED, (pérdidas extrínsecas).

3.1 Perfil de índice de refracción.

Las técnicas de fabricación de las fibras ópticas con sus distintos perfiles de índices de refracción persiguen mejorar las características de transmisión, entre otras, lograr la menor atenuación posible (casi nula), un gran ancho de banda y el confinamiento de la mayor cantidad de luz hacia el eje de la fibra. Si los índices del núcleo y del revestimiento son constantes la fibra se denomina de Salto de Índice o Índice Escalonado, si el diámetro de esta fibra se hace tan pequeño que solo accede a él un modo de propagación, la fibra es monomodo de perfil de índice escalonado.

Se han obtenido distintos tipos de fibras como resultado del dopaje del material del núcleo de la fibra con lo cual se ha logrado añadir resistencia al mismo así como también disminuir los efectos de la atenuación producidos por las impurezas presentes, entre los distintos tipos de fibras obtenidos mediante este proceso se cuentan: fibras con núcleo dopado con Germanio, fibras con núcleo de Sílice puro y la más reciente la fibra de Dispersión Desplazada (Dispersión Shifter Fiber). Entre ellas según su calidad existen las fibras Normal, Standard y Premiun, de costos obviamente diferentes de allí que la utilización de una u otra dependa de la longitud del enlace, velocidad de transmisión y calidad requerida de transmisión de cada proyecto en particular. La máxima atenuación por fibra, en un cable de fibra óptica, cuando está normalizada a una longitud de un (1) Km, con una longitud de onda de 1300 nm puede estar en un rango de 0,3dB/Km a 0,8dB/km.

Las fibras monomodo, están diseñadas de manera que el diámetro del núcleo sea muy pequeño en comparación con la longitud de onda.

En este tipo de fibras el 80% de la energía óptica se mantiene en el núcleo y el 20% restante en el revestimiento, para una longitud de onda de 1300 nm, mientras que para una longitud de onda de 1550 nm el 70% de la energía se mantiene en el núcleo y el 30% restante en el revestimiento. Puede por tanto considerarse favorable el uso de una longitud de onda de 1300 nm en fibras monomodo, ya que concentra mayor cantidad de energía en el núcleo.

Si otros modos acceden a la fibra o son generados una vez en su interior, son rápidamente disipados como modos extraviados en el revestimiento, sufren grandes

pérdidas en dBm/m en comparación con los 0,2-0,5 dBm/km del modo guiado por el núcleo.

3.2 Apertura Numérica.

La apertura numérica es un parámetro indicador de la cantidad de luz o de energía óptica que es capaz de aceptar una fibra óptica.

Se define como:

$$AN = n_0 \cdot \text{sen } \alpha$$

donde α es el “ángulo límite de aceptación” o “ángulo máximo de entrada” y n_0 es el índice de refracción del medio circundante.

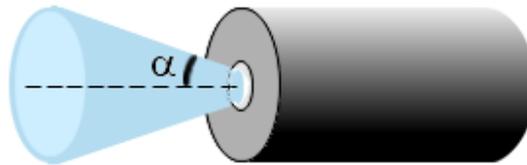


Figura 2.5 Cono de Aceptancia.

El valor óptimo de la apertura numérica dependerá de la aplicación particular para la cual ha de utilizarse la fibra y en particular de la eficacia requerida del acoplamiento de la fuente, de la mayor atenuación debida a los efectos de la microflección que pueden tolerarse y de la respuesta global requerida en banda base. Los valores nominales empleados regularmente son 0,2 ó 0,23.

Apertura Numérica.

La apertura numérica es un parámetro indicador de la cantidad de luz o de energía óptica que es capaz de aceptar una fibra óptica.

Según las especificaciones de CANTV, la máxima apertura numérica será:

$$0,2 \pm 0,02 \mu\text{m}.$$

Según las especificaciones CANTV, para cables de fibra óptica en ductos y aéreos, y para longitudes de onda comprendidas entre 1100 y 1300 nm la atenuación de la fibra será menor que:

1. Atenuación de Transmisión (1300nm): $\leq 0,5$ dB/km.
2. Desviación Estándar Máxima: $\leq 0,05$ dB/km.
3. Atenuación Incremental: $\leq 0,05$ dB/Km.

3.3. Atenuación.

Se define así a la pérdida de potencia óptica. La atenuación puede ser inherente a la fibra, por absorción de impurezas naturales o scattering (impurezas que perturban el pasaje de la luz y la dispersan), o puede deberse a fuentes externas tales como microcurvas ó macrocurvas.

La atenuación de una sección elemental de cable viene dada por:

$$A = \sum_{n=1}^m \alpha_n * L_n + a_S * X + a_C * y$$

α_n es el coeficiente de atenuación de la n -ésima fibra en la sección elemental del cable.

L_n es la longitud de la n -ésima fibra.

m es el número total de fibras concatenadas en la sección elemental del cable.

a_S es la pérdida por empalme.

X es el número de empalmes en la sección elemental del cable.

a_C es la pérdida media de los conectores de línea.

y es el número de conectores de línea en la sección elemental del cable.

A continuación se describen brevemente las principales causas de Atenuación.

Pérdidas por Absorción Intrínseca: Se debe a la interacción entre fotones y vibraciones moleculares. Ocasiona que, parte de la potencia óptica se disipe en la fibra en forma de calor. Esta absorción es importante por debajo de 800 nm (ultravioleta) y por encima de 1100 nm (infrarrojo).

Pérdidas por Esparcimiento Intrínseco o Esparcimiento Rayleigh: Están originadas por fluctuaciones aleatorias en el índice de refracción, de tamaño menor que la longitud de onda. Cuando la luz se propaga en un medio que posee pequeñas partículas y choca contra estas y las ilumina de modo que la luz se emite en direcciones diferentes a la dirección de propagación. El pequeño porcentaje de luz que se propaga en dirección a la fuente, es la energía usada por el Reflectómetro Óptico de Dominio en el Tiempo (OTDR), para localización de fallas en la fibra.

Esta atenuación es inversamente proporcional a la cuarta potencia de la longitud de onda, la fuerte reducción de estas pérdidas con la longitud de onda de trabajo, según λ^4 , es una de las causas que motivan la aparición de la segunda ventana en torno a 1300nm. Su valor típico para una longitud de onda de 1300nm, es 0,3 dB/km.

Pérdidas Extrínsecas: Son motivadas por defectos de fabricación, tales como:

- Contaminación del vidrio.
- Curvado de la fibra.
- Irregularidades periódicas en la geometría de la fibra.

Pérdidas por contaminación del vidrio: La presencia de grupos OH^- y de iones metálicos en el vidrio base origina una absorción de potencia óptica. Las exigencias de pureza en cuanto a iones metálicos es de una parte por millón, originan una atenuación de 1 dB/km, que es independiente de la longitud de onda.

Los grupos OH^- , causan pérdidas por absorción motivada por la resonancia de su estructura atómica a 2720 nm; esta resonancia causa armónicos, y en consecuencia picos de atenuación a 1380, 950 y 720 nm. A 1380 nm la atenuación es mayor de 3 dB/km, por lo que el uso de la segunda ventana (1300nm) está limitado por este factor.

Pérdidas por Curvado de la Fibra: Siempre que la fibra se ve sometida a una curvatura o pandeo se origina una atenuación adicional al producirse una fuga de

modos que en condiciones normales permanecerían sin salirse del núcleo. Esta atenuación varía exponencialmente con el radio de curvatura, por tanto será inapreciable hasta sobrepasar una curvatura crítica.

Según las especificaciones de CANTV, la fibra revestida no tendrá su atenuación incremental mayor de 0,05 dB cuando sea doblada 50 veces en arcos de 360° de 25 mm de radio y deberá resistir dobleces temporales (tal como sucede durante las operaciones de empalme) de 5 mm de radio sin ruptura alguna y sin un incremento residual en la atenuación.

Pérdidas por Irregularidades Geométricas de Tipo Periódico: Son originadas por defectos espaciados cuasi-periódicamente, por ejemplo, irregularidades entre el núcleo y el revestimiento, fluctuaciones de diámetro y tortuosidades del eje de la fibra en este caso llamadas pérdidas por microcurvatura, (“microbending losses”), estas últimas son causadas por un pobre diseño del cable, bajas temperaturas extremas y fuerzas localizadas (presión de los dedos y otras cargas), ocasionan acoplamiento entre modos y pérdida de la radiación luminosa. Típicamente retornan a cero cuando las fuerzas que afectan al cable son removidas.

3.4. Dispersión.

Se llama así a la dispersión temporal producida sobre una señal luminosa que viaja a través de una fibra. A causa de este efecto, puede ocurrir una degradación en la señal, causando distorsiones en el receptor, específicamente, distorsión compuesta de segundo orden.

3.5. Dispersión Temporal.

Cuando un impulso luminoso se transmite a través de una fibra óptica, experimenta un ensanchamiento en el tiempo, a este fenómeno se le conoce por “dispersión temporal”, σ . La dispersión temporal, limita el ancho de banda, y por tanto, la capacidad de la fibra para transmitir información. A partir de una velocidad

que llamaremos máxima, dicho ensanchamiento producirá solape entre impulsos consecutivos, con el consecuente incremento de la probabilidad de error.

Las unidades de la Dispersión son ps/(nm/km), este parámetro indica la cantidad de dispersión por km de longitud, por nm de ancho espectral de la fuente de luz. La Dispersión Temporal se debe a los siguientes factores:

1. Dispersión Modal, (σ_{mod}).
2. Dispersión Espectral Cromática o del Material (σ_{mat}).
3. Dispersión por Efecto de Guía de ondas (σ_{go}).

$$\sigma^2 = \sigma_{\text{mod}}^2 + (\sigma_{\text{mat}} + \sigma_{\text{go}})^2$$

3.5.1. Dispersión Modal o Intermodal.

Ocurre solo en fibras multimodo, en las fibras monomodo, se propaga un único modo, $\sigma_{\text{mod}}=0$.

3.5.2. Dispersión Espectral, del Material o Intramodal.

Como cada modo de propagación contiene todas las líneas espectrales generadas por el emisor óptico y a cada línea espectral le corresponde una longitud de onda propia, resulta que las distintas longitudes de onda de cada modo se propagan a diferente velocidad, es decir, la velocidad de propagación variará con la longitud de onda. En una guía de ondas, la velocidad de grupo varía con la longitud de onda como una consecuencia de las propiedades geométricas de la guía de ondas; para una guía de ondas circular, la dependencia es con el radio "a": a/λ .

La Dispersión Material, limita el ancho de banda de la fibra, puede ser reducida con el uso de luz monocromática, por ejemplo, diodos láser. La Dispersión Material, Cromática o Espectral, es proporcional a la distancia; por estar restringida a cada modo es llamada también "Intramodal".

La Dispersión Espectral es el retardo relativo con que la componente espectral de $\lambda-\lambda/2$ llega al extremo de la fibra óptica, con respecto a la componente

de $\lambda + \lambda/2$, habiendo accedido ambas componentes espectrales simultáneamente, formando parte de un mismo modo.

3.5.3. Dispersión por Efecto de Guía de ondas (Técnica de Dispersión Cero).

La Dispersión por efecto de guía de ondas está asociada con los efectos de guía de la estructura de la fibra, y solo es importante en las fibras monomodo. Esta Dispersión también es de carácter intramodal, estando unida en su origen físico a la dispersión cromática, y debida principalmente a la dependencia de la longitud de onda con la frecuencia normalizada. Esta dispersión se produce porque la trayectoria del modo con respecto al eje de la fibra, forma un ángulo que varía con la longitud de onda en propagación. Si varía el ángulo, varía el camino óptico, por lo que existirá un retardo relativo asociado a las componentes espectrales integrantes del modo. El comportamiento de las fibras ópticas como guía de ondas, hace que las ondas luminosas que circulan en el núcleo, se extiendan hasta el recubrimiento. El tamaño de los pulsos aumenta con la longitud de onda, esto significa que a medida que aumenta la longitud de onda el pulso se sale al recubrimiento, reduciéndose el índice de refracción efectivo.

La dispersión por efecto de guía de ondas en las fibras monomodo (diámetro del núcleo entre 5 y 8 μm) es del orden de 0,5ps/km.nm.

En las fibras monomodo, el fenómeno de la dispersión es casi nulo, pero al tener un diámetro del núcleo mucho más pequeño que el de las fibras multimodo, se incrementan las pérdidas por acoplamiento al empalmar una fibra con otra, o al acoplar la fibra a la fuente de luz. También es más notable la dispersión cromática en las fibras monomodo, dada su dependencia de la longitud de onda. Las fibras monomodo de índice escalonado, presentan mínima atenuación y dispersión cuando la longitud de onda se acerca a 1300 nm.

La Dispersión Cromática a 1300 nm es menor a 3,5 ps/Km.nm.

3.6. Dispersión Cromática.

“Diseminación de un impulso luminoso por unidad de anchura de espectro de la fuente causada en una fibra óptica por las diferentes velocidades de grupo de las diferentes longitudes de onda que componen el espectro de la fuente.”² Puede deberse a una o más de las siguientes contribuciones: dispersión debida al material, dispersión debida a la guía de ondas y dispersión debida al perfil de índice.

4. Efectos no lineales en la fibra óptica.

Entre los fenómenos no lineales más conocidos que se producen en las fibras ópticas de sílice destacan: dispersiones estimuladas de Raman y Brillouin, modulaciones de fase inducidas por las portadoras o mezclado de cuatro ondas. A continuación se describirán en detalle cada uno de ellas.

4.1. Dispersión Estimulada de Raman.

La dispersión de Raman se refiere a la interacción que sufren las ondas ópticas con las vibraciones moleculares del material. Las ondas incidentes se dispersan al chocar con las moléculas y experimentan una reducción de su frecuencia óptica. Este desplazamiento de frecuencia coincide precisamente con la frecuencia de vibración de las moléculas (llamada frecuencia de Stokes). Una cuestión a tener en cuenta se produce cuando se inyectan simultáneamente dos ondas ópticas separadas por la frecuencia de Stokes en un medio Raman activo. En este caso, la onda de menor frecuencia experimentará una ganancia óptica generada por, y a expensas, de la onda de mayor frecuencia (bombeo). Este proceso de ganancia se conoce como dispersión estimulada de Raman (SRS, stimulated Raman scattering) y constituye la base para la fabricación de los amplificadores ópticos de Raman.

En el caso de un sistema óptico monoportadora puede generarse dispersión espontánea de Raman que posteriormente sea amplificada. No obstante, para que se

² Características de un cable de fibra óptica multimodo de índice gradual de 50/125 μm . Recomendación UIT-T G.651

produzca una degradación significativa son necesarias potencias ópticas del orden de 1 W.

4.2. Dispersión Estimulada de Brillouin.

El proceso no lineal de dispersión estimulada de Brillouin (SBS, stimulated Brillouin scattering) es similar al SRS, salvo que el SBS depende de ondas sonoras en lugar de vibraciones moleculares. En este aspecto, ambos procesos involucran tres ondas según las cuales la onda óptica incidente (bombeo) se convierte en una onda de Stokes de mayor longitud de onda por medio de la excitación de una vibración molecular (SRS) o de un fonón acústico (SBS). No obstante, existen importantes diferencias entre el SBS y el SRS que conducen a consecuencias distintas en el sistema de comunicaciones ópticas.

En primer lugar, el valor de pico del coeficiente de ganancia en fibras ópticas monomodo es dos órdenes de magnitud superior ($4 \cdot 10^9$ cm/W) que el coeficiente de ganancia para el SRS y aproximadamente independiente de la longitud de onda. Como consecuencia de ello, bajo determinadas condiciones el SBS será el proceso no lineal dominante.

5. Funcionamiento de los Sistemas de Transmisión 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, en otro extremo del circuito se encuentra un componente al que se le denomina detector óptico o receptor, cuya misión consiste en transformar la luz a señal eléctrica, similar a la señal original. El sistema básico de transmisión se compone en este orden, de 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 y señal de salida.

En resumen, se puede decir que en este proceso de comunicación, la fibra óptica funciona como medio de transporte de la señal luminosa, generado por el transmisor de LED'S y láser. Los diodos emisores de luz y los diodos láser son fuentes adecuadas para la transmisión mediante fibra óptica, debido a que su salida se puede controlar rápidamente por medio de una corriente de polarización. Además su pequeño tamaño, su luminosidad, longitud de onda y el bajo voltaje necesario para manejarlos son características atractivas.

5.1 Dispositivos Implícitos en este proceso.

Los bloques principales de un enlace de comunicaciones de fibra óptica son: transmisor, receptor y guía de fibra.

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

La guía de fibra es un vidrio ultra puro o un cable plástico.

El receptor incluye un dispositivo conector detector de fibra a luz, un fotodetector, un conversor de corriente a voltaje un amplificador de voltaje y una interfaz analógica o digital En un transmisor de fibra óptica la fuente de luz se puede modular por una señal analógica o digital.

Acoplando impedancias y limitando la amplitud de la señal. El conversor de voltaje a corriente sirve como interfase eléctrica entre los circuitos de entrada y la fuente de luz. La fuente de luz puede ser un diodo emisor de luz LED o un diodo de inyección láser ILD, la cantidad de luz emitida es proporcional a la corriente de excitación, por lo tanto el conversor voltaje a corriente convierte el voltaje de la señal de entrada en una corriente que se usa para dirigir la fuente de luz. La conexión de fuente a fibra es una interfaz mecánica cuya función es acoplar la fuente de luz al cable.

La fibra óptica consiste de un núcleo de fibra de vidrio o plástico, una cubierta y una capa protectora. 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 conversor corriente a voltaje que transforme los cambios en la corriente del detector a cambios de voltaje en la señal de salida.

6. Componentes y Tipos de Fibra Óptica.

Entre los componentes podemos destacar:

- ✓ **El Núcleo:** En sílice, cuarzo fundido o plástico; en el cual se propagan las ondas ópticas. Diámetro: 50 o 62,5 μm para la fibra multimodo y 9 μm para la fibra monomodo.
- ✓ **La Funda Óptica:** Generalmente de los mismos materiales que el núcleo pero con aditivos que confinan las ondas ópticas en el núcleo.

El revestimiento de protección: por lo general esta fabricado en plástico y asegura la protección mecánica de la fibra.

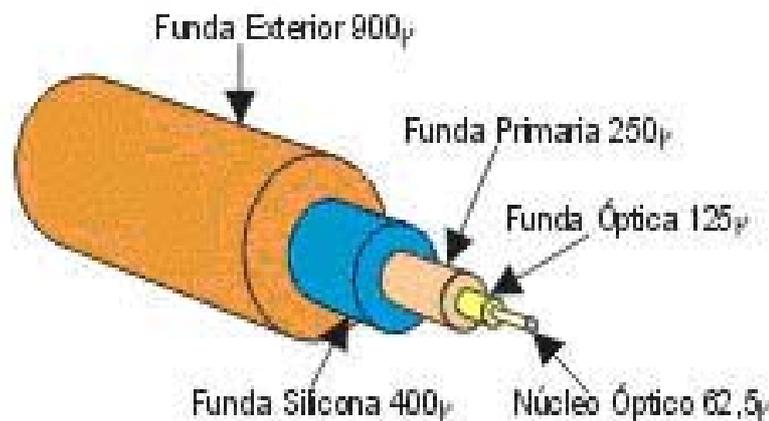


Figura 2.6 Componentes de la Fibra Óptica.

Los tipos de Fibra Óptica son:

Fibra Monomodo: Las fibras monomodo tienen un núcleo más pequeño que les permite pasar sólo un modo de luz a través de la fibra; con ello se reduce considerablemente la dispersión modal y se mantiene la fidelidad de la señal en caso de cubrir largas distancias. Estos factores se le atribuyen a la gran capacidad de ancho de banda que no es posible en las fibras multimodo.

Las fibras Monomodo se iluminan en toda su sección de entrada, excitando modos en el núcleo. Estos modos indeseados son eliminados por centímetros de penetración de la fibra, cuando el núcleo se recubre con un material con índice de refracción mayor que el suyo.

Potencialmente, esta es la fibra que ofrece la mayor capacidad de transporte de información. 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. En la siguiente figura se muestra que sólo pueden ser transmitidos los rayos que tienen una trayectoria que sigue el eje de la fibra, por lo que se ha ganado el nombre de “monomodo” (modo de propagación, o camino del haz luminoso, único). 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.

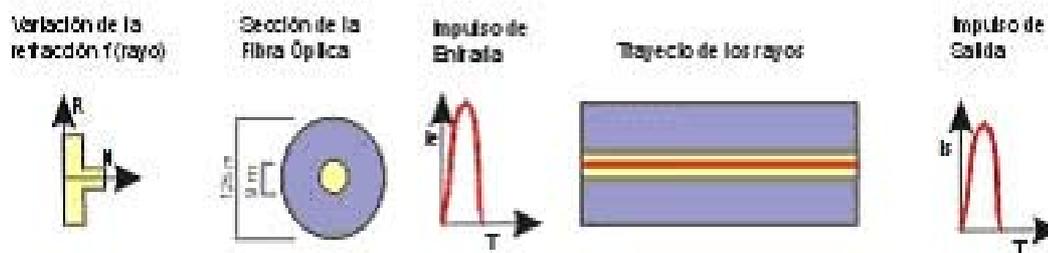


Figura 2.7 Fibra Monomodo.

Fibra Multimodo de Índice Gradual: Las fibras multimodo de índice gradual tienen una banda de paso que llega hasta los 500 MHz 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 μm (diámetro del núcleo/diámetro de la cubierta) está normalizado, pero se pueden encontrar otros tipos de fibras:

- Multimodo de índice escalonado 100/140 μm .
- Multimodo de índice gradual 50/125 μm .

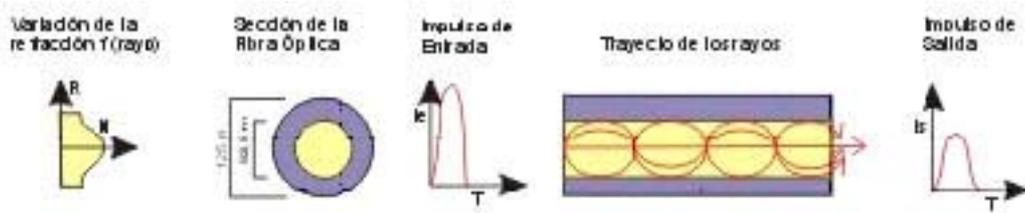


Figura 2.8 Fibra Multimodo de Índice Gradual.

Fibra Multimodo de 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.

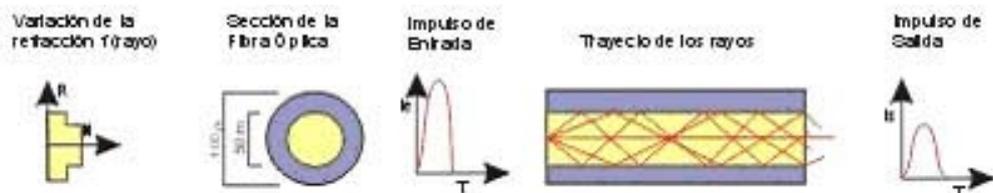


Figura 2.9 Fibra Multimodo de Índice Escalonado.

CAPITULO III.

PDH Y SDH.

1. Introducción.

La Jerarquía Digital Plesiócrona, conocida como **PDH** (Plesiochronous Digital Hierarchy), es una tecnología usada en telecomunicaciones para transportar grandes cantidades de información mediante equipos digitales de transmisión que funcionan sobre fibra óptica, cable coaxial o radio de microondas.

El término *plesiócrono* 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.

La tecnología PDH, por ello permite la transmisión de flujos de datos que, nominalmente, están funcionando a la misma velocidad, pero permitiendo una cierta variación alrededor de la velocidad nominal.

Un ejemplo clarifica el concepto:

Tenemos dos relojes que, nominalmente, funcionan a la misma velocidad, señalando 60 segundos cada minuto. Sin embargo, al no existir enlace alguno entre los dos relojes que garantice que ambos van exactamente a la misma velocidad, es muy probable que uno de ellos vaya ligeramente más rápido que el otro. En la tabla que sigue se muestran los distintos niveles de multiplexación PDH utilizados en Norteamérica (Estados Unidos y Canadá), Europa y Japón.

Tabla 3.1 Niveles de Multiplexación PDH.

Nivel	Norteamérica		Europa		Japón
	Mbit/s	Denominación	Mbit/s	Denominación	Mbit/s
1	1,544	(T1)	2,048	(E1)	1,544
2	6,312	(T2)	8,448	(E2)	6,312
3	44,736	(T3)	34,368	(E3)	32,064
4	274,176	(T4)	139,264	(E4)	97,728

2. Breve historia de la jerarquía digital plesiócrona PDH.

2.1. Fundamentos del funcionamiento plesiócrono.

Las versiones, americana, japonesa y europea de sistemas PDH, difieren ligeramente en sus detalles de trabajo, pero los principios de funcionamiento son los mismos, por ello a continuación se describe solo la versión europea, que es la utilizada en nuestro país por CANTV.

La velocidad básica de transferencia de información, o primer nivel jerárquico, es un flujo de datos de 2,048 Mbps (generalmente conocido de forma abreviada por “2 megas”). Para transmisiones de voz, este flujo se divide en 30 canales de 64 kbps más otros 2 canales de 64 kbps utilizados para señalización, sincronización y control. De forma alternativa es posible también utilizar el flujo completo de 2 megas para usos no vocales, tales como la transmisión de datos.

La velocidad del flujo de datos 2 megas es controlada por un reloj en el equipo que la genera. A esta velocidad se le permite una variación, alrededor de la velocidad exacta de 2,048 Mbps, de +/- 50 partes por millón. Esto significa que dos flujos diferentes de 2 megas pueden estar (y probablemente lo están) funcionando a velocidades ligeramente diferentes uno de otro.

Al fin de poder transportar múltiples flujos de 2 megas de un lugar a otro, estos son combinados, o multiplexados en grupos de cuatro en un equipo multiplexor. La multiplexación se lleva a cabo tomando un bit del flujo 1, seguido por un bit del

flujo 2, luego otro del 3 y finalmente otro del 4. El multiplexor además añade bits adicionales a fin de permitir al demultiplexor del extremo distante decodificar qué bits pertenecen a cada flujo de 2 megas y así reconstituir los flujos originales. Estos bits adicionales son, por un lado, los denominados bits de justificación o de relleno y por otro una combinación fija de unos y ceros que es la denominada palabra de alineamiento de trama que se transmite cada vez que se completa el proceso de transmisión de los 30+2 canales de los 4 flujos de 2 megas, que es lo que constituye una trama del orden superior (8 megas).

La necesidad de los bits de relleno o justificación es que como cada uno de los flujos de 2 megas no está funcionando necesariamente a la misma velocidad que los demás, es necesario hacer algunas compensaciones. Para ello el multiplexor asume que los cuatro flujos están trabajando a la máxima velocidad permitida, lo que conlleva que, a menos que realmente esté sucediendo esto, en algún momento el multiplexor buscará el próximo bit, pero este no llegará, por ser la velocidad del flujo inferior a la máxima. En este caso el multiplexor señalará (mediante los bits de justificación) al demultiplexor que falta un bit. Esto permite al demultiplexor reconstruir correctamente los flujos originales a sus velocidades plesiócronas correctas.

La velocidad del flujo resultante del proceso antes descrito es de 8,448 Mbps (8 megas) que corresponde al segundo nivel jerárquico. Por procedimientos similares se llega a los niveles tercero, constituido por 4 flujos de 8 megas y una velocidad de 34,368 Mbps (34 megas) y cuarto, formado por 4 flujos de 34 megas y una velocidad de 139,264 Mbps (140 megas).

De la misma forma, mediante la multiplexación de 4 flujos de 140 megas, se forma un flujo de 565 Mbits, pero su estructura y proceso de multiplexación, al contrario de lo que sucede con los cuatro niveles precedentes, no ha sido normalizado por los organismos de normalización especializados, entre ellos la UIT, por lo que los flujos generados por los equipos de un fabricante pueden ser, y de hecho lo son, incompatibles con los de otro fabricante, lo que obliga a que el enlace completo de 565 Mbps esté constituido con terminales del mismo fabricante.

La velocidad de 565 Mbps es la típica de los sistemas de transmisión por fibra óptica, aunque en el pasado se ha utilizado con escaso éxito por sus estrictos requerimientos, sobre cables coaxiales.

Los equipos PDH están siendo actualmente reemplazados por equipos de tecnología SDH en la mayoría de las redes de telecomunicación debido a las mayores capacidades de transmisión de estos y a sus mejores condiciones para la operación y mantenimiento centralizado.

2.2. Origen de la Jerarquía Digital Sincrónica SDH.

Los sistemas de transmisión síncronos han sido desarrollados de modo que los operadores puedan desplegar redes flexibles y resistentes. La inserción y extracción de canales puede ser realizada en un simple multiplexor. La provisión de la capacidad de gestión de la red es definida en el estándar. De hecho, un gran esfuerzo de concordia ha tenido lugar en el desarrollo de **SDH**. La oportunidad de definir este conjunto de estándares ha sido usada para dirigir una buena cantidad de otros problemas. Por ejemplo, la necesidad de definir interfaces estándar entre equipamientos de diferentes fabricantes y la necesidad de facilitar interconexión de redes entre jerarquías de transmisión de Norte América y de Europa.

Este estándar culminó en 1989 en las recomendaciones de la UIT-T G.707, G.708, y G.709 que definen la Jerarquía Digital Síncrona. En Norte América, ANSI publicó su estándar **SONET**, el cual es conocido a lo largo del resto del mundo como estándar **SDH**.

Las recomendaciones de la **UIT-T** definen un número de tasas básicas de transmisión que se pueden emplear en **SDH**. La primera de estas tasas es 155.52 Mbps, normalmente referidas como un **STM-1** (donde STM significa Módulo de Transporte Síncrono). Mayores tasas de transmisión como el **STM-4**, el **STM-16**, y el **STM-64** (622.08 Mbps, 2488.32 Mbps y 9953.28 Mbps respectivamente) están también definidas.

Las recomendaciones también definen una estructura de multiplexación donde una señal **STM-1** puede portar un número de señales de menor tasa de transmisión formando parte de su carga útil. Las señales existentes **PDH** pueden ser portadas sobre la red **SDH** como carga útil.

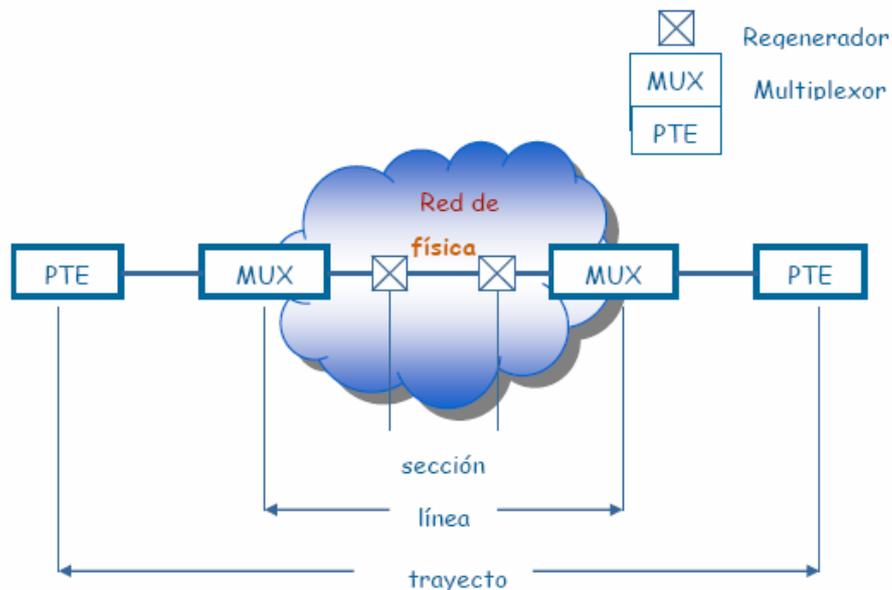


Figura 3.1 Arquitectura de la Red SDH.

2.3. ¿Qué es SDH?

La Jerarquía Digital Síncrona es una técnica de transmisión basada fundamentalmente en un método de multiplexación por octetos formando una estructura de tributarios síncronos. Esta nueva jerarquía involucra distintos aspectos, entre ellos tenemos, la estructura de la trama; la topología de la red de transporte; el equipamiento utilizado y la gestión de la red.

La transmisión de la información se realiza por medio de módulos de transporte síncronos, insertando cada trama en un intervalo de tiempo de 125 μ s; mientras que los niveles de orden superior son múltiplos del nivel básico y se ensamblan por un proceso de intercalación de octetos entrelazados.

Los estándares SDH se basan en principios de multiplexaje síncrono directo, que son claves para una red de telecomunicación costo-efectiva y flexible. En esencia, significa que las señales tributarias individuales pueden multiplexarse directamente en un rango más alto de señal SDH, sin etapas intermedias de multiplexaje. Los elementos de red SDH, tales como multiplexores, regeneradores y transconectores, que pueden entonces interconectarse directamente con los concebidos ahorros en costo y equipos por encima de las redes ya existentes.

La señal SDH es capaz de transportar todas las señales tributarias comunes existentes en las redes de telecomunicaciones. Además SDH tiene la flexibilidad para acomodar rápidamente nuevos tipos de señales de servicio al cliente, que los operadores de redes deseen soportar en el futuro.

La Jerarquía Digital Síncrona está diseñada para reducir la complejidad, el costo y el número de sistemas de transmisión en la red pública y privada. La estructura de la trama esta concebida en forma modular, es decir, en niveles jerárquicos de transmisión llamados Módulos de Transferencia Síncrona (STM-n:), de manera de poder llegar a velocidades superiores a medida que lo permitan los avances tecnológicos y las necesidades futuras de la red. En la siguiente tabla se muestran los niveles actualmente utilizados.

Tabla 3.2 Velocidades de los Módulos de Transferencia Síncrona SDH.

Nivel SDH STM-n	Velocidad (Mbits/s)
n=1	155.52
n=4	622.08
n=16	2488.32
n=64	9953.28
n=128	19906.56

3. Fundamentos de la Jerarquía Digital Sincrónica SDH.

SDH y el equivalente norteamericano SONET son las tecnologías dominantes en la capa física de transporte de las actuales redes de fibra óptica de banda ancha. Su misión es transportar y gestionar gran cantidad de tipos de tráfico diferentes sobre la infraestructura física.

Esencialmente, **SDH** es un protocolo de transporte (primera capa en el modelo **OSI**) basado en la existencia de una referencia temporal común (Reloj primario), que multiplexa diferentes señales dentro de una jerarquía común flexible, y gestiona su transmisión de forma eficiente a través de fibra óptica, con mecanismos internos de protección.

Usando como referencia el modelo **OSI**, **SDH** es comúnmente visto como un protocolo de nivel uno, es decir, un protocolo de la capa física de transporte. En este papel, actúa como el portador físico de aplicaciones de nivel 2 a 4, esto es, es el camino en el cual tráfico de superiores niveles tales como **IP** o **ATM** es transportado. En palabras simples, podemos considerar a las transmisiones **SDH** como tuberías las cuales portan tráfico en forma de paquetes de información. Estos paquetes son de aplicaciones tales como **PDH**, **ATM** o **IP**.

SDH permite el transporte de muchos tipos de tráfico tales como voz, video, multimedia, y paquetes de datos como los que genera **IP**. Para ello, su papel es, esencialmente, el mismo: gestionar la utilización de la infraestructura de fibra. Esto significa gestionar el ancho de banda eficientemente mientras porta varios tipos de tráfico, detectar fallos y recuperar de ellos la transmisión de forma transparente para las capas superiores.

Las principales características que encontramos en cualquier sistema de red de transporte **SDH** implementado son las siguientes:

(a) **Multiplexión digital:** Éste término fue introducido hace 20 años y permitió que las señales de comunicaciones analógicas sean portadas en formato digital sobre la red. El tráfico digital puede ser portado mucho más eficientemente y permite monitorización de errores, para propósitos de calidad.

(b) **Fibra óptica:** Éste es el medio físico comúnmente desplegado en las redes de transporte actuales. Tiene una mayor capacidad de portar tráfico que los coaxiales o los pares de cobre lo que conduce a una disminución de los costos asociados al transporte de tráfico.

(c) **Esquemas de protección:** Éstos han sido estandarizados para asegurar la disponibilidad del tráfico. Si ocurriera una falla o una rotura de fibra, el tráfico podría ser conmutado a una ruta alternativa, de modo que el usuario final no sufriera interrupción alguna en el servicio.

(d) **Topologías en anillo:** Éstas están siendo desplegadas cada vez en mayor número. Esto es porque, si un enlace se perdiera, hay un camino de tráfico alternativo por el otro lado del anillo. Los operadores pueden minimizar el número de enlaces y fibra óptica desplegada en la red. Esto es muy importante ya que el costo de colocar nuevos cables de fibra óptica sobre el terreno es muy caro.

(e) **Gestión de red:** La gestión de estas redes desde un único lugar remoto es una prestación importante para los operadores. Se ha desarrollado software que permite gestionar todos los nodos y caminos de tráfico desde un único computador. Un operador puede ahora gestionar una variedad grande de funciones tales como el aprovisionamiento de capacidad en respuesta a la demanda de clientes y la monitorización de la calidad de una red.

(f) **Sincronización:** Operadores de red deben proporcionar temporización sincronizada a todos los elementos de la red para asegurarse que la información que pasa de un nodo a otro no se pierda. La sincronización es de creciente concierto entre los operadores, con avances tecnológicos cada vez más sensibles al tiempo. La

sincronización se está convirtiendo en un punto crítico, proveyendo a **SDH** un camino ideal de filosofía de red.

3.1. Estructura de Multiplexación SDH.

La estructura de multiplexión **SDH** define cómo la información es estructurada para construir un marco **STM-1**. Este modo de mapeo de contenedores en una señal **STM-N** es definido por las recomendaciones de la UIT-T, hechas publicas desde 1989.

Anteriormente hemos dicho que los contenedores son empaquetados en **STM's** por elementos de red. Para que los elementos de red en el extremo contrario extraigan un contenedor virtual, éste debe conocer la localización exacta del contenedor virtual dentro del área de carga útil del **STM**. Un puntero denota esta ubicación. En una red sincrona todo el equipamiento está sincronizado mediante un reloj único para toda la red. La temporización de una señal plesiocrona colocada dentro de un contenedor virtual puede variar en frecuencia o fase con respecto al reloj de red.

Como resultado de esto, la localización de un contenedor virtual en una estructura **STM** puede no ser fija, por lo que el puntero asociado con cada contenedor virtual indica su posición dentro del área de carga útil del **STM**.

La estructura **SDH**: La señal **STM-1**, 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 construcción del área de carga **STM** es definida por la estructura mapeada **SDH**. Las tasas de transmisión de los clientes son mapeadas en contenedores (C) y una cabecera de camino (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.

La unidad tributaria es empaquetada en Grupos de Unidades Tributarias (Tributary Units Groups o TUG's) y finalmente en Grupos de Unidades Administrativas (Administrative Unit Groups o AUG's) de acuerdo a las reglas de estructura de multiplexión **SDH**.

Las reglas **SDH** de multiplexión aseguran que la posición exacta de un contenedor virtual contenido en el área de carga útil puede ser identificada por cada nodo. Esto tiene la ventaja de que cada nodo puede directamente acceder a un contenedor virtual de la carga útil sin necesitar desmontar y volver a construir la estructura de carga. Las montañas de multiplexores que aparecían en las redes **PDH** no son requeridas.

Siguiendo estas reglas de multiplexión, una señal **STM-1** puede ser constituida de diferentes modos. Los **VC-4** que formarán la carga útil de la estructura **STM** pueden contener una señal **PDH** de 140 Mbps, tres señales **PDH** de 34 Mbps, sesenta y tres señales **PDH** de 2 Mbps o combinaciones de ellas, de modo que la capacidad total no sea excedida. Cuando son necesarias tasas de transmisión mayores que **STM-1**, éstas son obtenidas usando un simple esquema de concatenación de bytes, alcanzando tasas de 622 Mbps (**STM-4**), 2.5 Gbps (**STM-16**) y 10 Gbps (**STM-64**).

3.2. La trama básica STM-1.

Los sistemas de transmisión plesiócronicos permiten a los tributarios desviarse de una tasa de bits predefinida. Los métodos de justificación entonces llevan a todos los tributarios a la misma tasa de bits antes de la multiplexación. El método de justificación usando bits extra de relleno en el flujo de datos hace imposible la identificación de un canal tributario específico interno a un canal multiplexado.

En sistemas síncronos todos los elementos del sistema están sincronizados al mismo reloj maestro por lo que la justificación no es necesaria para tener una tasa de bits común previa a la multiplexión.

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 μ s. También están definidas tres tasas de bits de mayor velocidad como son 622,08 Mbps (STM-4), 2488,32 Mbps (STM-16) y 9953,28 Mbps (STM-64).

La trama STM-1 está estructurada como 270 columnas (bytes) por 9 filas en las que las nueve primeras columnas de la estructura corresponden con la cabecera de sección, y las restantes 261 columnas son el área de carga útil.

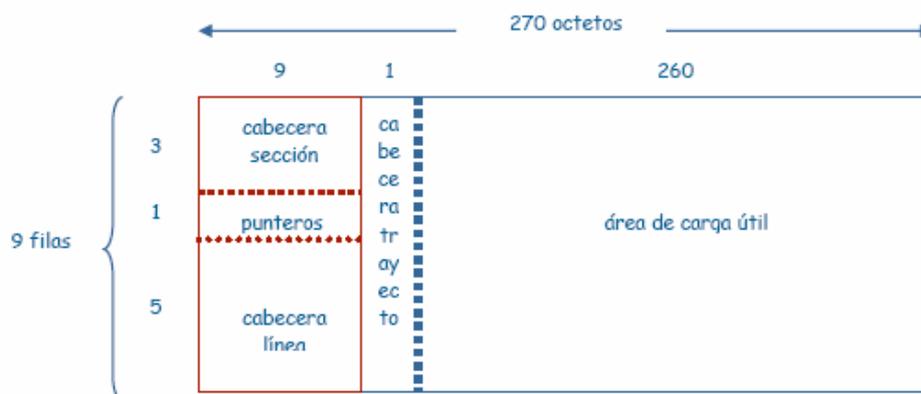


Figura 3.2 Estructura de la Trama STM-1.

La jerarquía digital sincrónica elimina la necesidad de un número de niveles menores de multiplexión definido en PDH. Los tributarios de 2 Mbps son multiplexados a nivel de STM-1 en un solo paso. De todos modos, para mantener la compatibilidad con equipos no síncronos, las recomendaciones SDH definen métodos de subdivisión del área de carga útil de la trama STM-1 de varias formas, de modo

que puedan portar diversas combinaciones de señales tributarias, tanto síncronas como asíncronas. Usando este método, los sistemas de transmisión síncrona pueden acomodar señales generadas por equipamiento de varios niveles de jerarquía digital plesiocrona.

Una trama STM-1 consta de 2430 bytes, los cuales pueden dividirse en tres áreas principales:

- (a) Área de carga útil (2349 Bytes).
- (b) Área de puntero de Unidad Administrativa (9 Bytes).
- (c) Área de cabecera de sección (72 Bytes).

Las nueve primeras columnas de la trama STM-1 contienen la información de control de sección y de línea y recibe el nombre de cabecera de sección.

1. La cabecera de sección de regeneración está formada por las tres primeras filas. La información de esta cabecera es procesada en cada repetidor de línea.
2. La cabecera de sección de multiplexación está formada por las cinco últimas filas. Se procesa en los multiplexores (interfaz de línea) donde se extraen y combinan las señales de diferentes tramas.
3. El área de punteros, contiene información sobre la posición exacta del usuario dentro de la trama; esta posición se indica mediante punteros.

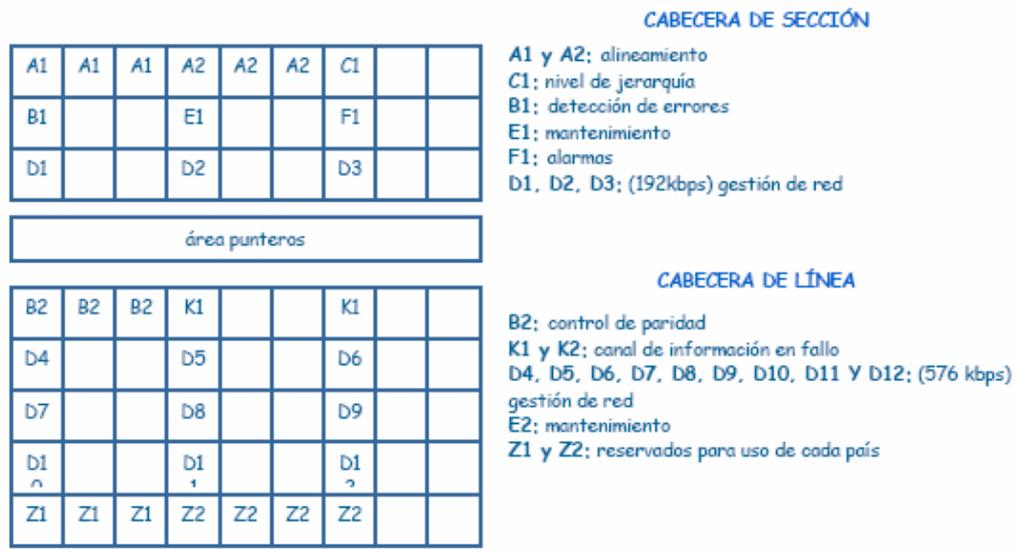


Figura 3.3 Estructura de las Cabeceras de Línea y de Sección.

3.3. Estructura de la cabecera de Sección.

La parte de datos de usuario está formada por una cabecera de control que ocupa una columna, denominada cabecera de sección y por los datos de usuario. En la figura aparece el contenido de esta cabecera y el significado de uso de estos bytes.

J1	canal de retorno
B3	paridad para la detección de errores
C2	identifica la información. (Ej:00010011 ATM)
G1	errores en el trayecto
F2	canal de usuario a 64 kbps
H4	identificador de multitrama
Z3	
Z4	reservados para el uso de cada país
Z5	

Figura 3.4 Estructura de la Cabecera de Sección.

3.4. Definiciones

Para entender cómo se multiplexan las distintas tramas es necesario previamente definir y entender una serie de conceptos:

- **Contenedor (C-n)** (n=1, 2, 3, 4): es la información propiamente dicha. Cada contenedor se define por niveles, **n**, dependiendo de la trama que sea 2Mbps, 34 Mbps, 140Mbps, etc. Por ejemplo una trama de 2 Mbps se almacena en un contenedor C-12.
- **Contenedor Virtual (VC-n)**. Un contenedor virtual es la estructura para transportar la información a nivel de sección. En definitiva es un contenedor con una cabecera de sección. Hay definidas dos estructuras:
 1. VC-n de bajo nivel (n=1, 2)
 2. VC-n de alto nivel (n=3, 4)
- **Unidad tributaria-n (TU-n)** es la estructura que permite adaptar la capa de bajo nivel y alto nivel. Está formada por un contenedor virtual de orden 1, 2, ó 3 y por un puntero que indica la posición del VC dentro de la entidad superior que lo acoge.

- **Grupo de Unidad Tributaria (TUG-n).** Está formado por varias unidades tributarias TU, ocupando posiciones fijas y definidas en la carga de VC-n de alto nivel (n=3, 4). Hay definidas dos estructuras:
 1. TUG-2: está formado por varios TU-1 o un TU-2.
 2. TUG-3: está formado por varios TUG-2 o un TUG-3
- **Unidad Administrativa (AU).** Proporciona la adaptación entre la capa de sección de alto nivel y la capa de línea. Está formada por un contenedor virtual (VC) de alto nivel n=3, 4 y por un puntero que indica la posición del VC dentro de la entidad superior que lo acoge.
- **Grupo de Unidad Administrativa (AUG).** Está formada por varias unidades administrativas ocupando posiciones fijas en el área de datos de una trama STM-N. Puede estar formada por:
 1. Tres AU-3
 2. Un solo AU.
- **STM-N (Synchronous transport Module Level N).** Es la estructura de información utilizada para transmitir información a nivel de sección. Está formada por una cabecera de sección (SOH) y por los datos de usuario. El campo de datos está formada por N grupos administrativos (AUG) situados en posiciones fijas y definidas.

En la figura aparece un esquema de las distintas maneras que los diferentes tributarios son organizados dentro de una trama STM-N.

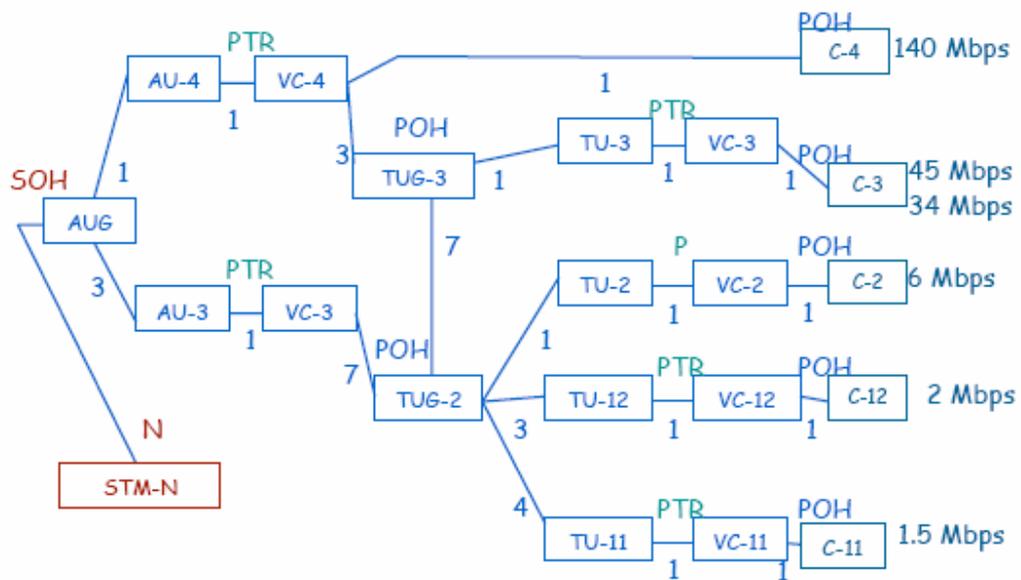


Figura 3.5 Composición de la Trama STM-N.

3.5. Trama STM-N.

Para multiplexar las señales en una trama hay que considerar que la trama STM-1 es la unidad básica. Todas las señales, se encapsulan en un contenedor con su cabecera, se combinan con otras señales hasta completar una trama STM-1. Cada tributario tiene su contenedor específico.

3.6. La Trama STM-4 y STM-16.

La trama básica es la STM-1 a 155.52 Mbps. La siguiente trama en la jerarquía SDH es la trama STM-4, la cual presenta una velocidad de 622 Mbps y es el proceso de multiplexación byte a byte de cuatro tramas STM-1, ver figura.

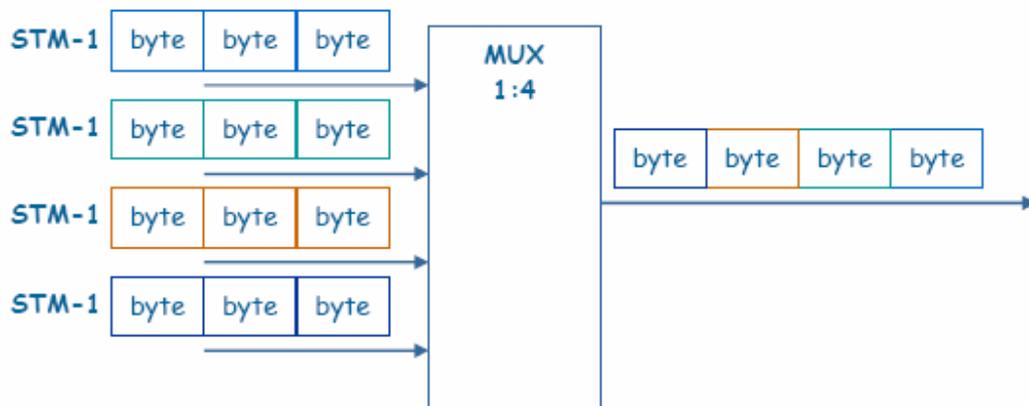


Figura 3.6 Multiplexación de la Trama STM-4.

En SDH las posibles desviaciones de reloj se pueden asimilar mediante cambios en los valores de los punteros asociados.

3.7. Ventajas de SDH

La Jerarquía Digital Síncrona (SDH) presenta una serie de ventajas respecto a la Jerarquía Digital Plesiócrona (PDH). Algunas de estas ventajas son:

- El proceso de multiplexación es mucho más directo. La utilización de punteros permite una localización sencilla y rápida de las señales tributarias de la información.
- El procesamiento de la señal se lleva a cabo a nivel de STM-1. Las señales de velocidades superiores son síncronas entre sí y están en fase por ser generadas localmente en cada nodo de red.
- Las tramas tributarias de las señales de línea, denominadas contenedores virtuales (VC) pueden ser subdivididas para acomodar cargas plesiócronas, tráfico ATM o unidades de menor orden. Esto supone mezclar tráfico de distinto tipo dando lugar a redes flexibles.
- Compatibilidad eléctrica y óptica entre los equipos de los distintos suministradores gracias a los estándares internacionales.

- Rápido aprovisionamiento y reconfiguración de la red, además de su gran adaptabilidad y robustez.

3.8. Desventajas de SDH.

A pesar de las ventajas que ofrece la Jerarquía Digital Síncrona, presenta algunas desventajas:

- Algunas redes PDH actuales presentan ya cierta flexibilidad y no son compatibles con SDH.
- Necesidad de sincronismo entre los nodos de la red SDH, se requiere que todos los servicios trabajen bajo una misma referencia de temporización.
- El principio de compatibilidad ha estado por encima de la optimización de ancho de banda. El número de bytes destinados a la cabecera de sección es muy grande, perdiéndose eficiencia.

4. Protecciones en sistemas SDH.

4.1. Funciones de los Equipos Multiplexores ADM (Add-Drop Multiplexers).

Los multiplexores proporcionan conectividad entre nodos a lo largo de una ruta, típicamente configurada como un anillo. Cada multiplexor recibe la señal, extrae o agrega tributarios y deja pasar la trama actualizada hacia el siguiente multiplexor. Estos equipos se utilizan en configuraciones donde es necesario dar un nivel alto de confiabilidad al servicio. En topologías en anillo es típico que la función de cross-conexión la realicen los multiplexores de inserción y extracción o ADMs. El ADM reconoce qué canales de la trama que le llega por un sentido tiene por destino un tributario suyo y los extrae, dejando pasar el resto del tráfico por la otra fibra.

Los anillos SDH se forman a partir de la unión de multiplexores configurados como equipos de inserción y extracción (ADMs). Estos equipos reciben la señal desde un sentido, extraen o agregan tráfico en los circuitos que tienen asignados y reenvían la trama completa por el otro sentido. La realización física del anillo protegido debe hacerse como mínimo requerimiento a dos fibras. Para hacer más robusto el sistema normalmente se utilizan configuraciones de anillos basados en dos o cuatro fibras, para nuestro diseño se plantea una protección a dos fibras. En función del mecanismo adoptado para transportar el tráfico de protección los anillos se clasifican en unidireccionales y bidireccionales. En los **anillos unidireccionales** todo el tráfico normal viaja por una fibra en un sentido del anillo (por ejemplo en el de las agujas del reloj) y todo el tráfico de protección se transmite por otra fibra distinta en sentido contrario. En los **anillos bidireccionales** el tráfico normal y el de protección viajan en ambos sentidos. Este es el que se planteará en este diseño.

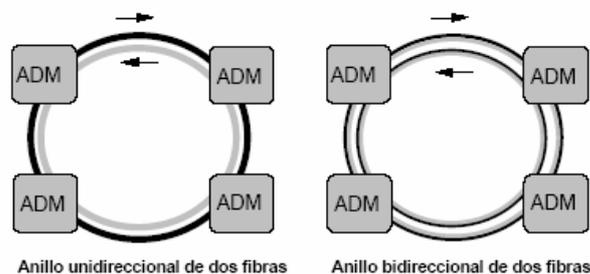


Figura 3.7 Anillos protegidos por dos fibras.

4.2. Mecanismos de Protección.

Las topologías de red basadas en anillo facilitan el uso de mecanismos automáticos de recuperación frente a fallos como roturas de fibra o caídas de equipos. El objetivo de estos mecanismos es que el servicio no quede interrumpido durante el tiempo que transcurre hasta que se soluciona la avería.

Protección de sección de multiplexión (MSP)

Proporcionan protección extremo a extremo en una sección de multiplexión. Según sea el anillo unidireccional o bidireccional el modo de operación será diferente.

Anillos bidireccionales

Cada fibra divide su capacidad en partes iguales y la dedica a llevar tráfico principal y de protección. La transmisión entre dos nodos se realiza siempre sobre la ruta más corta utilizando la parte de tráfico normal. Cuando ocurre un fallo en la red (por ejemplo una rotura en la fibra que une A y C) el tráfico de salida de A es puentado sobre el tráfico de protección del otro anillo; el nodo remoto, C, extrae ese tráfico en su enlace de salida y lo reenvía por la parte de tráfico normal de entrada.

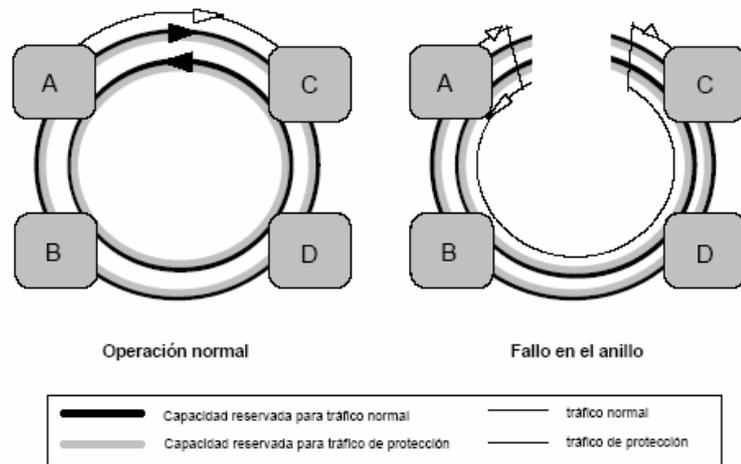


Figura 3.8 Protección MSP de un anillo bidireccional.

Protección de sección de trayecto (PPS).

El nodo fuente transmite la información hacia el nodo destino utilizando una ruta preestablecida. Ante un fallo en algún elemento de la red (rotura de cables o caídas de equipos) o mala calidad de la señal en recepción los dos nodos dialogan

entre sí para llegar a un acuerdo sobre otra ruta alternativa. A diferencia de los mecanismos de protección vistos anteriormente en este sistema es necesaria la intervención de los dos extremos para recuperar la transmisión. Este método permite al nodo fuente escoger qué tráfico quiere proteger. En algunos sistemas la transmisión se realiza utilizando simultáneamente los dos sentidos del anillo y es el nodo destino el que, sin necesidad de ningún tipo de negociación, escoge la señal que recibe mejor.

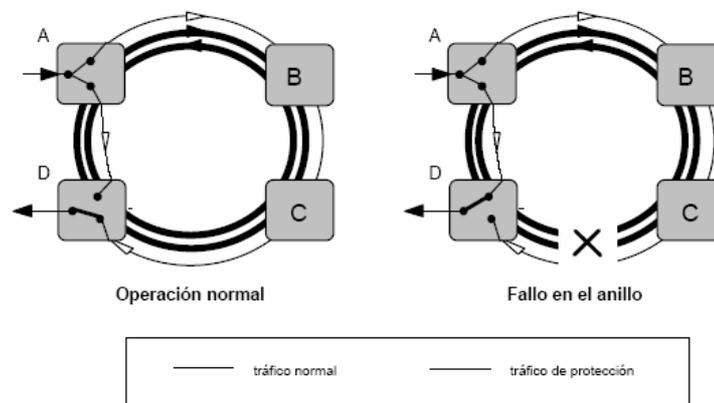


Figura 3.9 Protección PPS de un anillo bidireccional.

CAPITULO IV.

PRINCIPIOS BÁSICOS DE ETHERNET.

1. Topologías de Redes.

Hay varias maneras de conectar dos o más computadoras en red. Para ello se utilizan cuatro elementos fundamentales: servidores de archivos, estaciones de trabajo, tarjetas de red y cables. A ellos se suman los elementos propios de cada cableado, así como los manuales y el software de red, a efectos de la instalación y mantenimiento. Los cables son generalmente de dos tipos: UTP par trenzado y coaxial.

La manera en que están conectadas no es arbitraria, sino que siguen estándares físicos llamados topologías.

Dependiendo de la topología será la distribución física de la red y dispositivos conectados a la misma, así como también las características de ciertos aspectos de la red como: velocidad de transmisión de datos y confiabilidad.

Topologías físicas: Es la forma que adopta un plano esquemático del cableado o estructura física de la red, también hablamos de métodos de control.

Topologías Lógicas: Es la forma de cómo la red reconoce a cada conexión de estación de trabajo.

Se clasifican en:

- Topología Lineal o Bus.
- Topología Estrella.
- Topología Anillo.

- Topología Árbol.
- Topología Malla

1.1. Bus.

Consiste en un cable con un terminador en cada extremo del que se cuelgan todos los elementos de una red. Todos los Nodos de la Red están unidos a este cable. Este cable recibe el nombre de "Backbone Cable". Tanto Ethernet como LocalTalk pueden utilizar esta topología.

Ventajas de la topología de BUS.

- Es Más fácil conectar nuevos nodos a la red.
- Requiere menos cable que una topología estrella.

Desventajas de la topología de BUS.

- Toda la red se caería si hubiera una ruptura en el cable principal.
- Se requiere terminales.
- Es difícil detectar el origen de un problema cuando toda la red cae.
- No se debe utilizar como única solución en un gran edificio.

1.2. Estrella.

En una topología estrella todos y cada uno de los nodos de la red, se conectan a un concentrador o hub. Los datos de estas redes fluyen del emisor hasta el concentrador, este realiza todas las funciones de la red, además actúa como amplificador de los datos.

Ventajas de la Topología Estrella

- Gran facilidad de instalación
- Posibilidad de desconectar elementos de red sin causar problemas.
- Facilidad para la detección de fallas y su pronta reparación.

Desventajas de la Topología de Estrella.

- Requiere más cable que la topología de BUS.
- Un fallo en el concentrador provoca el aislamiento de todos los nodos conectados a él.

- Se han de comprar hubs o concentradores.

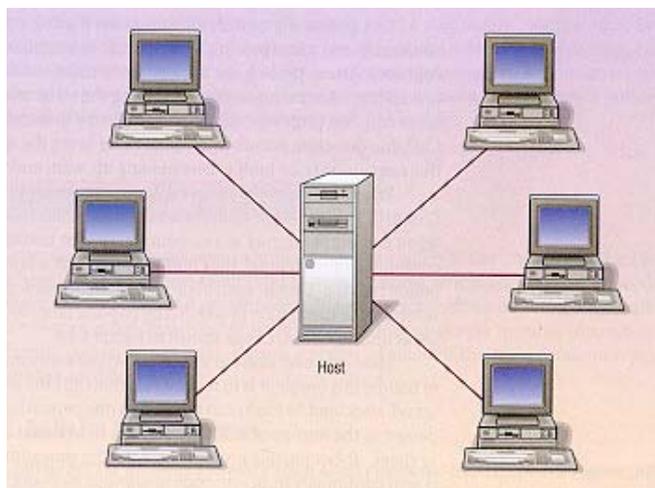


Figura 4.1 Topología Tipo Estrella.

1.3. Topología de Estrella Cableada / Star-Wired Ring.

Físicamente parece una topología estrella pero el tipo de concentrador MAU utilizado se encarga de interconectar internamente la red en forma de anillo. Esta topología es la que se utiliza en redes Token ring

1.4. Anillo.

Red de área local en la que los dispositivos, nodos, están conectados en un bucle cerrado o anillo. Los mensajes en una red de anillo pasan de un nodo a otro en una dirección concreta. A medida que un mensaje viaja a través del anillo, cada nodo examina la dirección de destino adjunta al mensaje. Si la dirección coincide con la del nodo, éste acepta el mensaje. En caso contrario regenerará la señal y pasará el mensaje al siguiente nodo dentro del bucle. Esta regeneración permite a una red en anillo cubrir distancias superiores a las redes en estrella o redes en bus. Puede

incluirse en su diseño una forma de puentear cualquier nodo defectuoso o vacante. Sin embargo, dado que es un bucle cerrado, es difícil agregar nuevos nodos.

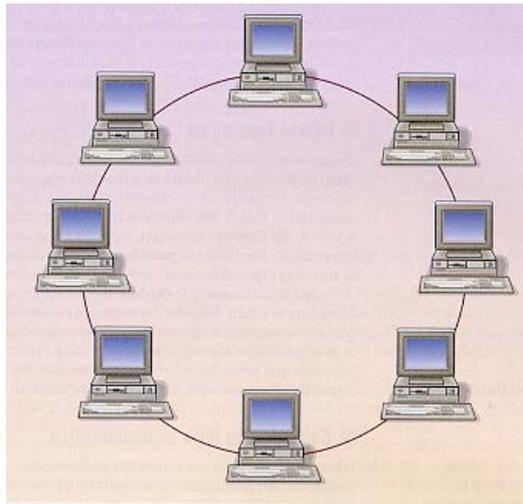


Figura 4.2 Topología Tipo Anillo.

1.5. Árbol.

La topología de árbol combina características de la topología de estrella con la BUS. Consiste en un conjunto de subredes estrella conectadas a un BUS. Esta topología facilita el crecimiento de la red.

Ventajas de la Topología de Árbol.

- Cableado punto a punto para segmentos individuales.
- Soportado por multitud de vendedores de software y de hardware.

Desventajas de la Topología de Árbol.

- La medida de cada segmento viene determinada por el tipo de cable utilizado.
- Si se viene abajo el segmento principal todo el segmento se viene abajo con él.
- Es más difícil su configuración.

1.6. Malla.

La topología de malla utiliza conexiones redundantes entre los dispositivos de la red así como una estrategia de tolerancia a fallas. Cada dispositivo en la red está conectado a todos los demás (todos conectados con todos). Este tipo de tecnología requiere mucho cable (cuando se utiliza el cable como medio, pero puede ser inalámbrico también). Pero debido a la redundancia, la red puede seguir operando si una conexión se rompe.

Las redes de malla, obviamente, son más difíciles y caras para instalar que las otras topologías de red debido al gran número de conexiones requeridas.

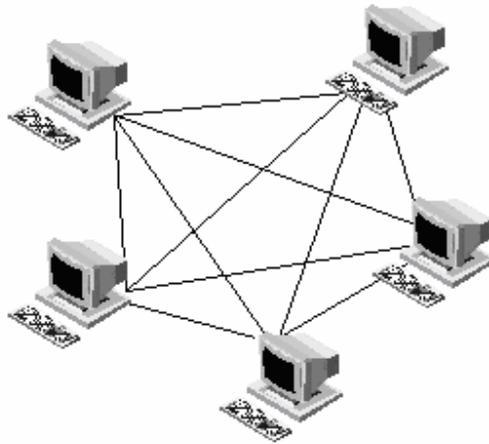


Figura 4.3 Topología Tipo Malla.

2. Modos de Transmisión.

Aéreos: basados en señales radio-eléctricas (utilizan la atmósfera como medio de transmisión), en señales de rayos láser o rayos infrarrojos.

Sólidos: principalmente el cobre en par trenzado o cable coaxial y la fibra óptica.

2.1. Símplex.

Transmisión Símplex: la transmisión de datos se produce en un solo sentido. Siempre existen un nodo emisor y un nodo receptor que no cambian sus funciones.

2.2. Half-duplex.

Transmisión Half-Duplex: la transmisión de los datos se produce en ambos sentidos pero alternativamente, en un solo sentido a la vez. Si se está recibiendo datos no se puede transmitir.

2.3. Full-duplex.

Transmisión Full-Duplex: la transmisión de los datos se produce en ambos sentidos al mismo tiempo. Un extremo que está recibiendo datos puede, al mismo tiempo, estar transmitiendo otros datos.

2.4. Asíncrona.

Transmisión Asíncrona: cada byte de datos incluye señales de arranque y parada al principio y al final. La misión de estas señales consiste en:

- Avisar al receptor de que está llegando un dato.
- Darle suficiente tiempo al receptor de realizar las funciones de sincronismo antes de que llegue el siguiente byte.

2.5. Síncrona.

Transmisión Síncrona: se utilizan canales separados de reloj que administran la recepción y transmisión de los datos. Al inicio de cada transmisión se emplean unas señales preliminares llamadas:

- Bytes de sincronización en los protocolos orientados a byte.

- Flags en los protocolos orientados a bit.

Su misión principal es alertar al receptor de la llegada de los datos.

3. Tipos de Redes.

Las redes según sea la utilización por parte de los usuarios puede ser: compartida o exclusiva.

Redes dedicadas o exclusivas: Son aquellas que por motivo de seguridad, velocidad o ausencia de otro tipo de red, conectan dos o más puntos de forma exclusiva. Este tipo de red puede estructurarse en redes punto a punto o redes multipunto.

Redes punto a punto: Permiten la conexión en línea directa entre terminales y computadoras. La ventaja de este tipo de conexión se encuentra en la alta velocidad de transmisión y la seguridad que presenta al no existir conexión con otros usuarios. Su desventaja sería el precio muy elevado de este tipo de red.

Redes multipunto: Permite la unión de varios terminales a su correspondiente computadora compartiendo una única línea de transmisión. La ventaja consiste en el abaratamiento de su costo, aunque pierde velocidad y seguridad.

Este tipo de redes requiere amplificadores y difusores de señal o de multiplexores que permiten compartir líneas dedicadas.

Redes compartidas: Son aquellas a las que se une un gran número de usuarios, compartiendo todas las necesidades de transmisión e incluso con transmisiones de otras naturalezas. Las redes más usuales son las de conmutación de paquetes y las de conmutación de circuitos.

Redes de conmutación de paquetes: Son redes en las que existen nodos de concentración con procesadores que regulan el tráfico de paquetes.

Paquete: Es una pequeña parte de la información que cada usuario desea transmitir. Cada paquete se compone de la información, el identificador del destino y algunos caracteres de control.

Redes de conmutación de circuitos: Son redes en las que los centros de conmutación establecen un circuito dedicado entre dos estaciones que se comunican.

Redes digitales de servicios integrados (RDSI): Se basan en desarrollos tecnológicos de conmutación y transmisión digital. La RDSI es una red totalmente digital de uso general capaz de integrar una gran gama de servicios como son la voz, datos, imagen y texto. La RDSI requiere de la instalación de centrales digitales.

Las redes según los servicios que satisfacen a los usuarios se clasifican en:

Redes para servicios básicos de transmisión: Se caracterizan por dar servicio sin alterar la información que transmiten. De este tipo son las redes dedicadas, la red telefónica y las redes de conmutación de circuitos.

Redes para servicios de valor añadido: Son aquellas que además de realizar la transmisión de información, actúan sobre ella de algún modo. Pertenecen a este tipo de red: las redes que gestionan mensajería, transferencia electrónica de fondos, acceso a grandes bases de datos, entre otros.

Las redes según el servicio que se realice en torno a la empresa puede subdividirse en:

Redes intraempresa: Son aquellas en las que el servicio de interconexión de equipos se realiza en el ámbito de la empresa.

Redes interempresa: Son las que proporcionan un servicio de interconexión de equipos entre dos o más empresas.

Las redes según la propiedad a la que pertenezcan pueden ser:

Redes privadas: Son redes gestionadas por personas particulares, empresas u organizaciones de índole privado. A ellas sólo tienen acceso los terminales de los propietarios.

Redes públicas: Son las que pertenecen a organismo estatales, y se encuentran abiertas a cualquier usuario que lo solicite mediante el correspondiente contrato.

3.1. Redes de Área Local (LAN).

Es una red que cubre una extensión reducida como una empresa, una universidad, un colegio, entre otros. No habrá por lo general dos ordenadores que disten entre si más de un kilómetro. Una configuración típica en una red de área local es tener una computadora llamada servidor de ficheros en la que se almacena todo el software de control de la red así como el software que se comparte con los demás ordenadores de la red. Los ordenadores que no son servidores de ficheros reciben el nombre de estaciones de trabajo. Estos suelen ser menos potentes y tienen software personalizado por cada usuario. La mayoría de las redes LAN están conectadas por medio de cables y tarjetas de red, una en cada equipo.

3.2. Redes de Área Metropolitana (MAN).

Las redes de área metropolitana cubren extensiones mayores como pueden ser una ciudad o un distrito. Mediante la interconexión de redes LAN se distribuyen la informática a los diferentes puntos del distrito. Bibliotecas, universidades u organismos oficiales suelen interconectarse mediante este tipo de redes.

3.3. Redes de Área Extensa (WAN).

Las redes de área extensa cubren grandes regiones geográficas como un país, un continente o incluso el mundo. Cable transoceánico o satélites se utilizan para enlazar puntos que distan grandes distancias entre si.

Con el uso de una WAN se puede conectar desde España con Japón sin tener que pagar enormes cantidades de teléfono. La implementación de una red de área extensa es muy complicada. Se utilizan multiplexores para conectar las redes metropolitanas a redes globales utilizando técnicas que permiten que redes de

diferentes características puedan comunicarse sin problema. El mejor ejemplo de una red de área extensa es Internet.

4. Redes Ethernet.

Se diseñan redes Ethernet típicamente en dos configuraciones generales o topologías: "bus" y "estrella". Estas dos topologías definen cómo se conectan entre sí los "nodos". Un nodo es un dispositivo activo conectado a la red, como un ordenador o una impresora. Un nodo también puede ser dispositivo o equipo de la red como un concentrador, conmutador o un router.

Una topología de bus consiste en que los nodos se unen en serie con cada nodo conectado a un cable largo o bus. Muchos nodos pueden conectarse en el bus y pueden empezar la comunicación con el resto de los nodos en ese segmento del cable. Una rotura en cualquier parte del cable causará, normalmente, que el segmento entero pase a ser inoperable hasta que la rotura sea reparada. Como ejemplos de topología de bus tenemos 10BASE-2 y 10BASE-5.

10BASE-T Ethernet y Fast Ethernet conectan una red de ordenadores mediante una topología de estrella. Generalmente un ordenador se sitúa a un extremo del segmento, y el otro extremo se termina en una situación central con un concentrador. La principal ventaja de este tipo de red es la fiabilidad, dado que si uno de los segmentos "punto a punto" tiene una rotura, afectará sólo a los dos nodos en ese eslabón. Otros usuarios de los ordenadores de la red continuarán operando como si ese segmento no existiera.

5. Historia de Ethernet.

A finales de 1960, la universidad de Hawai desarrolló una red de área amplia WAN, (Red que se extiende a través de un área geográfica mayor a una LAN). La universidad necesitaba conectar varias computadoras que estaban esparcidas a través

de su campus. La pieza principal en el diseño de la red fue llamado Carrier-Sense Multiple Access with Collision Detection (CSMA/CD).

Carrier-Sense: Significa que la computadora escucha el cable de la red y espera hasta un periodo de silencio para poder mandar su mensaje.

Multiple Acces: Se refiere a que múltiples computadoras pueden estar conectadas en el mismo cable de red.

Collision Detection: Es una protección contra mensajes chocando en el tránsito.

Este temprano diseño de red fue la fundación de lo que hoy es Ethernet. En 1972, Xerox Corporation creó el experimental Ethernet, y en 1975 introdujo el primer producto Ethernet. La versión original de este producto de red fue diseñada como un sistema de 2,94 Mbps conectando hasta 100 computadoras en un cable de un kilómetro.

El Ethernet de Xerox fue tan exitoso que Xerox, Intel y Digital crearon un estándar para Ethernet de 10 Mbps. Este diseño fue la base de la especificación IEEE 802.3. El producto Ethernet se apega en la mayoría de las partes del estándar 802.3.

El CSMA/CD funciona de la siguiente manera: cuando una computadora desea mandar información primero escucha el cable de la red para revisar que no se este usando en ese precioso momento (Carrier-Sense). Esto se oye muy sencillo, pero el problema reside en que dos o más computadoras al escuchar que no se esta usando el cable, pueden mandar al mismo momento su información (Multiple Access), y como solamente puede haber uno y sólo un mensaje en tránsito en el cable se produce una colisión.

Entonces las computadoras detectan la colisión y deciden reenviar su información a un intervalo al azar, es importante que sea al azar ya que si ambas

computadoras tuvieran el mismo intervalo fijo se produciría un ciclo vicioso de colisiones y reenvíos (Collision Detection). Así por ejemplo al detectar la colisión una computadora espera tres milisegundos y la otra cinco milisegundos, siendo obvio que una computadora reenviara en primer lugar y la otra esperará a que el cable este de nuevo sin tránsito.

Evidentemente que en una misma red Ethernet al haber muchas computadoras tratando de enviar datos al mismo tiempo y/o al haber una transferencia masiva de datos se crea un gran porcentaje de colisiones y utilización. Si se pasa del 1% de colisiones y/o 15% de utilización de cable ya se dice que la red está saturada. Además, las señales de este tipo de red tienden a degradarse con la distancia debido a la resistencia, la capacidad u otros factores. Inclusive la señal todavía se puede distorsionar por las interferencias eléctricas exteriores generadas por los motores, las luces fluorescentes y otros dispositivos eléctricos. Cuanto más se aumenta la velocidad de transmisión de los datos. Más susceptible es la señal a degradarse. Por esta razón las normas de Ethernet especifican los tipos de cables, los protectores y las distancias del mismo, la velocidad de transmisión y otros detalles para trabajar y proporcionar un servicio relativamente libre de errores en la mayoría de los entornos.

6. El Modelo 802.3

Otro modelo de red fue desarrollado por el mismo instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónica (IEEE). Debido a la proliferación de Redes de Área Local (LAN) muchos productos aparecieron, y con ello la necesidad de una consistencia, entonces la IEEE empezó a definir estándares de red. El proyecto fue llamado 802, por el año y el mes en que empezó: Febrero de 1980. Del proyecto 802 resultaron numerosos documentos, incluyendo los tres principales estándares para topologías de red.

- 802.3 define estándares para redes de bus, tales como Ethernet, que usa un mecanismo llamado CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection).
- 802.4 define estándares para redes de "token" en bus.
- 80.5 define estándares para redes de "token-ring".

7. Tipos de Medio de Transmisión de Redes Ethernet.

Las redes Ethernet pueden utilizar diferentes tipos de cableado, cada uno con sus beneficios y problemas. Los tres cableados más comunes son Thinnet, Thicknet, y Twisted Pair (Par trenzado).

Thinnet ó 10Base2: puede transmitir datos a 10 Mbps por Banda Base (señales digitales), pudiendo llegar el cableado hasta 185 metros. Se utiliza cable coaxial RG-58 el cual es bastante barato por lo que a esta red también se le conoce como CheapNet. Un mismo segmento de cable puede soportar hasta 30 computadoras. Es el más utilizado y recomendado para redes pequeñas. Utiliza la topología local bus, donde un mismo cable recorre todas y cada una de las computadoras.

Thicknet ó 10Base5: transmite datos a 10 Mbps por Banda Base en un cableado que puede alcanzar 500 metros. El cableado es grueso y es utilizado principalmente para largas oficinas o hasta todas las computadoras de un edificio. Del cable principal (backbone) salen cables usualmente Par Trenzado que se conectan a directamente a cada una de las computadoras. Se pueden conectar hasta 100 computadoras con este cableado en un mismo segmento.

Twisted Pair ó 10BaseT: transmite datos a 10 Mbps por Banda Base y utiliza un Hub (concentrador) desde el cual con cable Par Trenzado se conecta cada una de las computadoras quedando en forma similar a estrella. El Hub queda en el centro de la estrella y funciona como "repetidor". El cable desde el Hub hasta la computadora no debe de medir más de 100 metros.

Fibra Óptica: Para las aplicaciones especializadas son populares los segmentos Ethernet de fibra óptica, o 10BASE-FL. El cable de fibra óptica es más caro, pero es inestimable para las situaciones donde las emisiones electrónicas y los riesgos medioambientales son una preocupación. El cable de fibra óptica puede ser útil en áreas donde hay grandes cantidades de interferencia electromagnética, como en la planta de una fábrica.

La norma Ethernet permite segmentos de cable de fibra óptica de dos kilómetros de longitud, haciendo Ethernet a fibra óptica perfecto para conectar nodos y edificios que de otro modo no podrían ser conectados con cableados de cobre. Una inversión en cableado de fibra óptica puede ser algo revalorizable, dado que según evolucionan las tecnologías de redes, y aumenta la demanda de velocidad, se puede seguir utilizando el mismo cableado, evitando nuevos gastos de instalación.

8. Relación Lógica entre el Modelo 802.3 y el Modelo de referencia OSI.

Ethernet e IEEE 802.3 especifican tecnologías similares; ambas son LAN del tipo CSMA/CD y también son redes broadcast. Esto último significa que cada estación determinada no es el destino propuesto para esos datos. Existen diferencias sutiles entre las LAN Ethernet e IEEE 802.3. Ethernet proporciona servicios correspondientes a la capa 1 y a la capa 2 del modelo OSI, mientras que IEEE 802.3 especifica la capa física, o sea la capa 1 y la porción de acceso al canal de la capa 2 (de enlace), pero no define ningún protocolo de control de enlace lógico. Tanto Ethernet como IEEE 802.3 se implementan a través de hardware.

Existen ciertas reglas que se deben seguir para la técnica CSMA/CD, entre las cuales tenemos:

- La estación transmite si el medio está libre, sino aplica la regla 2.
- Si el medio se encuentra ocupado, la estación continúa escuchando hasta que encuentra libre el canal, en cuyo caso transmite inmediatamente.
- Si se detecta una colisión durante la transmisión, las estaciones transmiten una señal de alerta para asegurarse de que todas las estaciones constatan la colisión y cesan de transmitir.

- Después de transmitir la señal de alerta se espera un intervalo de tiempo de duración aleatoria, tras el cual se intenta transmitir de nuevo (volviendo al paso 1).

La capacidad desaprovechada con CSMA/CD se reduce al tiempo que se tarda en detectar la colisión, que no es mayor que dos veces el retardo de propagación extremo a extremo.

Una regla importante aplicada en la mayor parte de los sistemas CSMA/CD , incluyendo a las normalizaciones IEEE, consiste en que la trama debe ser lo suficientemente larga como para permitir la detección de la colisión antes de que finalice la transmisión ya que si se usan tramas mas cortas , no se produce detección de la colisión.

CAPITULO V.

DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA PROPUESTO.

1. Red de Fibra Óptica.

1.1. Elaboración de un proyecto de fibra óptica.

A continuación se describen los procedimientos seguidos por la corporación CANTV, para la elaboración de proyectos de cables de fibra óptica para redes de telecomunicaciones. Entre los cuales tenemos.

- Seleccionar cuidadosamente la mejor ruta posible para los cables.
- Tomar en consideración el terreno, ambiente, obstáculos y distancias.
- Escoger una ruta de acuerdo a las siguientes técnicas.
 1. Determinar la localización de los puntos de empalmes y las pérdidas en cada uno de ellos, basados en secciones de longitudes estándar de 2 Km. Asegurándose de dejar suficiente cantidad de cables para:
 - Colocar los cables en los herrajes de los tanques.
 - Dejar suficientemente holgados los puntos de empalmes.
 - Cablear las centrales telefónicas.
 2. Supervisar con ingeniería de planta interna las centrales y unidades remotas, para determinar la mejor ruta del cable a seguir desde la fosa del cable (o punto de entrada del cable) a los equipos terminales ópticos.

A continuación se enumeran algunas guías para la selección apropiada de la ruta:

1. No se debe utilizar vías o recorridos de cables de energía para soportar cables de fibra óptica.

2. Se debe buscar una nueva ruta para soportar cables de fibra óptica si la central está equipada con bandejas o no se tienen disponibles escalerillas.
3. Se debe asegurar de no tomar una ruta de cables, que se pudiera congestionar en el futuro.

A parte se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones de diseño:

- Tensión límite a la cual debe ser sometido un cable de fibra óptica. Típicamente 271 Kg. (600 lb).
- Mínimos radios de curvatura:
 1. Diez veces el diámetro del cable cuando este no está bajo tensión.
 2. Veinte veces el diámetro del cable cuando este está bajo tensión.

La precisión o exactitud en las mediciones es crítica, debido a que los cables de fibra óptica vienen en carretes de longitudes específicas.

El diseño de un sistema de fibra óptica puede llegar a ser un proceso complicado. Se deben tomar en consideración muchos factores incluyendo la velocidad de transmisión, la atenuación del enlace, el medio ambiente, los tipos de cables, los tipos de fibras, equipamientos disponibles, tipo de interfaz eléctricos, conectores ópticos, empalmes, protocolos y otros.

No obstante, el proceso puede simplificarse cuando se siguen las instrucciones del fabricante del equipamiento en el momento de su instalación. Estas instrucciones normalmente suministran la suficiente información como para seleccionar la fibra óptica adecuada para una instalación sencilla.

Una de las primeras decisiones a tomar es si debe instalarse un sistema de fibra monomodo o multimodo. Ambos sistemas tienen sus méritos.

Ventajas de un sistema de fibra óptica monomodo.

- Las fibras monomodo tienen la capacidad de transmitir el mayor ancho de banda posible y son ideales para enlaces de transmisión a largas distancias.
- Poseen una atenuación más baja que las fibras multimodo.
- Los cables de fibra monomodo son más económicos que los cables multimodo.

- Disponemos de fibra monomodo para longitudes de onda óptica de 1310 y 1550 nm.

Ventajas de un sistema de fibra óptica multimodo.

- La fibra multimodo se adapta mejor a distancias por debajo de los 2 Km.
- El equipamiento óptico para fibra multimodo es generalmente más económico que el monomodo, pero para distancias cortas el ahorro en el equipo óptico puede equilibrar el costo.
- La fibra multimodo es adecuada para longitudes de onda de 850 y 1310 nm.

De estas ventajas podemos concluir que los sistemas de fibra monomodo generalmente son utilizados para distancias largas (por encima de 2 Km). Por este motivo, realizamos el diseño en base a una fibra óptica monomodo Sumitomo de 24 hilos, el cual se encuentra en almacén.

1.2. Cable de Fibra Óptica.

El medio de transmisión que se utilizará en la Interconexión de URL'S y la Central Palo Verde, es la fibra óptica monomodo, dadas sus múltiples ventajas, además que es el cable que ya se viene usando en la red y es el que se encuentra disponible en el almacén.

Para cables subterráneos, las temperaturas oscilan entre 10°C y 40°C, que es nuestro caso ya que utilizaremos instalaciones subterráneas para nuestro tendido de fibra óptica.

Es necesario destacar que los parámetros característicos de la fibra óptica usada por CANTV para el diseño de dichos enlaces se encuentran dentro de los rangos estipulados por la recomendación de la UIT-T G.652, la cual describiremos con más atención.³

Para ello resumiremos en el siguiente cuadro los valores recomendados para una serie de tipos de fibra óptica que satisfacen los objetivos de esta Recomendación

³ UIT-T G.652 (10/2000) "Características de un cable de fibra óptica monomodo."

Tabla 5.1 Características de un cable de fibra óptica monomodo.

Atributos de la Fibra		
Atributo.	Dato.	Valor.
Diámetro del Campo Modal	Longitud de Onda.	1310 nm
	Gama de valores nominales.	8,6-9,5 μm
	Tolerancia.	$\pm 0,7 \mu\text{m}$
Diámetro del Revestimiento.	Nominal.	125 μm
	Tolerancia.	$\pm 1 \mu\text{m}$
Error de concentricidad del núcleo.	Máximo.	0,8 μm
No circularidad del revestimiento.	Máximo.	2 %
Longitud de onda de corte del cable.	Máximo.	1260 nm
Pérdida de macroflexión.	Radio.	37,5 mm
	Número de vueltas.	100
	Máximo a 1550 nm	0,5 dB
	Máximo a 16XX nm (nota 1)	0,5 dB
Prueba de tensión.	Mínimo.	0,69 GPa
Coeficiente de dispersión cromática.	$\lambda_{0\text{min}}$	1300 nm
	$\lambda_{0\text{max}}$	1324 nm
	$S_{0\text{max}}$	0,093 ps/nm ² *Km
Atributos del cable.		
Coeficiente de atenuación.	Máximo a 1310 nm.	0,4 dB/Km
	Máximo a 1550 nm.	0,35 dB/Km
	Máximo a 16XX nm.	0,4 dB/Km
Coeficiente de PMD	M	20 cables
	Q	0,01 %
	PMD _Q máximo (nota 2).	0,5 ps/ $\sqrt{\text{Km}}$

Nota 1: la longitud de onda superior de esta banda no se ha determinado completamente. Sin embargo XX es menor o igual a 25 nm.

Nota 2: Los fabricantes de cables pueden especificar un coeficiente de PMD máximo facultativo de fibra no cableada para soportar los requisitos primarios de PMD_Q del cable si ésta ha sido verificada par un tipo de construcción de cable específica.

1.3. Recorrido de fibra.

Se tiene previsto el diseño de dos enlaces de fibra óptica punto a punto, usando un cable monomodo de 24 hilos. El primero de ellos permitirá conectar la URL Turumo con la URL Mariches con una distancia aproximada de 2500 metros y el segundo de ellos permitirá conectar la URL Mariches con la central Palo Verde con una distancia de 3000 metros, proporcionando así respaldo a cada una de ellas, todo esto con la finalidad de ofrecer caminos de redundancia para cada uno de los casos planteados con anterioridad.

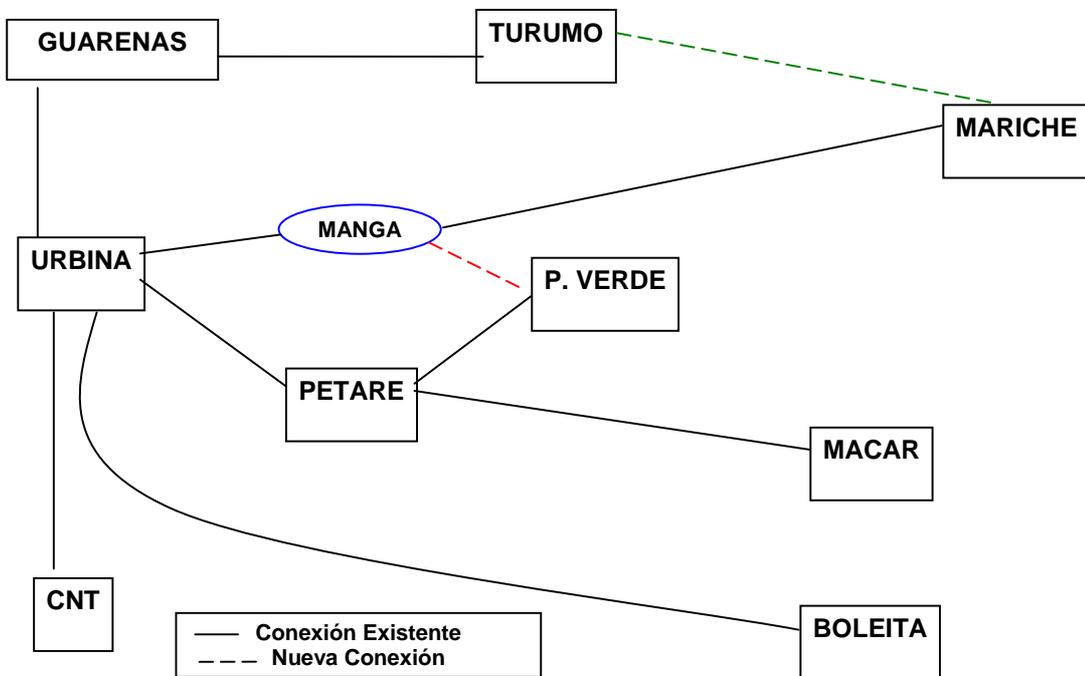


Figura 5.1 Diagrama de Interconexión Palo Verde-La Urbina-Petare.

1.3.1. Descripción del primer enlace Turumo-Mariche.

Ubicación:

URL Turumo: Sector Turumo, Av. Principal, Municipio Sucre.

URL Mariche: Sector Mariche, Carretera Petare-Santa Lucía, Municipio Sucre.

Tipo de Tecnología.

Fibra Optica.

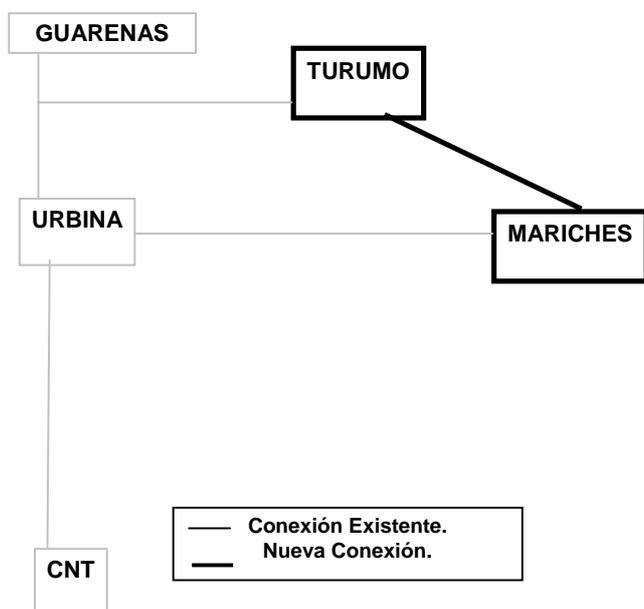


Figura 5.2 Enlace Turumo-Mariche.

Estudio de Factibilidad.

El enlace tiene una longitud de 2500 metros a los cuales se le agregarán 500 metros de cable como reserva, el cual se rige por Normas de Construcción de Enlaces Ópticos de CANTV, que estarán distribuidos en la fosa de la central y en las tanquillas de paso, todo este tendido se hará enterrado y se tomará la ruta que parte de la URL Turumo, hacia la Calle la Línea para conectar con la Av. Ppal. Mariche-Turumo y salir hacia la Carretera Petare-Santa Lucía hasta la URL Mariche (ver esquema). Se tiene previsto la construcción de 4 tanquillas tipo "A", (Figuras

Referenciales en Anexo V), separadas cada una en aproximadamente 625 metros, las cuales funcionarán como tanquillas de paso. Además de estos se deben realizar 3 empalmes de fusión, uno de ellos ubicado en la segunda tanquilla de paso y los otros dos en cada una de las URL'S mencionadas con anterioridad. Como no existe canalización en la zona se tiene previsto la construcción de la canalización usando el método de Zanjado, el cual consta de un excavación cuya profundidad de la zanja no excede los 70 u 80 cm, reduciéndose en zonas rocosas y con un ancho de 25 cm.

Cabe señalar que se deben colocar dos subductos de polietileno cuyos diámetros son próximos a los 30 mm y espesores de unos de 2 mm.

En cada una de las URL's, se deben colocar en los respectivos rack's disponibles un ODF que permita la conexión de nuestro nuevo enlace.

Tabla 5.2 Descripción del enlace Turumo-Mariche.

Magnitudes de Redes		
Identificación	Descripción	Cantidad
Cables Fibra Optica	Cable 24 F.O. monomodo estandar armado	3000 m
Cables Fibra Optica	Cable de Planta Interna.	200 m
Ruta Zanjadora	Excavación c/zanjadora de disco(rend.hasta 1 km/disco	2300 m
Magnitudes de Canalización		
Identificación	Descripción	Cantidad
Tanques y Tanquillas	tanquilla tipo "A"	4

Red de Fibra Optica.

Tipo de conexión: Punto a Punto.

Elemento de red: Equipo Terminal de F.O. en URL, Armario de Repartición de F.O., Unidad Terminal de F.O.

Tiempos estimados de Construcción⁴

Ingeniería de Detalle: 15 días.

⁴ Se obtuvieron usando un software propiedad de CANTV, el cual arroja varios resultados con solo suministrarle una cierta cantidad de datos.

1.3.2. Descripción del segundo enlace Palo Verde-Mariche.

Ubicación:

Central Palo Verde: Urbanización Palo Verde Calle 8, Municipio Sucre.

URL Mariche: Sector Mariche, Carretera Petare-Santa Lucía, Municipio Sucre.

Tipo de Tecnología.

Fibra Óptica.

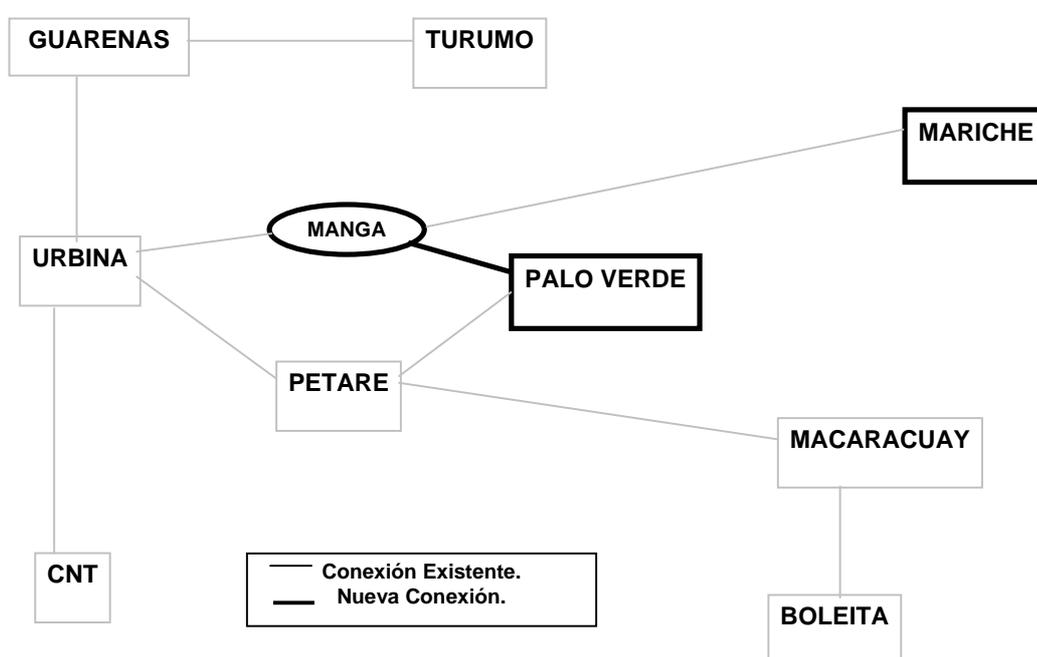


Figura 5.4 Enlace Palo Verde-Mariche.

Estudio de Factibilidad.

El enlace tiene una longitud de 3000 metros, a los cuales se le agregarán 500 metros de cable como reserva, el cual se rige por Normas de Construcción de Enlaces Ópticos de CANTV, que estarán distribuidos en la fosa de la central y en las tanquillas de paso, todo este tendido se hará subterráneo y se tomará la ruta que parte de la Central Palo Verde calle 8, hacia la Calle 6 para posteriormente pasar por la Av.

Principal Terrazas del Ávila, (aprovechando de esta forma una canalización principal que tiene CANTV por dicha zona), hasta conectar con un distribuidor óptico ubicado en la Carretera Petare-Santa Lucía, hasta la URL Mariches (ver esquema). Además de estos se deben realizar 3 empalmes de fusión, uno de ellos ubicado en la mitad del enlace, es decir a unos 1500 metros y los otros dos en ubicados en la Central Palo Verde y en la URL Mariche. En la Central Palo Verde se debe colocar un ODF ubicado en uno de los rack`s disponibles para poder realizar la conexión de nuestro nuevo enlace de fibra óptica.

Tabla 5.3 Descripción del enlace Palo Verde-Mariche.

Magnitudes de Redes		
Identificación	Descripción	Cantidad
Cables Fibra Optica	Cable 24 F.O. monomodo estandar armado	3500 m
Cables Fibra Optica	Cable de Planta Interna.	200 m

Red de Fibra Optica.

Tipo de conexión: Punto a Punto.

Elemento de red: Equipo Terminal de F.O. en URL, Armario de Repartición de F.O, Unidad Terminal de F.O.

Tiempos estimados de Construcción⁵

Ingeniería de Detalle: 15 días.

Preconstrucción: 25 días.

Construcción: 10 días.

⁵ Se obtuvieron usando un software propiedad de CANTV, el cual arroja varios resultados con solo suministrarle una cierta cantidad de datos

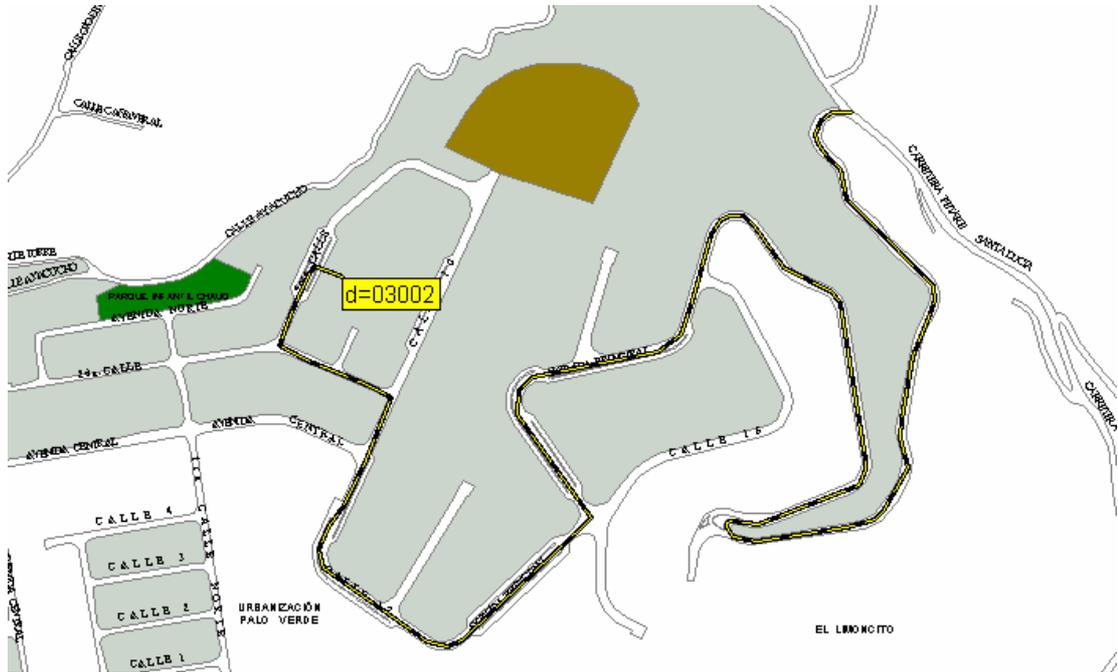


Figura 5.5 Diagrama de interconexión entre Palo Verde-Mariche.

2. Propuestas de SDH.

2.1. Estudio de compatibilidad con los equipos de planta instalada.

Debido a que el diseño de los enlaces de fibra óptica como respaldo se centra solo en su diseño físico y su diseño en cuanto a los parámetros característicos de la fibra óptica, que son proporcionados por el fabricante y por la corporación CANTV y tomando en cuenta que los equipos ya se encuentran instalados, no es necesario instalar nuevos equipos SDH ó PDH ya que los existentes son totalmente compatibles con las características de nuestro diseño.

La problemática se presenta debido a que el cable de fibra óptica que contienen los hilos de interconexión tanto principales como de respaldo se encuentran en la misma canalización y esto afecta indudablemente el servicio en caso de corte, nuestro diseño se basa en crear un nuevo camino redundante que funcione como respaldo y que se encuentre canalizado por otra ruta totalmente independiente a la anterior.

Esto trae como ventaja que no se tenga que interrumpir el servicio al momento de realizar la implementación de este diseño en particular. Solo se deberán seguir las medidas necesarias para Trabajos Programados en la Red dictadas por el Centro de Operaciones de la Red de CANTV (COR), para la activación de dichos enlaces.

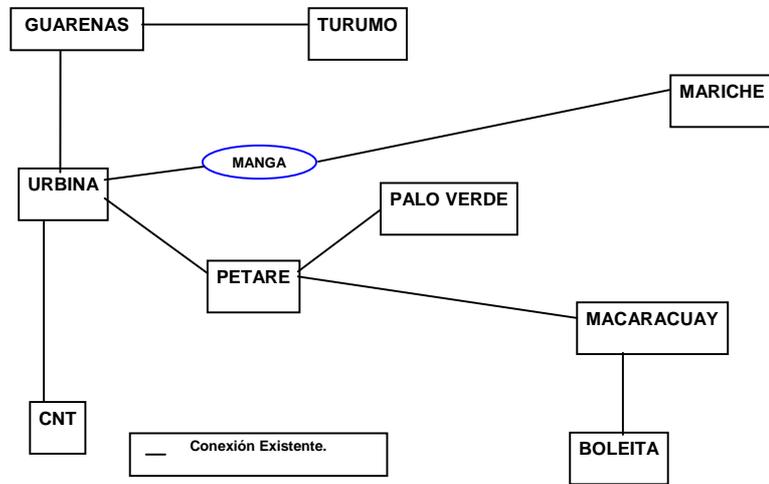


Figura 5.6 Situación Actual del Anillo.

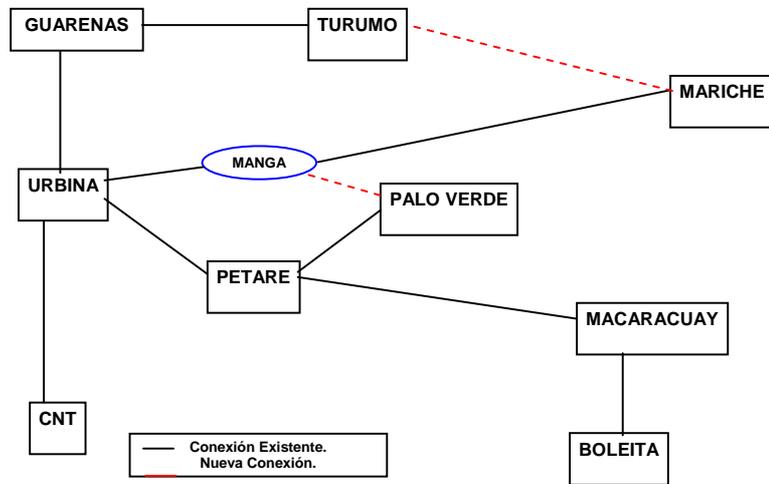


Figura 5.7 Situación Futura del Anillo.

2.2. Factibilidad entre el estándar SDH y PDH.

Como ya mencionamos con anterioridad el medio físico, en este caso fibra óptica, permite el transporte de gran cantidad de tipos de tráfico diferentes basados en jerarquías con velocidades y características diferentes entre las cuales tenemos a SDH (Jerarquía Digital Sincrónica) y a PDH (Jerarquía Digital Plesiócrona). Por tal motivo nuestro diseño permite el transporte de estos datos basados en las características específicas de cada una de ellas.

2.2.1. Capacidad de Crecimiento del Sistema.

Nuestro diseño no solo ofrece factibilidad entre los estándares SDH ó PDH, sino que por ser un medio de transmisión físico permite la transmisión de información a diferentes velocidades y usando diferentes tecnologías, es aquí donde podemos mencionar a CWDM / DWDM

Una de las ventajas que ofrecen los sistemas CWDM / DWDM es que nos permiten aprovechar de forma óptica las inversiones realizadas inicialmente con la introducción de la tecnología, ya que permiten multiplexar diferentes longitudes de onda por la misma fibra. En configuraciones pequeñas se podría partir de capacidad CWDM e ir migrando, posteriormente a tecnología DWDM conservando un crecimiento gradual. Todo este tipo de redes estarán sujetas a continuos procesos de optimización tanto en términos de coste, espacio, flexibilidad, reparto del ancho de banda en tiempo real, compensación de efectos no lineales, compensación de errores en la capa óptica, etc.

3. Sistemas básicos de Fibra Óptica.

Dos factores importantes a considerar en el diseño de enlaces de fibra óptica son *las pérdidas totales del enlace y el máximo ancho de banda del propio enlace.*

El ancho de banda de las fibras ópticas decrece al aumentar la longitud de las mismas. Por lo tanto, es importante conocer la longitud de cable que llevará la instalación y trabajar con el equipamiento óptico apropiado.

Las pérdidas totales de un enlace son las pérdidas totales de potencia de luz en el enlace de fibra óptica debida a todos los factores, incluyendo conectores, empalmes, atenuación en la fibra, curvaturas en los cables, entre otros. Las pérdidas totales del enlace deben estar de acuerdo con las especificaciones del fabricante del equipo óptico con el fin de asegurar un funcionamiento adecuado del enlace.

Por tal motivo es necesario recopilar cierta información del fabricante del cable de fibra óptica, que nos permita dimensionar nuestros enlaces de fibra óptica. Entre los cuales tenemos.

- Recomendaciones para el diámetro de la fibra óptica: 8/125; 50/125; 62,5/125; 100/140.
- Atenuación máxima de la fibra óptica en dB/Km.
- Apertura numérica (AN) recomendada de la fibra óptica.
- Ancho de banda máximo de la fibra óptica (MHz x Km) a la longitud de onda recomendada.
- Longitud máxima recomendada de la fibra óptica.
- Atenuación máxima especificada para el equipo.
- Sensibilidad del receptor del equipo al BER adecuado.
- Potencia media de salida del equipo transmisor.
- Rango dinámico del equipo receptor.

4. Cálculos de los Enlaces Ópticos.

Es necesario realizar los cálculos de los Enlaces Ópticos para poder efectuar la comparación entre los que proporcionan los fabricantes y los valores teóricos, que según estudios previos de las características de las fibras dadas por los fabricantes, se rigen por las recomendaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT-T). Los parámetros a ser considerados son: Atenuación, Dispersión Cromática, Margen de Potencia, ventana de trabajo y la velocidad de transmisión del tráfico de cada uno de los Enlaces Ópticos.

A continuación se indican los valores de los parámetros considerados en el cálculo de los enlaces Turumo-Mariche y Palo Verde-Mariche.

4.1. Atenuación.

El tipo de fibra óptica que se tiene propuesto para cada uno de los enlaces es del tipo monomodo estándar de 24 hilos y su atenuación se aproxima a 0,32 dB/Km, la cual se encuentra entre el rango de 0,25 y 0,35 dB/Km según la recomendación G.652 en la segunda ventana del espectro radioeléctrico, en la región de los 1310 nm.

Para el diseño de nuestros enlaces utilizaremos el peor de los casos, el cual considera una atenuación de 0,35 dB/Km obteniendo así una atenuación máxima.

4.2. Dispersión en la Fibra Óptica.

Existen varias fuentes de dispersión en una fibra óptica, en las fibras monomodo las dos principales fuentes de dispersión son, la dispersión por el modo de polarización (PMD) y la dispersión cromática. En la siguiente ecuación se establece la relación entre las diferentes dispersiones que afectan el ensanchamiento del pulso durante su propagación por una fibra óptica.

$$\sigma_{\text{fibra}}^2 = \sigma_{\text{cromática}}^2 + \sigma_{\text{PMD}}^2$$

4.2.1. Dispersión Cromática.

La Dispersión Cromática puede darse en todos los tipos de fibra y es debido a que el emisor óptico no es totalmente monocromático, ya que produce energía en una banda de longitudes de onda centradas en una frecuencia principal, donde la velocidad de la onda transmitida es dependiente de su longitud de onda y del índice de refracción de la fibra, por lo que las diferentes longitudes de onda que conforman el pulso se propagan a diferentes velocidades y llegan al final de la fibra en diferentes tiempos causando dispersión o ensanchamiento de la señal, y en consecuencia los pulsos pueden interferir unos con otros generando un ruido llamado interferencia intersimbólica (ISI), el cual afecta la tasa de BER en el receptor.

Para el caso de la fibra monomodo estándar en la ventana de 1310 nm, este parámetro lineal es menor a 3,5 ps/(nm x Km); ello representa un óptimo coeficiente comparado con el valor de dispersión en la ventana de 1550 nm donde la dispersión es muy elevada, alrededor de 17 ps/(nm x Km).

Las diferencias en los retardos de las diferentes componentes cromáticas de cada modo pueden ser debidas a dos motivos:

- A las propiedades dispersivas del material que compone la fibra (Dispersión del Material).
- Al guiado en la estructura de la fibra (Dispersión de Guía de Onda).

La dispersión del material (σ_{material}) se debe a las velocidades de los distintos componentes cromáticos que forman parte del espectro del emisor y se definen como:

$$\sigma_{\text{material}} = M(\lambda) * \sigma_{\lambda} * L$$

Donde.

- $M(\lambda)$: coeficiente de dispersión del material.
- L : longitud del enlace.
- σ_{λ} : ancho espectral gaussiano de un pulso que esta dominado por el ancho espectral de la fuente y su valor se determina así:
 - ✓ Para lasers de modo longitudinal (MML), el valor de σ_{λ} es aproximadamente la mitad de la anchura a media altura.
 - ✓ Para lasers de un solo modo longitudinal (DFB), el valor de σ_{λ} viene dado por la anchura a -20 dB dividido por 6,07.

Hay que destacar que el coeficiente $M(\lambda)$ se anula para longitudes de onda próximas a 1300 nm y en consecuencia también la dispersión del material. Que es nuestro caso de diseño.

La dispersión de guía de onda se debe a la variación de la velocidad de grupo con la longitud de onda para un modo en particular. Basándose en la aproximación geométrica se sabe que un modo se define como el ángulo que hay entre el rayo y el eje de la fibra. Si este ángulo se modificara al cambiar la longitud de onda se tendría dispersión. La dispersión de guía de onda se define como:

$$\sigma_{\text{guía}} = - G(\lambda) * \sigma_{\lambda} * L$$

Donde.

- $G(\lambda)$ coeficiente de dispersión de guía de onda.

Finalmente en la ecuación se aprecia como la dispersión del material y de la guía de onda definen la dispersión cromática.

$$\sigma_{\text{cromática}} = \sigma_{\text{material}} + \sigma_{\text{guía}}$$

$$\sigma_{\text{cromática}} = | M(\lambda) - G(\lambda) | * \sigma_{\lambda} * L = | D(\lambda) | * \sigma_{\lambda} * L$$

Donde.

- $D(\lambda)$ coeficiente de dispersión cromática.

4.2.2. Dispersión por Modo de Polarización (PMD).

La dispersión por el modo de polarización (PMD) en una fibra monomodo causa ensanchamiento del pulso de manera similar a la dispersión cromática, generándose una interferencia intersimbólica, la cual es responsable de la degradación de la señal en sistemas de transmisión digital.

La PMD es un fenómeno que causa problemas en sistemas analógicos multicanales como los de cable y TV, y en sistemas digitales de grandes distancias y altas tasas de transmisión (10 Gbps). Se expresa como:

$$\sigma_{\text{PMD}} = D_{\text{PMD}} * \sqrt{L}$$

Donde.

- D_{PMD} es el coeficiente de dispersión de modo de polarización de la fibra, en la cual hay que considerar que el doblado de la fibra pueda incrementarlo.
- σ_{PMD} es el tiempo promedio de los diferentes tiempos de retardo.

Las fibras ópticas tienen un coeficiente de modo de polarización menor a los 0,5 ps/ $\sqrt{\text{km}}$ (UIT-T G.652, G.653, G.654). Para una señal de una velocidad alrededor de los 10 Gbps, este coeficiente va a limitar la longitud de la fibra a 400 Km.

4.3. Cálculo de la Dispersión de la Fibra Óptica Monomodo Estándar Sumitomo.

Los cálculos de dispersión van a estar conformados por los de dispersión cromática y por los de dispersión en modo de polarización. Es importante destacar que la fibra monomodo estándar esta diseñada con un índice escalonado y tiene una longitud de cero dispersión alrededor de los 1310 nm.

4.3.1. Cálculo de la Dispersión Cromática con Fibra Monomodo Estándar Sumitomo.

En nuestro enlace por transmitir a una sola longitud de onda el efecto de la Dispersión Cromática no es muy apreciable, pero es necesario realizarlo debido al avance vertiginoso de la tecnología. Además puede ser muy útil este cálculo para un futuro cercano. Al ser lineal, su cálculo es como sigue:

Para el enlace Turumo-Mariche:

$$L = 3,2 \text{ Km}$$

Tipo de fibra = Estándar

$$\sigma_{\text{cromática}} \text{ de fibra} = 3,5 \text{ ps/nm} \cdot \text{Km}$$

$$\sigma_{\text{cromática}} \text{ del tramo} = L \times \sigma_{\text{cromática}} \text{ fibra} = 3,2 \text{ Km} \times 3,5 \text{ ps/nm} \cdot \text{Km} = 11,2 \text{ ps/nm}$$

Para el enlace Palo Verde-Mariche:

$$L = 3,7 \text{ Km}$$

Tipo de fibra = Estándar

$$\sigma_{\text{cromática}} \text{ de fibra} = 3,5 \text{ ps/nm} \cdot \text{Km}$$

$$\sigma_{\text{cromática}} \text{ del tramo} = L \times \sigma_{\text{cromática}} \text{ fibra} = 3,7 \text{ Km} \times 3,5 \text{ ps/nm} \cdot \text{Km} = 12,95 \text{ ps/nm}$$

Para el caso de la fibra estándar en la ventana de 1310 nm, este parámetro lineal tiene un valor de 3,5 ps/(nm x Km); ello representa un óptimo coeficiente comparado con el valor de dispersión en la ventana de 1550 nm donde la dispersión es muy elevada, alrededor de 17 ps/(nm x Km).

- **Velocidad de Transmisión:** El sistema SDH manejará tributarios STM-1, tributarios 2 Mbit/s y agregados STM-1 de donde se verán más afectados por la dispersión.
- **Ventana de Trabajo:** La ventana de trabajo de la fibra para el sistema SDH se ubica en la segunda ventana del espectro radioeléctrico.

4.3.2. Cálculo de la Dispersión Modo Polarización.

Para el cálculo se tienen los siguientes datos.

La Fibra Monomodo Sumitomo de 24 hilos posee un $D_{PMD} = 0,1 \text{ ps}/\sqrt{\text{km}}$

El ensanchamiento del pulso debido a la PMD se define como:

$$\sigma_{PMD} = D_{PMD} * \sqrt{L}$$

Para el enlace Turumo-Mariche:

$$L = 3,2 \text{ Km}$$

$$D_{PMD} = 0,1 \text{ ps}/\sqrt{\text{km}}$$

$$\sigma_{PMD} = D_{PMD} * \sqrt{L} = \sqrt{(3,2 \text{ Km})} \times 0,1 \text{ ps}/\sqrt{\text{km}} = 0,178 \text{ ps}$$

Para el enlace Palo Verde-Mariche:

$$L = 3,7 \text{ Km}$$

$$D_{PMD} = 0,1 \text{ ps}/\sqrt{\text{km}}$$

$$\sigma_{PMD} = D_{PMD} * \sqrt{L} = \sqrt{(3,7 \text{ Km})} \times 0,1 \text{ ps}/\sqrt{\text{km}} = 0,192 \text{ ps}$$

4.3.3. Cálculo del ensanchamiento total debido a la dispersión cromática y a la PMD con la Fibra Óptica Sumitomo.

El ensanchamiento total debido a la dispersión cromática y a la PMD se define como:

$$\sigma_{\text{fibra}}^2 = \sigma_{\text{cromática}}^2 + \sigma_{PMD}^2$$

Para el enlace Turumo-Mariche:

$$L = 3,2 \text{ Km}$$

$$\sigma_{\text{fibra}} = (\sigma_{\text{cromática}}^2 + \sigma_{\text{PMD}}^2)^{1/2} = ((11,2 \text{ ps/nm})^2 + (0,178 \text{ ps})^2)^{1/2} = 11,2 \text{ ps/nm}$$

Para el enlace Palo Verde-Mariche:

$$L = 3,7 \text{ Km}$$

$$\sigma_{\text{fibra}} = (\sigma_{\text{cromática}}^2 + \sigma_{\text{PMD}}^2)^{1/2} = ((12,95 \text{ ps/nm})^2 + (0,192 \text{ ps})^2)^{1/2} = 12,95 \text{ ps/nm}$$

Cabe destacar que en fibras monomodo no se puede dar el fenómeno de ensanchamiento del pulso, producido por la coexistencia de varios modos.

4.4. Conclusiones sobre los efectos de la dispersión.

En la siguiente tabla se muestran los resultados obtenidos sobre los cálculos de la dispersión con la fibra óptica monomodo estándar sumitomo de 24 hilos para los tramos Mariche-Turumo y Palo Verde-mariche, el valor nominal de dispersión de los equipos terminales y además se indica la máxima velocidad de transmisión para el código NRZ.

Tabla 5.4 Efectos de la Dispersión.

Enlace	Turumo-Mariche	Palo Verde-Mariche
σ_{fibra}	11,2 ps/nm	12,95 ps/nm
Dispersión Nominal del Equipo Terminal a 565 Mbps.	120 ps/nm	120 ps/nm

4.5 Cálculo de Atenuación.

4.5.1. Cálculo de Atenuación de la Fibra (dB/Km).

El valor del coeficiente de atenuación en el cable de fibra óptica se estimará por defecto para el diseño el peor de los casos dado por el fabricante, en este caso sería de 0,35 dB/Km, el cual viene expresado en decibeles/Kilómetro. Teóricamente,

para obtener el valor de atenuación en dB, sólo basta multiplicar la atenuación considerada por la distancia real del tramo; es decir:

Para el enlace Turumo-Mariche:

$$d = 3,2 \text{ Km.}$$

$$\text{Coeficiente de Atenuación} = 0,35 \text{ dB/Km}$$

$$\text{Atenuación de la fibra} = d \times \text{Coef. Att} = 3,2 \text{ Km} \times 0,35 \text{ dB/Km} = 1,12 \text{ dB}$$

Para el enlace Palo Verde-Mariche:

$$d = 3,7 \text{ Km.}$$

$$\text{Coeficiente de Atenuación} = 0,35 \text{ dB/Km}$$

$$\text{Atenuación de la fibra} = d \times \text{Coef. Att} = 3,7 \text{ Km} \times 0,35 \text{ dB/Km} = 1,295 \text{ dB}$$

4.5.2. Cálculo de Atenuación debido a los conectores.

La pérdida debida a los conectores involucrados en el sistema se estima que sea de 0,2 dB promedio, su cálculo es simplemente el producto de ésta atenuación por el número de conectores.

Para el enlace Turumo-Mariche:

$$N^{\circ} \text{ conectores} = 2$$

$$\text{Atenuación del conector} = 0,2 \text{ dB}$$

$$\text{Atenuación por conectores} = N^{\circ} \text{ Conectores} \times \text{Atenuación del Conector} = 2 \times 0,2 = 0,4 \text{ dB}$$

Para el enlace Palo Verde-Mariche:

$$N^{\circ} \text{ conectores} = 2$$

$$\text{Atenuación del conector} = 0,2 \text{ dB}$$

$$\text{Atenuación por conectores} = N^{\circ} \text{ Conectores} \times \text{Atenuación del Conector} = 2 \times 0,2 = 0,4 \text{ dB.}$$

4.5.3. Cálculo de Atenuación debido a los Empalmes.

En cada uno de los enlaces de fibra óptica a ser diseñados se usarán empalmes de fusión, ya que esa es la técnica de empalmes que emplea CANTV, y es la que presenta menor atenuación en comparación con otros tipos de empalmes. Para el empalme de fusión se tiene una pérdida de 0,04 dB.

Para el enlace Turumo-Mariche:

Atenuación del empalme de fusión = 0,04 dB

Atenuación por empalme = (Atenuación empalmes por fusión) x (d/2 - 1)
Atenuación por empalme = 0,04 dB x (3,2/2 - 1)

Atenuación por empalme = 0,024 dB

Para el enlace Palo Verde-Mariche:

Atenuación del empalme de fusión = 0,04 dB

Atenuación por empalme = (Atenuación empalmes por fusión) x (d/2 - 1)
Atenuación por empalme = 0,04 dB x (3,7/2 - 1)

Atenuación por empalme = 0,034 dB

Para el enlace Turumo-Mariche:

Atenuación Total (Att.) = Atenuación de la fibra + Atenuación por conector +
Atenuación por empalme

Atenuación Total = 1,12 dB + 0,4 dB + 0,024 dB

Att (dB) = 1,544 dB

Para el enlace Palo Verde-Mariche:

Atenuación Total (Att.) = Atenuación de la fibra + Atenuación por conector +
Atenuación por empalme

Atenuación Total = 1,295 dB + 0,4 dB + 0,034 dB

Att (dB) = 1,729 dB

4.6. Cálculo del Margen de Potencia del Sistema.

Este cálculo es necesario para poder compararlo con el valor de atenuación de la fibra, de este modo podemos conocer si es posible realizar el enlace. Se obtiene de la diferencia de la potencia de transmisión y la sensibilidad del equipo terminal SDH; particularmente se asumirá los valores indicados en las especificaciones del fabricante Ericsson, ya que se cuentan con estos equipos.

El margen de potencia se define como la diferencia entre la potencia mínima posible del transmisor y la potencia mínima necesaria por el receptor. Por poseer los mismos equipos terminales en ambos enlaces, los cálculos son exactamente iguales y se presenta a continuación.

$$\text{Margen de Potencia (MP)} = P_{tx} - S_{rx} = -10 \text{ dBm} - (-34.5 \text{ dBm}) = 24,5 \text{ dB}$$

$$\text{MP} = 24,5 \text{ dB}$$

Con respecto al parámetro atenuación, teóricamente se concluye que para los enlaces Turumo-Mariche y Palo Verde-Mariche, funcionarán adecuadamente debido a que las pérdidas de los mismos son menores que la diferencia de potencias emitida por los transmisores y esperadas por los receptores.

5. Valoración Técnica de un enlace de Fibra Óptica.

Esto no es más que la tabulación de la dispersión y todas las pérdidas de dichos enlaces. Esas pérdidas son debidas a la participación de todos los componentes del enlace óptico, como la propia fibra, los empalmes, los conectores, etc. También se incluye la potencia media de salida del generador de luz, la sensibilidad del receptor y la potencia de luz recibida.

Es necesario realizar esta valoración técnica para los dos enlaces a ser diseñados de tal forma de poder caracterizar cada uno de ellos.

5.1. Enlace de fibra óptica entre Turumo-Mariche.

Para este enlace se realizaran 120 empalmes de fusión, 24 de ellos en una manga ubicada en la mitad del enlace, 48 en la URL Mariche y 48 en la URL

Turumo. Se tiene estimado instalar 2 equipos terminales de fibra óptica en cada una de las URL'S, se instalarán 48 pigtails que permitirán la conexión de los cables de fibra óptica con los equipos terminales. También se emplearán un aproximado de 200 metros de cable de fibra óptica de planta interna en cada una de las URL'S mencionadas. Así como la utilización de 3000 metros de cable de fibra óptica para planta externa.

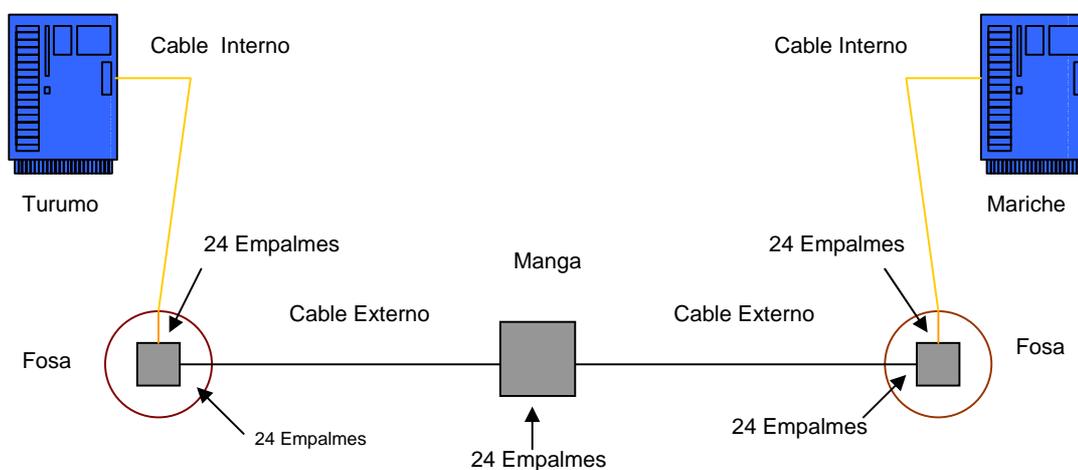


Figura 5.8 Ubicación de los Empalmes de Fusión.

Tabla 5.5 Enlace de Fibra Óptica Turumo-Mariche.

Enlace	Turumo-Mariche
Pérdidas de un enlace de fibra óptica a 1310 nm	1,12 dB
Pérdidas en los empalmes.	0,024 dB
Pérdidas de Conexión	0,4 dB
Pérdidas totales del enlace óptico.	1,544 dB.
Dispersión Total	11,2 ps/nm.
Exceso sobre el margen de Potencia:	22,956 dB

5.2. Enlace de fibra óptica entre Palo Verde-Mariche.

Para este enlace se realizarán 120 empalmes de fusión, 24 de ellos en una manga ubicada en la carretera Petare-Mariche, 48 en la URL Mariche y 48 en la Central Palo Verde. Se tiene estimado instalar 2 equipos terminales de fibra óptica uno en la Central Palo Verde y el otro en la URL Mariches, se instalarán 48 pigtails que permitirán la conexión de los cables de fibra óptica con los equipos terminales. También se emplearán un aproximado de 200 metros de cable de fibra óptica de planta interna en la URL Mariches y en la fosa de la Central Palo Verde. Así como la utilización de 3500 m de cable de fibra óptica para planta externa.

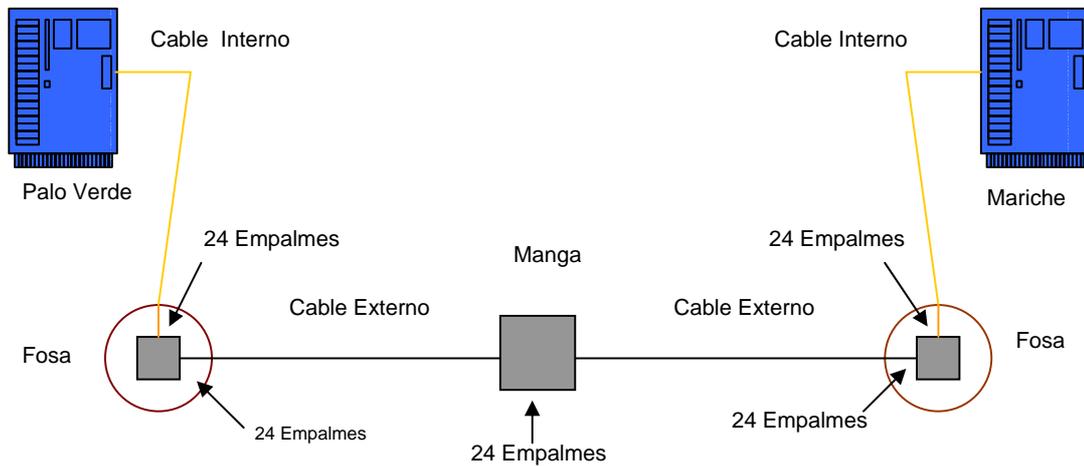


Figura 5.9 Ubicación de los Empalmes de Fusión.

Tabla 5.6 Enlace de Fibra Óptica Palo Verde-Mariche.

Enlace	Palo Verde-Mariche
Pérdidas de un enlace de fibra óptica a 1310 nm	1,295 dB
Pérdidas en los empalmes.	0,034 dB
Pérdidas de Conexión	0,4 dB
Pérdidas totales del enlace óptico.	1,729 dB.
Dispersión Total	12,95 ps/nm.
Exceso sobre el margen de Potencia:	22,771 dB

Las pérdidas de un enlace de fibra óptica son el total de pérdidas de dicho enlace para el tramo total de fibra instalada, a la longitud de onda de trabajo.

Las pérdidas de los empalmes son debidas a los empalmes de fusión en el enlace de fibra óptica. Las pérdidas en los empalmes por fusión están normalmente por debajo de los 0,1 dB.

Las pérdidas de conexión son el total de pérdidas debidas a las conexiones en el enlace de fibra óptica. Están excluidas las pérdidas debidas a los conectores que unen los cordones con el equipo de luz; estas pérdidas ya han sido tenidas en cuenta por el fabricante del equipo en sus hojas de especificaciones técnicas.

El total de pérdidas del enlace es la suma de todas las pérdidas ópticas en dB. La potencia de salida del transmisor es obtenida de las especificaciones de los equipos.

Es necesario destacar que en la Urbina, Palo Verde y Petare se encuentran disponibles escalerillas para soportar el cable de fibra óptica de planta interna que se pretende instalar, que dependerán de la ubicación de los ODF en cada una de ellas. Además se tiene previsto el uso de las fosas y de las respectivas canalizaciones que permitan el acceso a las diferentes Centrales y URL'S.

En los anexos se encuentran fotos de las diferentes Centrales y URL'S, donde se puede observar las canalizaciones existentes, la infraestructura física de cada una de ellas, así como de la ruta cada de los diferentes enlaces de fibra óptica.

5.3. Descripción de la conexión entre Palo Verde-La Urbina-Petare.

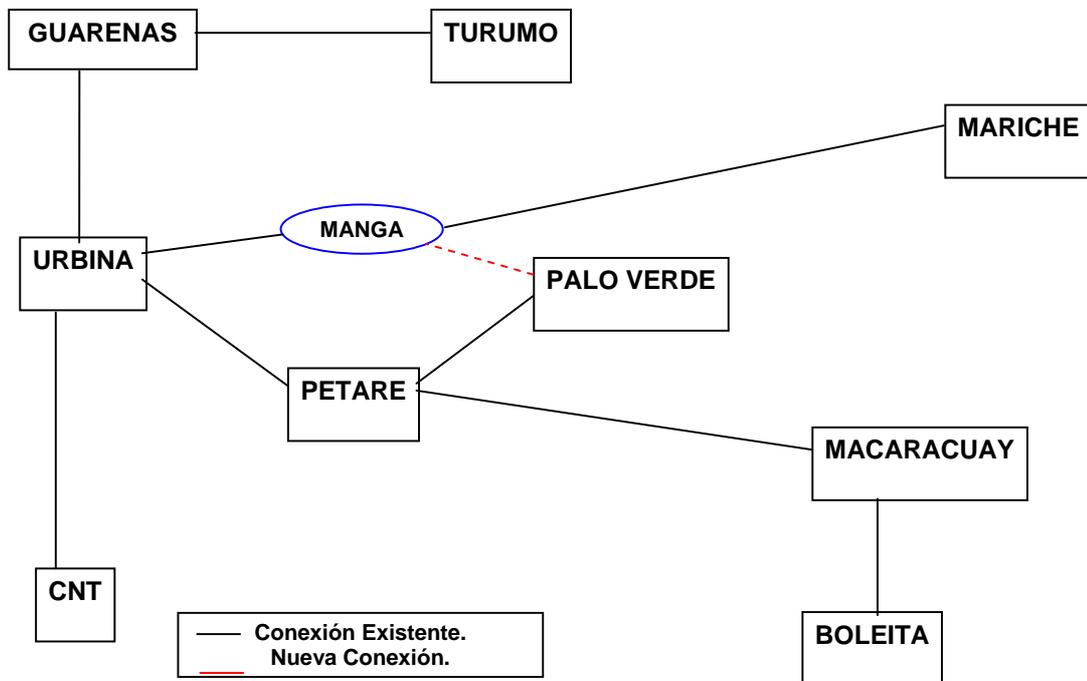


Figura 5.10 Diagrama de conexión Palo Verde-La Urbina-Petare.

Este enlace se conoce con el nombre de Palo Verde-la Urbina-Petare debido a que es Palo Verde y la Urbina donde se encuentran los equipos terminales, y la URL Petare solo es un tránsito entre ambos equipos terminales.

Como se describió con anterioridad este enlace de fibra óptica parte desde la Central Palo Verde hasta una manga ubicada en la carretera Petare Santa Lucía, y proveerá respaldo al nuevo anillo formado por las Centrales y URL'S Palo Verde, Petare y la Urbina. Para esto es necesario realizar el sangrado de la manga ubicada en la carretera Petare Santa Lucía para poder aprovechar el cable de fibra óptica que de allí se dirige a la Urbina.

A continuación se describe el procedimiento empleado por CANTV para el sangrado de un cable de fibra óptica.

Plan de Trabajo.

Se debe notificar la COR del inicio de la actividad, así como, llamar al personal de protección integral de CANTV para que verifique los implementos de seguridad descrito en este procedimiento.

Acceso a la tanquilla e identificación de la caja de empalmes.

El personal de CANTV procede a acceder a la tanquilla en la carretera Petare Santa Lucia donde se encuentra la caja de empalmes (manga) con el cable de fibra óptica.

Una vez identificada la caja de empalmes (manga) donde se encuentran los empalmes se notificará al COR de la apertura de la caja de empalmes (Manga).

Identificación y fusión de las fibras.

Se deben identificar los hilos de fibra a intervenir en el cable la Urbina-Mariche que luego se fusionarán con los hilos de fibra provenientes de la Central Palo Verde. Se procede a cortar los hilos de fibra a los extremos del empalme mecánico.

Se realiza el corte de los hilos de fibra, se limpia cuidadosamente la fibra eliminando grasa o suciedad en el hilo de fibra.

Se corta la fibra nuevamente con un cortador a punta de diamante, cuyo ángulo de corte no deberá ser mayor de 0,5°.

Una vez cortadas ambas fibras se colocan según código de color en la maquina de empalmar en la cual se produce la fusión por alineación del núcleo, la perdida de la fusión no deberá ser mayor de 0,02 dB.

Posteriormente para proteger la fusión se colocará en el área fusionada una manguita de 60 mm la cual será termo encogida por un lapso de 1 minuto en el horno que trae la empalmadora.

Se procede a colocar el empalme fusionado en la posición que corresponda en la caja de empalme (Manga) y se procede a sellarla.

Se verificara el orden y la limpieza del área una vez ejecutada la operación.

Se llamará al COR para comprobar que no existan anomalías en los sistemas que operan en el cable de fibra la Urbina-Mariches.

Cierre de la Tanquilla.

Habiendo verificado con el personal de COR el normal funcionamiento de los sistemas de transmisión que operan en el Cable la Urbina-Mariches se procede al cierre de la tanquilla.

5.4. Descripción de la conexión entre Turumo-La Urbina-Guarenas.

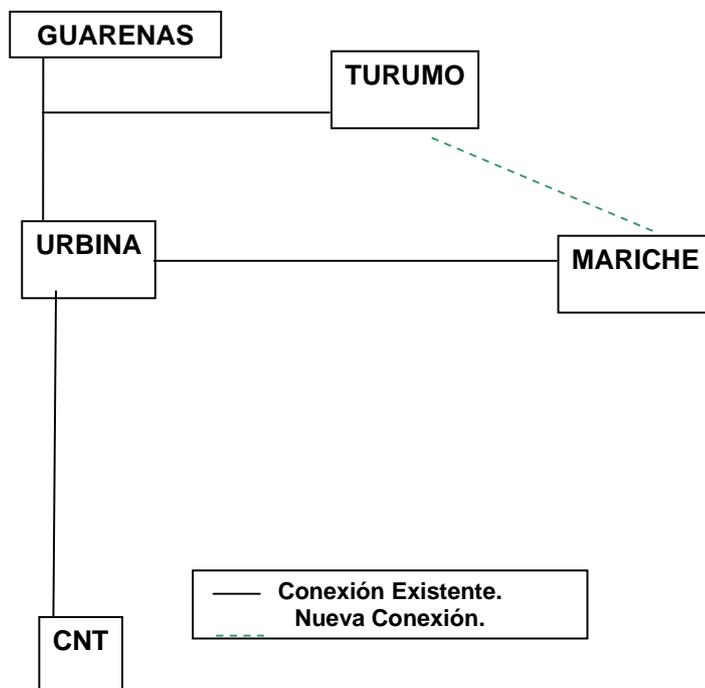


Figura 5.11 Diagrama de conexión Turumo-La Urbina-Guarenas.

El segundo enlace a ser diseñado fue entre la URL Mariche y la URL Turumo, el cual es un enlace punto a punto entre ambas URL'S.

Este enlace permitirá el tránsito desde la Central La Urbina hasta la Central Guarenas, ante cualquier corte o afectación del servicio entre el enlace principal que parte desde CNT⁶ hacia Guarenas. Este enlace punto a punto proporciona un camino de redundancia entre las centrales anteriormente mencionadas, a través de un anillo que se cierra en la Urbina.

⁶ CNT (Centro Nacional de Telecomunicaciones).
Av. Libertador Edif. Equipos II piso 1. Caracas

5.5. Descripción de la conexión entre La Urbina-Mariche.

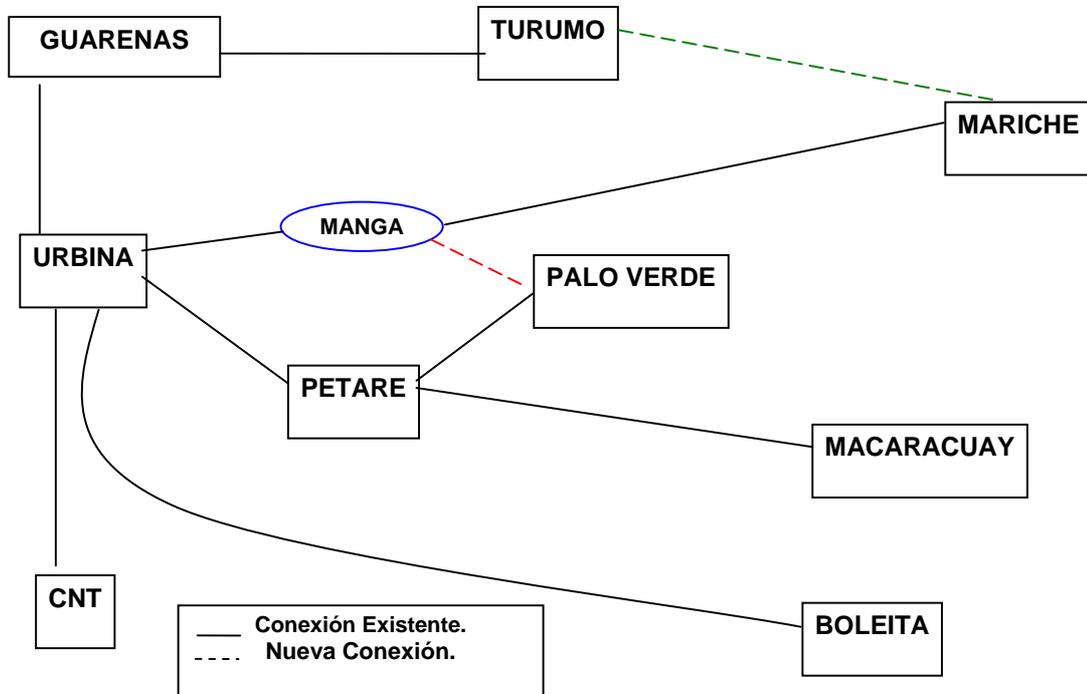


Figura 5.12 Diagrama de conexión La Urbina-Mariche.

El enlace punto a punto entre las URL'S Mariche y Turumo se cierran en anillo con la Urbina proporcionando así un nuevo camino entre la URL Mariche y la Urbina logrando así que exista comunicación ininterrumpida entre ambos en el caso de exista un corte de fibra por el camino principal que comunica la Urbina con Petare. Este nuevo camino de redundancia es de vital importancia ya que ofrece respaldo a una serie de servicios entre ellos, una cantidad de radio bases de Movilnet que se encuentran interconectadas por fibra óptica entre Mariche y la Urbina.

6. Aspectos generales de los nuevos enlaces de fibra óptica.

6.1. Requisitos de confiabilidad.

La confiabilidad del enlace viene determinada principalmente por los equipos instalados. Los proveedores de estos equipos se rigen por las recomendaciones de la UIT y en nuestro caso garantizan que los equipos mantendrán una confiabilidad superior al 99,999 % según recomendaciones de la UIT-T (G.826)⁷ y una vida útil de servicio superior a veinte (20) años.

6.2. Centro de Operaciones de la Red (COR).

➤ **Misión.**

Garantizar el adecuado monitoreo de los componentes y servicios contratados siguiendo los estándares de Control de Calidad, a fin de realizar la detección y seguimiento adecuado de los incidentes relacionados con los servicios.

➤ **Funciones.**

- Supervisar los parámetros operativos necesarios para garantizar la calidad del transporte de datos, telefonía y operación de servidores según las recomendaciones de los responsables de los servicios.
- Realizar la inclusión de los servicios contratados de acuerdo a los procedimientos de pase a producción siguiendo los estándares de control de calidad.
- Notificar a las unidades involucradas de los incidentes que puedan afectar la calidad del servicio prestado.
- Desarrollar las aplicaciones necesarias para efectuar un monitoreo y control efectivo y proactivo de la plataforma de transporte de datos, telefonía y servidores.
- Definir los parámetros operativos necesarios para garantizar la calidad de los servicios prestados de acuerdo con los estándares

⁷ UIT-T, *Recomendación G.826 (2/1999)*, “Parámetros y objetivos de las características de error para trayectos digitales internacionales de velocidad”.

internacionales, las mejores prácticas del negocio, los contratos de servicio y los objetivos de la empresa.

- Supervisar y controlar que los servicios de los clientes corporativos, externos e internos, con soporte de primer y segundo nivel al escritorio de oficina, conectividad de Redes, Telefonía y otros servicios de soporte a plataformas TI, se cumplan bajo los estándares de calidad internacional, cumpliendo los acuerdos de Niveles de Servicios contratados.
- Controlar que el servicio de monitoreo de los componentes y servicios contratados se realice siguiendo los estándares de Control de Calidad, a fin de realizar la detección y seguimiento adecuado de los incidentes relacionados con los servicios.

6.3. Configuración de las señales para que los nuevos enlaces de Fibra Óptica puedan ser monitoreados por el COR.

Una vez implementado el proyecto se deberá realizar un contacto con el COR a fin de realizar las pruebas necesarias y las respectivas mediciones de potencia, para que el nuevo enlace de fibra óptica pueda ser monitoreado las 24 horas del día y los 365 días del año garantizando así el buen funcionamiento de la red de telecomunicaciones de CANTV.

6.4. Servicios y tipos de clientes que se interconectan por Fibra Óptica en ambos enlaces.

La información concerniente a los clientes y a los diferentes tipos de servicios que se interconectan por fibra óptica corresponde a un levantamiento de la información contenida en los ODF de la central La Urbina debido a que es esta la que está conectada directamente con todas aquellas centrales y URL'S que se estudiaron con anterioridad. Es en ella donde se encuentran los equipos terminales de cada uno de los enlaces anteriormente descritos. Esta información se encuentra plasmada en hojas de cálculo, ya que es este el formato que considero la Gerencia de Transmisión

Región Capital como adecuado. Estas hojas de cálculo le permiten al personal de Mantenimiento de Fibra Óptica adjunto a esta Gerencia la identificación rápida y confiable de los diferentes tipos de enlaces y servicios que ofrecen cada uno de ellos, ya que la información se encuentra levantada para cada cable y para cada hilo de fibra óptica ubicados en los ODF. Es de gran importancia esta identificación para el personal de Mantenimiento de Fibra Óptica al momento de que el COR emita alguna orden de trabajo referida a ellos. En los anexos se encuentran el levantamiento realizado en la Central la Urbina.

CAPITULO VI.

INSTALACIONES.

1. Diseño de la canalización.

Debido a la topología del terreno y a las características físicas del mismo es necesario usar instalaciones subterráneas para el tendido de dichos enlaces. Se debe aprovechar las canalizaciones ya existentes pertenecientes a CANTV, que en este caso están ubicadas en la calle principal de Terrazas del Ávila y en la calle 6 y 8 de la Urbanización Palo Verde y abarcan todo el recorrido de nuestro nuevo enlace. En los anexos se encuentra el plano de la Central Palo Verde que muestra las respectivas canalizaciones. Por otro lado usaremos el tendido en Zanja para aquellos trayectos donde no existan canalizaciones, que es el caso entre la URL Turumo y la URL Mariche. El procedimiento detallado de cada uno de los tipos de canalizaciones subterráneas, así como del método de zanjado lo describiremos a continuación.

1.1. Instalaciones subterráneas.

En este tipo de instalaciones debe distinguirse entre el cable enterrado en zanja y aquel que esta canalizado. Primeramente se realiza un recorrido al terreno, cuyo objetivo es el de determinar el trazado del cable de fibra óptica, tanto en tierra como en conductos existentes o a construir. Una vez realizado el recorrido se determina el método de instalación de fibra óptica más conveniente, según las condiciones del terreno. Luego se realiza una medida aproximada para obtener la longitud de dicho cable. La ubicación de las tanquillas se determina considerando las longitudes de los carretes de cable, con la finalidad de disminuir al máximo el número de empalmes.

1.2. Tendido del Cable en las Canalizaciones.

Existen dos formas de Cable Canalizado; aquel que se introduce en canalizaciones nuevas o existentes, unos a continuación del otro y el que se introduce en conductos flexibles de PVC, que a su vez van enterrados.

En el tendido de canalizaciones nuevas o existentes, se disponen en cada uno de ellos varios subconductos de polietileno, que permitirán el alojamiento de un cable de fibra óptica en cada uno de ellos.

Ventajas de la Utilización de Subconductos.

- Las canalizaciones existentes son siempre de hormigón, con un alto coeficiente de rozamiento, lo que hace aumentar la tensión del tendido, siempre peligrosa en cables de este tipo.
- En muchas ocasiones el grado de congestión de las canalizaciones existentes es muy alto y la utilización de los subconductos lo hará aumentar en grado mínimo.

Subconductos de Canalizaciones.

El diámetro de los subconductos de polietileno será variable dependiendo del tipo de cable a utilizar; los tubos más utilizados en las administraciones telefónicas tienen diámetros próximos a los 30 mm y espesores de unos de 2 mm.

Tendido del Cable en el Subconducto.

La primera acción consiste en lubricar el conducto, lo cual disminuirá la tensión del tendido, debe hacerse con un material que se elimine con el tiempo para evitar que se forme cuerpo en el cable al colocarlo en el conducto.

Este tipo de tendido debe hacerse por procedimientos manuales. El tendido se lleva a cabo mediante el tiro de la punta del cable, auxiliándose de una cuerda guía. Además es necesario realizar un monitoreo constante de la tensión de tendido para garantizar el éxito en la construcción.

Empalme de los Cables.

Las uniones entre trozos sucesivos se realizan con mangas de plástico, las cuales son herméticas y con capacidad para almacenar al menos las fibras correspondientes al cable que se tienda. Las fibras de los cables a empalmar se distribuyen en bandejas sucesivas.

Una vez empalmadas las secciones contiguas del cable en el interior de la manga, se cierra y se grapa sobre la pared del recinto, procurando que quede a la mayor altura posible. Todo esto para que queden protegidos del agua, debido a que es una instalación subterránea.

Con frecuencia se dejan unos 50 metros de cable en estas tanquillas en previsión de cualquier avería (Según Normas de Construcción de Enlaces Ópticos en CANTV). Del mismo modo en el interior de la manga se dejan uno o dos metros de fibra, en previsión de alguna ruptura del cable.

1.3. Tendido del Cable en la Zanja.

Este tipo de tendido se usa en rutas largas y cuando las condiciones del terreno lo permiten. Para este tipo de tendido se usan maquinas zanjadoras muy sofisticadas que profundizan en la zanja, nivelan el fondo, disminuyen la tierra extraída, entierran los tubos y por último cierran la zanja.

La profundidad de excavación, cualquiera que sea el procedimiento que se utilice, depende de las dificultades que ofrezca el terreno y de la proximidad de carreteras o zonas muy transitadas. En general la profundidad de la zanja no excede los 70 u 80 cm, reduciéndose en zonas rocosas y con un ancho de 25 cm.

Para el caso en que el cable se entierre directamente en la zanja, se realizan los siguientes pasos:

- El fondo de la zanja estará formado por un lecho de tierra fina (sin piedras) o de arena, de unos 0,05 m de espesor mínimo sobre las aristas vivas del terreno.

- Después del desbobinado del cable, este será recubierto con una capa fina de tierra o de arena, de unos 0,2 m de espesor mínimo.

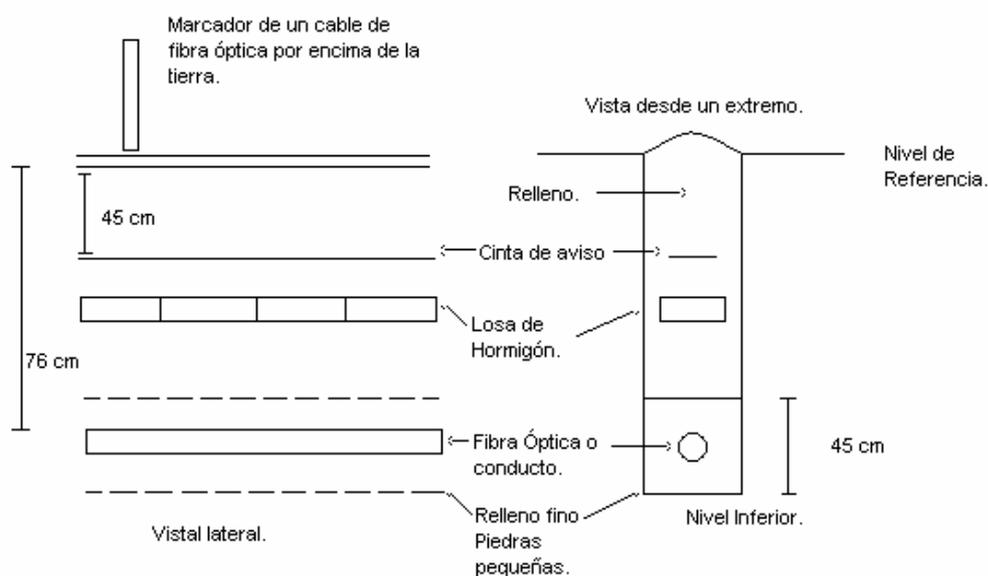


Figura 6.1 Diagrama del cable de Fibra Óptica enterrado.

1.4. Instalación de los conductos en la zanja.

Una vez excavada la zanja, hay que proceder al tendido de los subconductos que alojaran al cable. Si es que no se opta por enterrarlo directamente. Para el tendido de los conductos en la zanja es necesario recurrir a los siguientes procedimientos:

Tubos Independientes: tirados desde carretes contiguos simultáneamente con una misma manga de tiro y unidos posteriormente a intervalos regulares mediante mordazas, a las que se interpone un material elástico para no dañar los tubos. El diámetro de cada tubo es de 30 mm.

Tubos Unidos: en fábrica por sus generatrices, formando un conjunto triangular que descansara sobre el fondo de la zanja. Es el más rápido y más usado actualmente. El diámetro de cada tubo está entre 30 y 40 mm, con un espesor de 2 mm. Suele

utilizarse el primer tubo para alojamiento del cable de trabajo, el segundo para ampliaciones posteriores y el tercero como reserva.

El tendido de estos tubos se hace mediante el empleo de las máquinas zanjadoras o mediante el tendido directo del rollo. Después de tender los conductos en zanja, se introduce un mandril con hilo de guía en uno de ellos para instalar después el cable óptico.

1.5. Tendido del cable en la zanja.

Antes de tender el cable es necesario como ya se explico, lubricar el conducto para disminuir la tensión de tendido, que se hará en lo posible con máquinas que dispongan de elementos de control de dicha tensión.

Se requiere un control continuo de la tensión a lo largo de todo el cable durante el proceso de tendido, para evitar que se superen los valores máximos preestablecidos, que originarían daños irreversibles al núcleo de la fibra.

1.6. Recomendaciones sobre las Instalaciones Subterráneas.

- Es necesario elegir el mejor método, teniendo como parámetros de selección el que mejor se adapte a las condiciones geográficas y que ofrezca mayores beneficios económicos.
- Realizar un estudio, dimensionamiento y selección de las rutas para el tendido del cable de fibra óptica en base a los planos topográficos del sector.
- Inspección de las rutas seleccionadas para el tendido.
- Descripción del tipo de cable de fibra óptica que se va a utilizar, así como el estudio de sus parámetros proporcionados por el fabricante.
- Revisión e inspección de los sótanos en las diferentes centrales y URL de manera de garantizar las condiciones óptimas, par dicha instalación.

2. Instalaciones de cable en interiores.

2.1. Tubos Corrugados.

Para la instalación del cable de fibra óptica en interiores, se utilizan los llamados tubos corrugados, los cuales están fabricados de un material plástico flexible y de color naranja que permiten la colocación del cable de fibra óptica en su interior, y que posteriormente son fijados a las respectivas escalerillas. Estos tubos corrugados proporcionan protección y evitan que el cable de fibra óptica pueda ser curvado más allá de su límite de curvatura, ya que estos tubos corrugados presentan una curvatura máxima antes de su deformación, que se encuentra directamente asociada con la máxima curvatura de un cable de fibra óptica.

2.2. Recorrido en las centrales.

Cuando un cable de fibra óptica entra a una central, se debe empalmar a un cable de interiores cerca de la entrada del cable. En ese punto se debe usar un panel de conexiones, que puede manejar varios cables para su distribución. Esto proporciona un punto común de distribución de fibra óptica dentro de la central y permite que se puedan utilizar, a lo largo de la misma. Los cables de exteriores suelen ser muy rígidos y pesados, y son difíciles de instalar en los pasajes estrechos de las centrales. Las rutas horizontales del cable se pueden situar sobre techos suspendidos o bajo suelos elevados. El conducto, la bandeja del cable o el cable se fijan al suelo o al techo mediante abrazaderas adecuadas.



Figura 6.2 Caja de Empalme (Manga).

2.3. Bandeja de empalmes.

Las bandejas de empalme se usan para proteger y mantener los empalmes individuales. La bandeja de empalme debe adaptarse al tipo de empalme realizado. Estas pueden ser sensibles a la longitud de onda óptica. Las bandejas de empalme normalmente dan cabida a 12 empalmes y un gran número de ellos se usan juntos para empalmar un cable largo de fibra. Todas las fibras de la bandeja terminan en el tubo de protección del cable. No deben exponerse las fibras sin protección fuera de la bandeja de empalmes, además se debe trabajar con cuidado y se debe mantener la curvatura de las fibras individuales lo mas más grande posible.

2.4. Dispositivos de anclaje.

Son aquellos dispositivos metálicos de anclaje, soporte o bastidores capaces de soportar, atornillados a su estructura los diferentes equipos que intervienen en un enlace de fibra óptica punto a punto entre dos Centrales o URL's. En nuestro caso

existen en las dos URL's (Turumo y Mariches) y en la Central Palo Verde dispositivos de anclaje instalados que no están siendo ocupados en su totalidad y que nos permitirán realizar nuestra conexión del nuevo enlace de fibra óptica. Debido a que solo es necesario disponer de un panel de conexión, que mas adelante describiremos en detalle. Entre los dispositivos de anclaje y sus características tenemos:

Rack

Los Rack⁸ instalados son del tipo estándar para equipos de 19 pulgadas. La carga sobre el piso por rack totalmente equipado no deberá exceder a 1000 kg/m². En todos los racks, se deben incluir repisas para proveer espacio para el montaje de lo siguiente:

- Soporte de Equipos de Comunicaciones de Dimensiones Inferiores a 19 Pulgadas.
- Panel de Fusibles.
- Panel de Alarmas.
- Cualquier otro equipo común asociado (excepto el suministro común de energía).

Dimensiones de los Racks.

Altura: 2.1 m.

Ancho: 0.7 m.

Profundidad: 0.1 m.

Bastidores

Los bastidores son cerrados tipo gabinete e incluyen repisas para el montaje de unidades o módulos de equipos, son utilizados para la implementación del sistema de energía. La carga sobre el piso por bastidor totalmente equipado no deberá exceder a 1.000 kg/m².

⁸ RACK (Unidad de Soporte de Equipos).

Dimensiones de los Bastidores.

Altura: 2.1 m

Ancho: 0.8 m.

Profundidad: 0.8 m.

2.5. Paneles de conexión.

En un panel de de conexión de fibra óptica termina el cable de fibra y permite que el cable sea conectado al equipamiento mediante cordones de conexión de fibra óptica. Suministra un punto de acceso al equipamiento y a la planta de cable de fibra. Las fibras individuales pueden conectarse, probarse o intercambiarse rápidamente entre el equipo óptico. Los paneles de conexión permiten además un etiquetamiento fácil de las fibras y proporcionan un punto de demarcación del enlace.

Los paneles de conexión se encuentran disponibles en versión de montaje en pared o montaje en rack y se sitúan frecuentemente cerca del equipo terminal.

Si se montan en un rack se debe considerar la localización vertical. Se debe dejar el suficiente espacio por encima y por debajo del panel para que los cables de fibra óptica entren en la caja. En nuestro caso se emplearán paneles de conexión montados en rack, denominados ODF⁹, los cuales tienen la capacidad de conectar 72 hilos de fibra óptica con 72 conectores o pigtailes tipo ST/PC.

⁹ ODF (Distribuidores de Fibra Óptica).



Figura 6.3 Distribuidor de Fibra Óptica.

2.6. Identificaciones.

Es necesario identificar el cable de fibra óptica que se está instalando, desde que se coloca en las canalizaciones respectivas, hasta que llega a las Centrales o URL'S, incluso se deben identificar los hilos de fibra óptica que se conectan en los ODF ya sea con números o con una etiqueta informativa que nos indique el equipo de donde proviene y el equipo hacia donde se dirige. En algunos casos se colocan las velocidades de los tributarios asociados a ese hilo de fibra óptica en particular. Todos los cables de fibra óptica y equipos asociados a ellos deberán ser etiquetados según las Normas de Construcción de Enlaces Ópticos de CANTV, de manera de poder identificarlos fácilmente. Este proceso de identificación facilita mucho el trabajo de los técnicos de Fibra Óptica al momento de realizar operaciones de mantenimientos, mejoras o pruebas sobre los hilos o equipos de fibra óptica.

3. Verificaciones de un cable de fibra óptica.

Recomendamos realizar esta verificación que consta de 3 partes durante el proceso de instalación de un cable de fibra óptica, para así evitar inconvenientes mayores.

1. Verificación en el carrete: después de haberse recibido el cable del suministrador y cuando todavía se encuentra en su carrete de embarque, se ensayan los posibles defectos de fabricación o de las averías provocadas durante el transporte. Cualquier anomalía no especificada por el proveedor debería ser comunicada inmediatamente al fabricante.
2. Verificación de la realización de los empalmes: esta verificación debe ser efectuada lo antes posible una vez fijado el cable en su ubicación, habiéndose completado todos sus empalmes, y mientras los equipos de técnicos empalmadores están aún presentes en el lugar. Esta verificación puede identificar cualquier avería resultante del proceso de la instalación.
3. Ensayo de aceptación: se lleva a cabo después de que el sistema de fibra óptica se haya instalado completamente y esté listo para su calificación final.

3.1. Empalme.

“El *empalme* de fibra óptica es la técnica que se utiliza para unir permanentemente dos fibras ópticas en una conexión de bajas pérdidas”¹⁰ [1]. En este caso usamos el empalme de fusión, ya que es el que proporciona pérdidas más bajas. Para ello utilizamos un dispositivo denominado empalmadora de fusión. La empalmadora de fusión alinea con precisión las dos fibras, generando un pequeño arco eléctrico para soldarlas.

Procedimiento de empalme.

1. Determine las asignaciones exactas de las fibras ópticas a conectar.
Planee la ruta exacta de las fibras en las cajas de empalmes desde la entrada del cable a la bandeja.

¹⁰ Instalaciones de Fibra Óptica.
Bob Chomycz.
McGraw-Hill/Interamericana de España, S.A.U.

2. Quite aproximadamente 2 m de la cubierta exterior del cable para exponer los tubos de fibra o la fibra con protección. Utilice el hilo de desgarre para cortar la cubierta a lo largo. A continuación, pele cuidadosamente el cable y exponga el interior. Corte el exceso de cubierta. Limpie todo el gel del cable de los tubos y protecciones expuestos con la solución de limpieza del gel del cable. Deje suficiente longitud del miembro de refuerzo para asegurar adecuadamente el cable a la caja de empalme.
3. Limpie cuidadosamente todas las fibras de cualquier gel que pudiera estar presente en el cable, con el limpiador de gel apropiado. Utilice guantes para proteger sus manos de la solución de limpieza.
4. Identifique la fibra que se va a empalmar. Utilizando un pelador de recubrimiento apropiado, elimine suficiente recubrimiento de manera que queden expuestos alrededor de 5 cm de fibra desnuda. La longitud es aproximada y depende de los requerimientos de la cortadora y del método de empalme.
5. Limpie con cuidado la fibra desnuda frotándola en una dirección con gasa y alcohol libre de residuos.
6. Prepare la herramienta de cortar y ajuste la longitud de corte.
7. Utilice la herramienta de corte y seccione la fibra para obtener una superficie perpendicular. Sitúe un protector de empalme y luego coloque las fibras en la empalmadora de fusión y siga las instrucciones de empalme de la misma.
8. Proteja el empalme con el protector de empalme.
9. Tras completar el empalme, colóquelo con cuidado en la bandeja de empalmes.
10. Identifique los siguientes dos cables que se vayan a empalmar y empiece el proceso desde el paso 5.
11. Después de que hayan sido empalmadas todas las fibras asegure cuidadosamente los tubos de fibra, a la bandeja de empalme.

12. Cierre y monte la caja de empalme si todos los empalmes cumplen con las especificaciones de ingeniería.

Sellado de cables en ductos y en cajas de empalme.

El ducto por donde sale el cable debe sellarse para evitar que a través de él pueda ingresar agua a la tanquilla o viceversa. Esto se logra con un termocontraíble según el siguiente procedimiento:

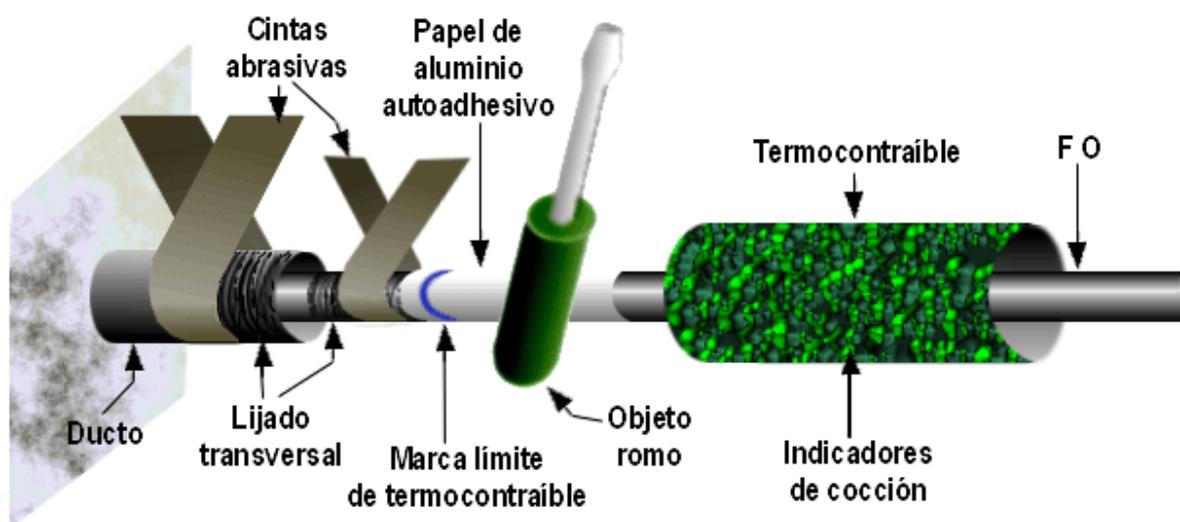


Figura 6.4 Sellado de cables en ductos y en cajas de empalmes.

Con cintas abrasivas se lijan el extremo del ducto y el cable en la zona donde se situará el termocontraíble, para mejorar la adherencia, se debe hacer en forma transversal porque de lo contrario se formarían canaletas longitudinales por donde podría circular agua.

Sobre el cable, y entrando 1cm aproximado en la zona del termocontraíble (según marca azul) se coloca el papel de aluminio autoadhesivo provisto con la caja, que servirá de pantalla térmica para no quemar el cable. Este papel se alisa con un elemento romo, como el mango de un destornillador, para quitarle los pliegues que podrían formar también canales de entrada del agua.

Luego se desplaza el termocontraíble sobre el ducto y con una pistola de aire caliente se lo cierra, moviendo la pistola permanentemente para no sobrecalentar el termo, el ducto o la fibra. Se comienza desde el centro hacia un extremo hasta que cierre y llegue a asomar el pegamento, y luego hacia el otro extremo, expulsando de esta manera el aire hacia fuera.

El termo posee unos pigmentos verdes que al oscurecerse indicarán que ya se ha alcanzado la temperatura adecuada y máxima para cerrarlo y para derretir el pegamento. No debe seguir calentándose una zona oscurecida.

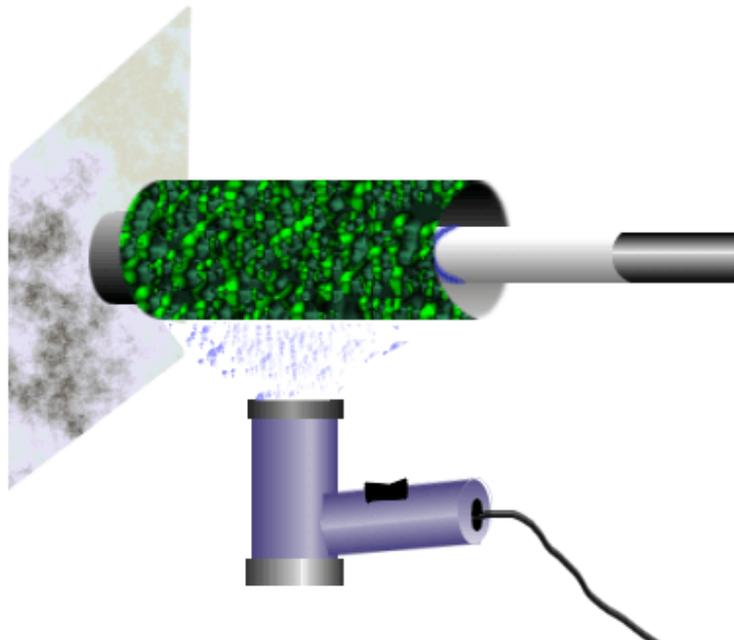


Figura 6.5 Calentamiento del Termocontraíble.

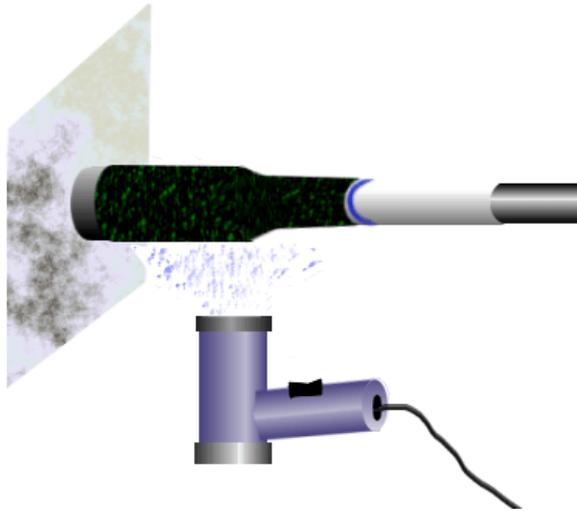


Figura 6.6 Sellado del Termocontraible.

Para el ingreso del cable a la caja de empalme debe realizarse lo mismo, y en el caso de haber dos cables en una misma entrada se utilizará un clip con pegamento para formar un 8 en el termo como se ve en la siguiente figura:

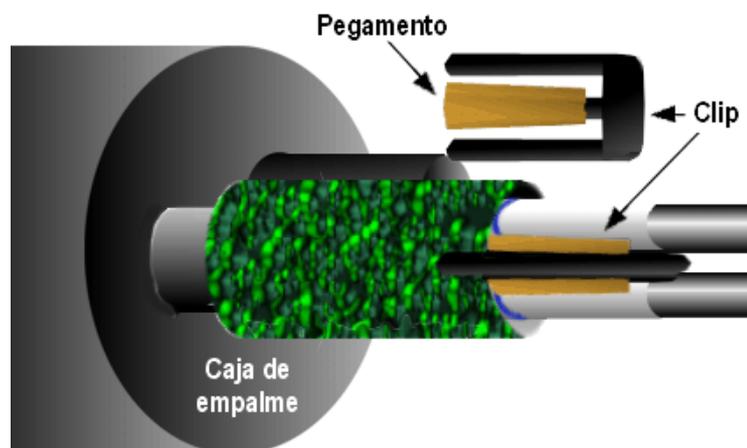


Figura 6.7 Ingreso del cable en la caja de empalmes.

4. Precauciones de Seguridad.

Existen ciertas precauciones que se deben tomar en cuenta cuando se trabaja con fibras ópticas. Estas ayudan a mantener un seguro entorno de trabajo y reducen el tiempo perdido por accidentes. Además de estas precauciones deben seguirse también otras reglas de seguridad para el entorno de la instalación.

4.1. Corte y Pelado del Cable.

Es necesario que cuando se realice esta actividad el personal lleve guantes y lentes de seguridad apropiados. También es necesario tener mucha precaución en la manipulación de cortadoras y peladoras, ya que estas suelen estar muy afiladas y pueden causar daños. Los pequeños trozos cortados de fibra pueden volar fácilmente durante los procedimientos de corte, marcado y rallado.

4.2. Luz de Láser.

La luz de fibra óptica puede dañar seriamente al ojo si la luz es invisible. Antes de trabajar con cualquier fibra óptica deben apagarse todas las fuentes de luz. Nunca se debe mirar al extremo de una fibra, ya que pudiera estar acoplada a un láser.

4.3. Tensión del Cable.

Bajo tensión los miembros de refuerzo de un cable de fibra óptica pueden almacenar mucha energía elástica, por lo que fácilmente pueden dar un latigazo hacia atrás y causar daños. Se debe tener un cuidado especial durante las operaciones de tendido del cable o cuando el miembro de refuerzo esté bajo tensión mecánica.

4.4. Solventes y Soluciones de Limpieza.

Los líquidos que se utilizan para limpiar las fibras ópticas y para eliminar los compuestos de relleno pueden irritar los ojos y la piel. Además, los vapores de estos líquidos son potencialmente inflamables y pueden causar problemas respiratorios. Es necesario proteger los ojos y las manos, cuando se trabaja con estos solventes, además de debe mantener el área ventilada y no se debe fumar o permitir encender fuego en el área de trabajo.

4.5. Empalmes de Fusión.

La chispa eléctrica que genera una empalmadota de fusión de fibra óptica puede causar una explosión en presencia de vapores inflamables. Nunca se deberá emplear una empalmadota de fusión en un área confinada. Siempre hay que estar atentos a las recomendaciones y precauciones de los fabricantes cuando se usan o se instalan sus productos.

5. Manejo del cable de Fibra Óptica.

Debido a las propiedades vítreas de un cable de fibra óptica siempre se debe manejar el cable con cuidado. Las fibras se rompen con facilidad si se ignoran las técnicas propias de manejo. En algunos casos, la cubierta del cable puede parecer perfectamente normal, haciendo difícil su localización a menos que se disponga de instrumentos especiales, como puede ser un OTDR. Dos de los factores más importantes que se tienen que tener en mente durante la instalación son el *radio de curvatura* del cable y la *tensión de tendido, arrastre o tracción*.

5.1. Radio de Curvatura mínima.

El radio de curvatura mínimo es especificado por el fabricante, para condiciones de carga como las que se presentan durante el arrastre del cable, y para condiciones sin carga, después de que el cable ha sido instalado y se encuentra en su posición final de reposo. El cable no se deberá curvar más pronunciadamente que el radio de curvatura mínimo en condiciones de carga. El radio de curvatura varía con el diámetro del cable y a menudo se especifica como múltiplo del diámetro del cable.

Las fibras individuales y los cables de conexión de fibra tienen un radio de curvatura mínimo más pequeño, usualmente entre 3 y 7 cm. Este radio de curvatura mínimo varía con la longitud de onda de trabajo y es ligeramente mayor a longitudes de ondas mayores.

Si la curvatura de un cable de fibra óptica es más cerrada que el radio de curvatura mínimo permitido o si se abusa del cable, las fibras ópticas pueden romperse o haber alterado sus características físicas, existiendo así dos casos

conocidos como Microcurvatura y Macrocurvatura, aunque no sea evidente el daño físico del cable. Estos tipos de daños se muestran en las siguientes figuras.

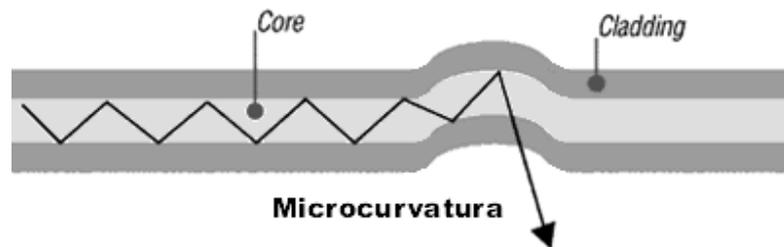


Figura 6.8 Microcurvatura.

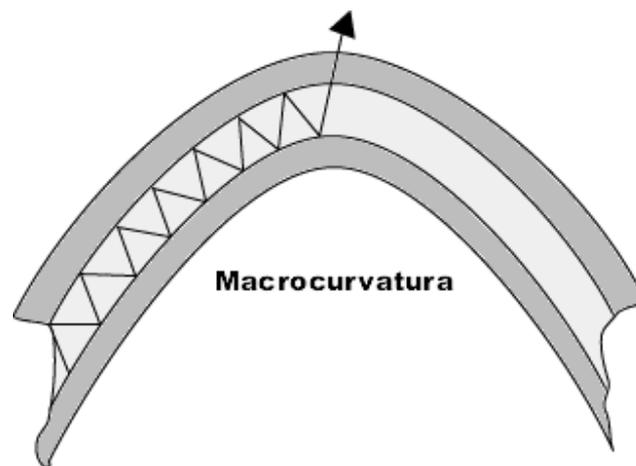


Figura 6.9 Macrocurvatura.

5.2. Tensión de Tendido.

Un cable de fibra óptica tiene una tensión de tendido más baja que la que tienen la mayoría de los cables convencionales. Las máximas tensiones de tendido durante la instalación están especificados por el fabricante y no se deberían exceder en ningún momento. El cable debería tenderse a mano siempre y cuando sea posible. Cuando se utilicen técnicas de tracción mecánica, se deberán monitorear siempre las

tensiones de tracción. Para este propósito se utiliza, a menudo un registrador de cinta. El cable se deberá tender con movimientos continuos y estacionarios, nunca con sacudidas o tirones. No hay que empujar el cable en ningún momento. El cable se deberá instalar con la menor tensión posible.

La carga de tensión en el cable deberá mantenerse mínima. La mayor carga de tensión en un cable ocurrirá en una instalación vertical y estará causada por el peso del cable. Esta carga deberá determinarse y mantenerse por debajo de las especificaciones del fabricante.

CONCLUSIONES.

- ✓ Los enlaces de Fibra Óptica como respaldo a un anillo constituyen un eslabón muy importante que permiten la conmutación del tráfico sin interrupción del servicio en el caso de cualquier contingencia ocasionada por un corte de Fibra Óptica.
- ✓ La escogencia del cable de fibra óptica monomodo viene fundamentada en el hecho de que todos los enlaces que componen el anillo de fibra están diseñados usando este tipo de fibra, por lo cual se requiere mantener cierta uniformidad. Garantizando así que los nuevos enlaces sean compatibles con los equipos de planta instalada y que esto no implique un gasto adicional ya se encuentran a disposición en el almacén.
- ✓ Es necesario realizar los cálculos de los Enlaces Ópticos para poder efectuar la comparación entre los proporcionados por los fabricantes de equipos y los valores teóricos, que según estudios previos de las características de las fibras dadas por los fabricantes, se rigen por las recomendaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT-T). Los parámetros que deben ser considerados son: Atenuación, Dispersión Cromática, Margen de Potencia, ventana de trabajo y la velocidad de transmisión del tráfico de cada uno de los Enlaces Ópticos.
- ✓ Es necesario destacar la metodología utilizada en el diseño de estos dos nuevos enlaces de fibra óptica. Primero se realizó un estudio del trayecto para determinar la cantidad y la longitud de cada uno de los tramos, así como el método de canalización necesario en cada uno de los enlaces. Posteriormente se realizó un estudio de los dispositivos instalados y los que se necesitaban para implementar este sistema. Seguidamente se realizaron diferentes cálculos para cada enlace, entre los cuales tenemos: Atenuación, Dispersión y Margen de Potencia.

- Para el enlace **Turumo-Mariche** se determino que la distancia del enlace es de 2500 metros a los cuales se agregaran 500 metros de cable como reserva, que estarán distribuidos en la fosa de la central y en las tanquillas de paso. Debido a que no existe canalización en dicho trayecto se utilizara un método de canalización subterránea que recibe el nombre de Zanjado y consiste en la abertura de una zanja al borde de la carretera que comunica ambas URL'S y en la cual se coloca un tubo de PVC cuyo diámetro es de 30 mm en el cual se introduce el cable de Fibra Óptica, para luego tenderlo en la zanja y colocarle varias capas de arena. Las tanquillas de paso estarán ubicadas a 625 metros de separación entre ellas y se tiene previsto construir 4. Para dicho enlace obtuvimos una atenuación total de trayecto de 1,544 dB, un margen de potencia de 24,5 dB obteniendo así un excedente de potencia de 22,956 dB garantizando la transmisión. Además obtuvimos una dispersión total de 11,2 ps/nm, la cual es inferior a la máxima dispersión soportada por los equipos terminales Ericsson AXD-610, la cual es de 120 ps/nm.
- Para el enlace **Palo Verde-Mariche** se determino que la distancia del enlace es de 3000 metros a los cuales se agregaran 500 metros de cable como reserva, que estarán distribuidos en la fosa de la central y en las tanquillas de paso. Debido a que existe una canalización principal y una canalización secundaria en dicho trayecto, se tiene previsto usar la canalización principal la cual tiene disponibles varios subductos de diámetros próximos a los 30 mm. Para dicho enlace obtuvimos una atenuación total de trayecto de 1,729 dB, un margen de potencia de 24,5 dB obteniendo así un excedente de potencia de 22,771 dB garantizando la transmisión. Además obtuvimos una dispersión total de 12,95 ps/nm la cual es inferior a la máxima dispersión soportada por los equipos terminales Ericsson AXD-610, la cual es de 120 ps/nm

- ✓ La confiabilidad del enlace viene determinada principalmente por los equipos instalados, siendo los proveedores de estos equipos regidos por las recomendaciones de la UIT.
- ✓ Este diseño queda fundamentado con bases teóricas sólidas, para su posterior evaluación por parte de la Corporación CANTV, quien aprobará la implementación de este proyecto.

RECOMENDACIONES.

- ✓ La implementación de este proyecto podría dividirse en varias fases; la primera de ellas correspondería a la gestión de los permisos por parte de la corporación CANTV con las respectivas alcaldías con el fin de solicitarle toda la permisología necesaria para la construcción de una canalización subterránea por el método de zanjado que constituye el enlace entre la URL Turumo y la URL Mariche. Todo esto mientras se solicitan y piden los equipos necesarios para realizar dicha labor; la segunda comprendería la instalación del cable de fibra óptica entre la Central Palo Verde y la manga ubicada en la carretera Petare-Santa Lucia, debido a que ya existe gran parte de la canalización en este sector; la tercera de ellas comprendería los trabajos necesarios para la construcción de la canalización y la posterior instalación del tramo de fibra que conectara la URL Turumo con la URL Mariche; por ultimo estaría la instalación de los ODF en las Centrales y URL'S, así como las pruebas necesarias para poner en funcionamiento dichos tramos de fibra óptica.
- ✓ Es necesario realizar un estudio de mercado en la zona, para poder así determinar que empresas o simplemente que cantidad de personas se beneficiarían con la construcción de estos enlaces de fibra óptica. Todo esto brindaría a la corporación CANTV la oportunidad de ofrecer sus servicios a un nuevo mercado y proporcionaría soluciones en el área de telecomunicaciones a un gran número de personas que hoy en día no disfrutan de estos servicios.
- ✓ Antes, durante y después de la implementación de este proyecto es necesario realizar recorridos preventivos para verificar el estado de las rutas, así como de realizar mediciones para obtener ciertos parámetros que permitan garantizar la confiabilidad de los enlaces de fibra óptica.
- ✓ En cuanto al desarrollo teórico de un proyecto de diseño de un enlace de fibra óptica, se recomienda seguir la siguiente metodología.

1. Definir las características de la Red de Fibra Óptica.
 2. Determinar la cantidad de tramos y la longitud de cada uno de ellos.
 3. Determinar los requerimientos y características de los dispositivos, rutas y equipos a utilizar en este proyecto.
 4. Determinar las características de la Fibra Óptica, como el coeficiente de dispersión cromática y la atenuación.
 5. Realizar todos los cálculos necesarios para dimensionar el sistema.
- ✓ Es de vital importancia el monitoreo y gestión de los nuevos enlaces de Fibra Óptica por parte del COR de CANTV, ya que esto permitirá a la Gerencia de Transmisión Urbana Región Capital conocer cualquier eventualidad y tomar los correctivos necesarios para corregirla.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.

- [1] Bob Chomycz. “*Instalaciones de Fibra Óptica*”,(Libro).--McGraw-Hill/Interamericana de España, S.A.U. p. 112.

BIBLIOGRAFÍA.

Internet.

DOMINGUEZ P, José M (2004). **Jerarquía Digital Síncrona (SDH)**. [Monografía en línea]. Disponible: <<http://www.mailxmail.com/curso/informatica/sdh>> [Consulta: 2005, Junio].

MORENO, José (2004). **Redes de Área Local**. [Monografía en línea]. Disponible: <<http://www.it.uc3m.es/~jmoreno/telematica/servidor/apuntes/tema9/tema09.htm>> [Consulta: 2005, Julio].

BIANCHI, Carlos (2004). **Comunicaciones Ópticas**. [Página Web en línea]. Disponible: <<http://www.freewebs.com/carlosbianchi/ucv.htm>> [Consulta: 2005, Agosto].

Medios de Transmisión para LAN's. [Monografía en línea]. Disponible: <<http://www.euskalnet.net/apetxebari/medios.htm>> [Consulta: 2005, Julio].

Redes de alta velocidad. [Monografías en línea]. Disponible: <<http://www.blackbox.com.mx/MXhome.asp?bc=techoverviews/fastethernet&cc=MX&pc=7>> [Consulta: 2005, Julio].

Introducción a Fast Ethernet. [Artículo en línea]. Disponible: <<http://www.cybercursos.net/cursos-online/fast-ethernet/fastethernet.htm>> [Consulta: 2005, Julio].

Gigabit Ethernet. [Artículo en línea]. Disponible: <http://es.wikipedia.org/wiki/Gigabit_Ethernet> [Consulta: 2005, Julio].

Descripción de la Empresa donde se realizó la Pasantía. [Artículo en línea]. Disponible: <<http://www.cantv.com.ve>> [Consulta: 2005, Agosto].

Medios Físicos de Transmisión. [Artículo en línea]. Disponible: <http://www.euskalnet.net/apetxebari/medios.htm> [Consulta: 2005, Agosto].

Tesis.

Khabbaze, Yomar. Diseño de la ingeniería de detalle para la red troncal de fibra óptica en el litoral central/ Khabbaze Yomar (Tesis).--Caracas: Universidad Central de Venezuela, 1995.

Escontrela García, María Jesús. Interconexión de PDVSA y sus filiales mediante un anillo de fibra óptica con tecnología SDH/ Escontrela María (Tesis).--Caracas: Universidad Central de Venezuela, 1997.

Entrevistas.

Entrevista realizada al Ingeniero. Belkis García en la Gerencia de Ingeniería y Construcción de la Red de Transmisión de la Región Capital. C.A.N.T.V, Agosto 2005.

Entrevista realizada al Técnico. Andrés Rojas en la Gerencia de Ingeniería y Construcción de la Red de Transmisión de la Región Capital. C.A.N.T.V, Agosto 2005.

Libros.

Bob Chomycz. Instalaciones de Fibra Óptica. España: McGraw-Hill/Interamericana S.A.U, 1998.

Rubio Martínez Baltasar. Introducción a la ingeniería de la Fibra Óptica. USA: Addison-Wesley Iberoamericana, 1994

Normas y Recomendaciones.

UIT-T, *Recomendación G.652 (10/2000)*, “Características de un cable de fibra óptica Monomodo”.

UIT-T, *Recomendación G.826 (2/1999)*, “Parámetros y objetivos de las características de error para trayectos digitales internacionales de velocidad binaria constante que funcionan a la velocidad primaria o a velocidades superiores”.

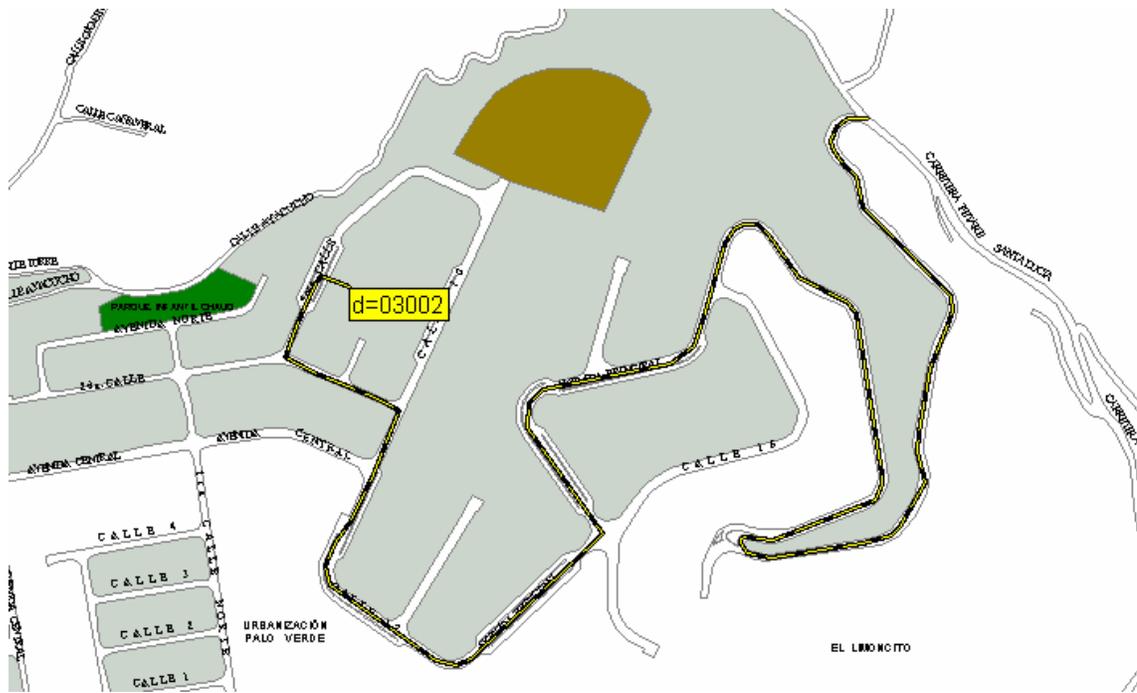


Figura A.1.2 Enlace de Fibra Óptica Palo Verde-Mariche.



Figura A.1.3 Canalizaciones existentes en la Urb. Palo Verde propiedad de CANTV.

En la figura A.1.3 se muestran las canalizaciones existentes en la Urbanización palo Verde las cuales se indican con las líneas azules, que son propiedad de CANTV y que nosotros en nuestro diseño aprovecharemos. En dicha figura se presentan también información referente a tanquillas y puntos de empalmes, que no son muy importantes en nuestro caso.

Anexo II

Fotos referenciales de las Centrales y URL'S y de la ruta de los enlaces de fibra óptica.



Figura A.2.1 Entrada principal de la URL Mariche.



Figura A.2.2 Ruta entre Mariche y Turumo.



Figura A.2.3 Ruta entre Mariche y Turumo.



Figura A.2.4 Ruta entre Mariche y Turumo.



Figura A.2.5 Ruta entre Mariche y Turumo.



Figura A.2.6 Entrada principal URL Turumo.



Figura A.2.7 Vista lateral de la URL Turumo.



Figura A.2.8 Vista lateral de la URL Turumo.



Figura A.2.9 Vista de la fosa en la URL Turumo.



Figura A.2.10 Vista de la fosa en la URL Turumo.



Figura A.2.11 Interior de la fosa en la URL Turumo.

A continuación se presentan una serie de fotos de la carretera principal Petare-Santa Lucia, donde se encuentra canalizado un cable de fibra óptica proveniente de la Urbina y con destino a Mariche, en nuestro diseño se propone interceptar este cable de fibra óptica en una manga ubicada a la altura de Mcdonald's Mariche, para realizar un sangrado y poder realizar el empalme del nuevo cable que va dirigido hacia la Central Palo Verde.



Figura A.2.12 Carretera Petare-Santa Lucia.



Figura A.2.13 Carretera Petare-Santa Lucia.



Figura A.2.14 Carretera Petare-Santa



Figura A.2.15 Carretera Petare-Santa Lucia.



Figura A.2.16 Carretera Mariche-Palo Verde.



Figura A.2.17 Carretera Mariche-Palo Verde.



Figura A.2.18 Carretera Mariche-Palo Verde.



Figura A.2.19 Carretera Mariche-Palo Verde.



Figura A.2.20 Central Palo Verde.



Figura A.2.21 Canalizaciones existentes en la Central Palo Verde.



Figura A.2.22 Canalizaciones existentes en la Central Palo Verde.

Anexo III

Servicios y Tipos de Clientes que se interconectan por Fibra Óptica.

Tal como se menciona en el Capítulo V, en los siguientes anexos se presenta un levantamiento de información contenida en los diversos ODF ubicados en la Central La Urbina, en ellos se presenta La Central de origen, La Central de Destino, la Ubicación del ODF, el número de hilos del cable, la distancia de interconexión, la ubicación del plano en los archivos de la Gerencia de Transmisión Región Capital y la descripción del enlace. También se presenta un cuadro de observaciones donde se especifica cualquier inconveniente o detalle que se requiera saber para cada uno de los enlaces en específico. No todos los levantamientos presentan completa la información referida a ese enlace en específico, sin embargo son de gran utilidad para el personal ya que permiten la identificación rápida y confiable de los diferentes tipos de enlaces y servicios que ofrecen cada de ellos. Lo cual representa un valioso ahorro en tiempo, a la hora de realizar cualquier prueba o trabajo programado.

A continuación por ser la Central La Urbina donde se encuentran los equipos terminales, se presentan estas hojas de cálculo con la Central de La Urbina como Origen y algunos destinos tales como Mariche, Petare, Guarenas y Turumo.

Tabla 3.4 Enlace entre La Urbina y Mariche.

CENTRAL DE ORIGEN: URBINA		CENTRAL DESTINO: MARICHE			
UBICACIÓN ODF: 1					
CABLE: 1 DE 36 FIBRAS		REGRESAR ODF'S			
UBICACIÓN DE PLANO (S):					
DISTANCIA:					
FIBRA	DESCRIPCION	P	C	F	
1	LIMONCITO				
2	LIMONCITO				
3					
4					
5					
6					
7	URBINA - MARICHE				
8	URBINA - MARICHE				
9	URBINA - MARICHE				
10	URBINA - MARICHE				
11	URBINA - MARICHE				
12	URBINA - MARICHE				
13	OCUPADA				
14	OCUPADA				
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					
23					
24					

Tipos de Conectores para Enlaces de Fibra Óptica.

Conectores y Adaptadores

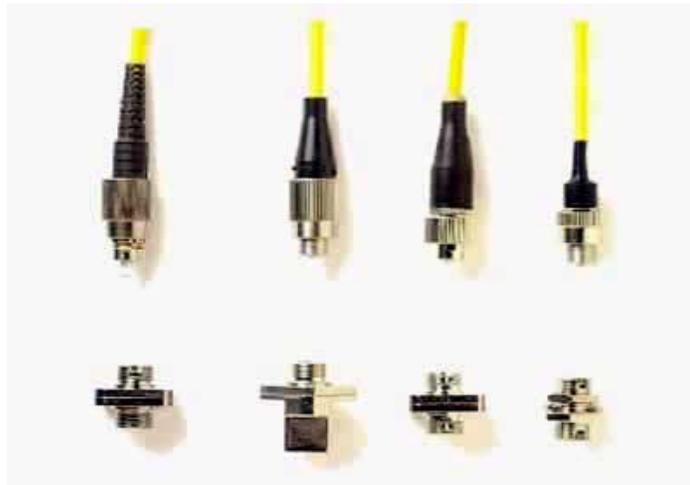


Figura A.4.1 Conectores FC con sus respectivos adaptadores.

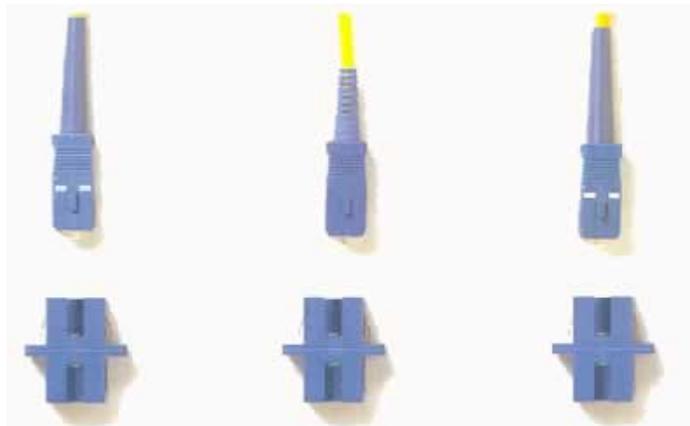


Figura A.4.2 Conectores SC con sus respectivos adaptadores.

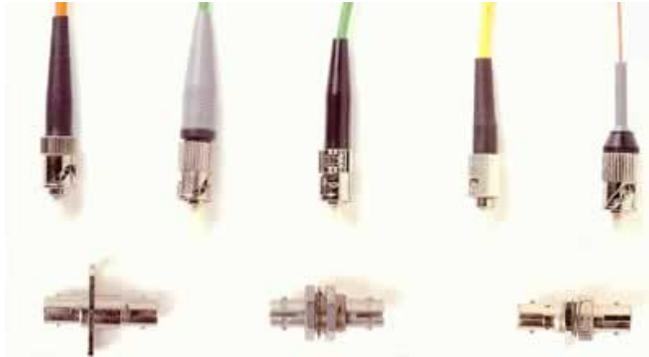


Figura A.4.3 Conectores ST con sus respectivos adaptadores.

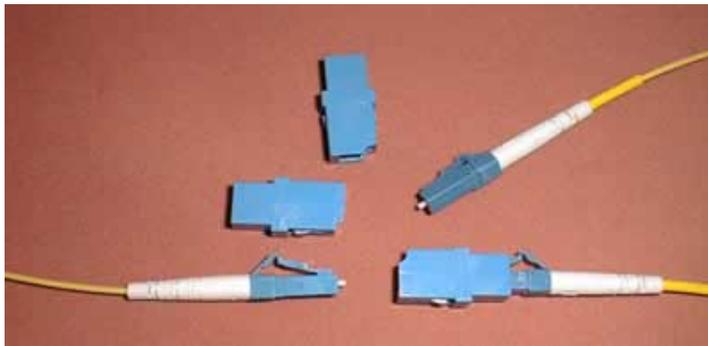


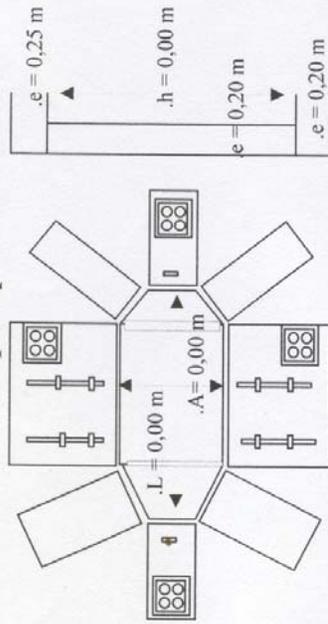
Figura A.4.4 Conectores LC con sus respectivos adaptadores.

**Atributos “Ingeniería de Detalle de la Red de Acceso”.
Tanquillas Tipo A.**

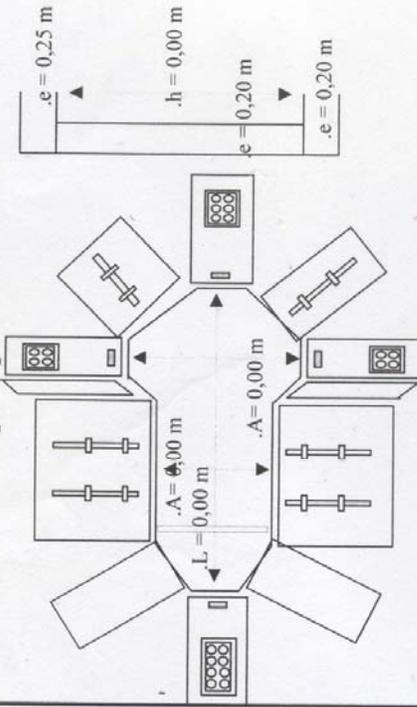
A continuación se presentan, los detalles básicos en cuanto a dimensiones, volúmenes de concreto, volúmenes de tubos y volúmenes de sumideros para la construcción de Tanquillas Tipo A. Las cuales se emplearán en nuestro diseño.

TANQUES Atributos "Ingeniería de Detalle de la Red de Acceso"

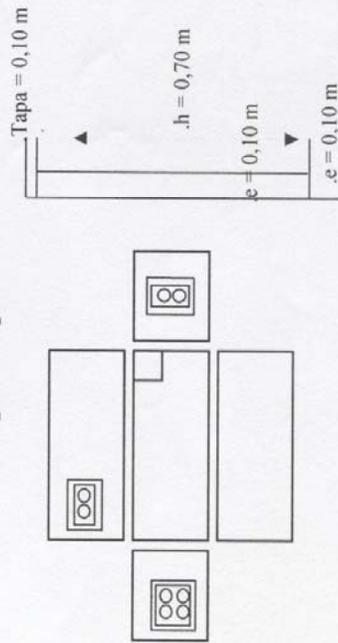
Tanque tipo Recto "DR"



Tanque tipo Recto "DRR"

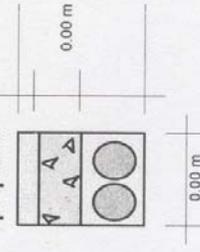


Tanquilla tipo "A"

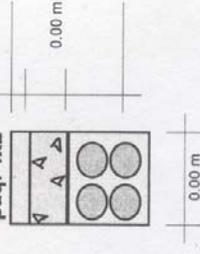


Canalizaciones

Canalización paq. 2x1

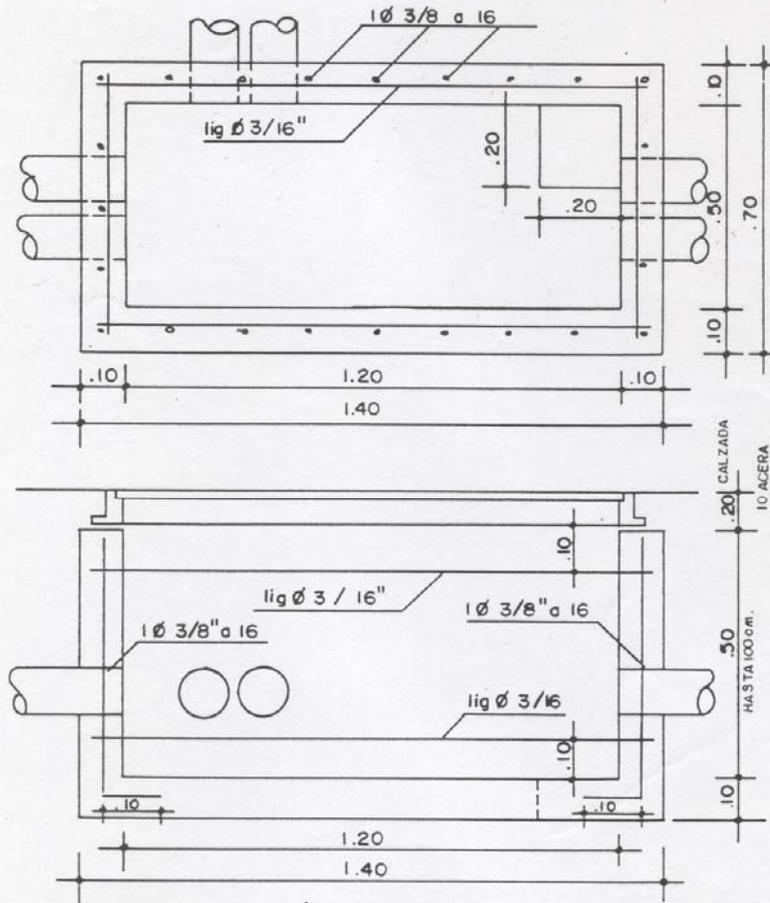


Canalización paq. 4x2



TANQUILLA TIPO "A"

$f'_c = 180 \text{ Kg/cm}^2$
 $f_s = 2.100 \text{ Kg/cm}^2$



$$\text{VOLUMEN DE CONCRETO} = \frac{[10(140+70) \times 2 \times 50] + 10 \times 90 \times 140}{10^6} \times \frac{210.000 + 126.000}{10^6} = 0.336 \text{ m}^3$$

$$\text{VOLUMEN DE TUBOS} = 4864 \text{ cm}^3 \quad \text{VOL. DEL SUMIDERO: } 20 \times 20 \times 10 = 4000 \text{ cm}^3$$

$$\text{VOLUMEN NETO DE CONCRETO: } 0.327 \text{ cm}^3$$

C. A. N. T. V

TANQUILLA TIPO "A"

SUP. DE REGISTRO	A. HERNANDEZ
SUP. DE AREA	E. BORREGUERO
DIBUJANTE	J. G. L. N.