

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA**



**DISEÑO DE UNA RED IP-ATM PARA LA RED TELMEX**

**INFORME DE SUFICIENCIA**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE**

**INGENIERO ELECTRÓNICO**

**PRESENTADO POR:**

**FELIPE JULIO SÁNCHEZ QUISPE**

**PROMOCIÓN**

**1995 – II**

**LIMA – PERÚ**

**2006**

## **DISEÑO DE UNA RED IP-ATM PARA LA RED TELMEX**

*Dedico este trabajo a:  
La memoria de Milagritos, la hermana que siempre  
estará presente en mi mente,  
Mi esposa e hija, mis principales motivos de  
superación,  
Y mis padres, mi mejor orgullo.*

## SUMARIO

El presente informe describe y establece los criterios para el desarrollo de una Red de Distribución, teniendo como base una estructura de fibra óptica.

En el capítulo I se ofrece aspectos descriptivos de la fibra óptica, mencionando sus propiedades y ventajas de uso. Adicionalmente se realiza una breve descripción de los cables de fibra óptica y variedades de estos para aplicaciones específicas en Sistemas de Comunicaciones.

En el capítulo II se detallan aspectos generales de la Red Metropolitana de fibra óptica desarrollada por la empresa Telmex, la cual sirve de soporte para brindar diversos servicios de Comunicaciones bajo una plataforma Telmex. Enseguida se realiza el estudio de diseño de una red de distribución de fibra óptica dentro de una determinada área geográfica a partir de la existencia de un Punto de Presencia (POP).

En el capítulo III se describen los materiales más resaltantes que intervienen en el desarrollo de una red de fibra óptica, tanto en el Punto de Presencia (POP) como en la planta externa donde se emplean componentes de aplicación específica para cables de fibra óptica.

En el capítulo IV se muestra el presupuesto económico que implica la implementación de la red, considerando el presupuesto de materiales y actividades.

## ÍNDICE

<b>PRÓLOGO</b>	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO I</b>	
<b>CONCEPTOS TEÓRICOS DE LA FIBRA ÓPTICA</b>	
1.1. Evolución de la fibra óptica	2
1.2. Geometría de las fibras ópticas	3
1.2.1. Núcleo de la fibra óptica	3
1.2.2. Revestimiento de la fibra óptica	4
1.2.3. Recubrimiento primario de la fibra óptica	4
1.2.4. Condiciones entre los índices de Refracción	5
1.3. Propiedades de la fibra óptica	5
1.3.1. Atenuación	5
1.3.2. Dispersión Cromática	6
1.3.3. Dispersión en el Modo de Polarización	7
1.4. Tipos de fibra óptica	8
1.4.1. Fibra óptica de dispersión sin desplazar (USF)	8
1.4.2. Fibra óptica de dispersión desplazada (DSF)	8
1.4.3. Fibra óptica de pérdida minimizada a 1550nm	9
1.4.4. Fibra óptica de dispersión desplazada no nula (NZDSF)	9
1.5. Técnicas de Fabricación, Ventajas y Desventajas de las fibras ópticas	10
1.5.1. Procesos de Fabricación	10
1.5.2. Ventajas	13
1.5.3. Desventajas	14
1.6. Cables de fibra óptica	14
1.6.1. Elementos estructurales de los cables de fibra óptica	14
1.6.2. Cables para usos especiales	17
<b>CAPÍTULO II</b>	
<b>DISEÑO DE LA RED IP-ATM</b>	
2.1. Antecedentes de la Red Telmex	19
2.2. Simbología empleada en la Red Telmex	20
2.3. Nomenclatura	20
2.4. Estudio de Demanda	21

2.5. Descripción de la Sala del Punto de Presencia (POP)	22
2.5.1. Descripción del Punto de Presencia (POP)	22
2.5.2. El Equipamiento	22
2.6. Ejecución del Diseño	23
2.6.1. Cálculo de los hilos de distribución	23
2.6.2. Distribución de Terminales Ópticos	24
2.7. Diseño de la línea de postería	25
2.7.1. Parámetros de Diseño	25
2.7.2. Parámetros de materiales	26
2.7.3. Diseño de la línea de postería	27
2.7.4. Distancia entre postes	28
2.7.5. Ubicación de los postes	28
2.7.6. Limitaciones	29
2.7.7. Diseño de las líneas de anclaje	29
<b>CAPÍTULO III</b>	
<b>MATERIALES EMPLEADOS</b>	
3.1. Materiales en el Interior del Punto de Presencia (POP)	31
3.1.1. Subrack de administración de fibra óptica	31
3.1.2. Pigtail	31
3.1.3. Jumpers	32
3.1.4. Conectores ópticos	32
3.1.5. Adaptadores de conector	33
3.2. Materiales de Planta Externa	33
3.2.1. Cierre de Empalme FOSC 400	33
3.2.2. Módulos de empalme	35
3.2.3. Protector para empalmes de fusión	36
3.3. Materiales en el Interior del Cliente	36
3.3.1. Caja de Empalme de terminación de fibra	36
<b>CAPÍTULO IV</b>	
<b>PRESUPUESTO</b>	
4.1. Presupuesto de Materiales	37
4.2. Presupuesto de Actividades	39

<b>CONCLUSIONES</b>	40
<b>ANEXO A. Acrónimos</b>	42
<b>ANEXO B. Fórmulas en el estudio de la fibra óptica</b>	44
<b>ANEXO C. Evolución de la fibra óptica y la Red Telmex</b>	49
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	53

## **PRÓLOGO**

Las redes de Telecomunicaciones han experimentado una mejora significativa desde los años 1980's, principalmente para dar respuesta y soporte al incremento de comunicaciones de teléfono y fax. Las redes fueron entonces diseñadas para tráfico de voz, experimentando un crecimiento anual de aproximadamente 10-15%; sin embargo las redes no fueron diseñadas ni planeadas para soportar el crecimiento de demanda de las comunicaciones de datos. Mientras el tráfico de voz continúa creciendo, el porcentaje de tráfico de datos se ha incrementado mucho más lejos, la tendencia es de un 100 a un 150% por año.

Posteriormente quedó demostrado que la tecnología TDM (multiplexación de señales en el dominio del tiempo) no sería suficiente para afrontar la creciente demanda, es así como se consigue el empleo de la fibra óptica para aprovechar las diversas bondades que ofrece en el campo de las Telecomunicaciones. Entre ellas tenemos el despliegue de la Multiplexación de Longitud de Onda (WDM) en la que muchas señales pueden transmitirse simultáneamente por una sola fibra.



# CAPÍTULO I

## CONCEPTOS TEÓRICOS DE LA FIBRA ÓPTICA

### 1.1 Evolución de la fibra óptica

Las fibras ópticas están ingresando a una madurez prematura. Desde su ingreso al mercado comercial a finales de los años 1970's, las fibras ópticas han madurado y encontrado buena acogida en las telecomunicaciones, redes de datos y en las industrias de televisión por cable (CATV). Las aplicaciones en Telecomunicaciones incluyen enlaces troncales, backbone terrestre de larga distancia, alimentadores de lazo y sistemas submarinos de gran transporte. Las aplicaciones en redes de datos incluyen tanto las redes de área local (LANs) como las de mayor cobertura, redes de área metropolitana (MANs) y las redes de área amplia (WANs).

Las señales usadas para telecomunicaciones y redes de datos son transportadas por fibra óptica en forma digital; la robustez inherente de las señales digitales permite que estas no se perjudiquen por algunas imperfecciones, ya sea de fibra o del láser.

Sin embargo, antes que las fibras ópticas puedan ganar gran aceptación en la industria de CATV, las fibras tuvieron que ser capaces de transportar señales análogas. La mayor fragilidad de las señales análogas propuso nuevos desafíos que estimularon el desarrollo del láser lineal y mejoraron la tecnología de fibra óptica.

Actualmente las redes ópticas están proponiendo nuevos desafíos. Desde el punto de vista de una fibra óptica, la esencia de la red óptica es que una fibra debe transportar más longitudes de onda sobre mayores distancias, frecuentemente a más altas velocidades de bit y niveles de potencia. Las distancias sobre la cual viajan señales no regeneradas varían desde menos de 300m en sistemas locales a más de varios miles de kilómetros en sistemas submarinos. La velocidad de bit por longitud de onda podría ser de solo 10Mb/s en un

sistema local, pero podría ser tan alto como 10Gb/s en sistemas actuales de largo transporte, y es muy probable que se incremente a 40Gb/s en un futuro cercano.

Desde su comercialización a fines de los años 1970's, ciertas fibras ópticas han encontrado uso en aplicaciones particulares. Hoy las nuevas demandas impuestas por las redes ópticas han obligado a fomentar la delineación y especialización de las fibras ópticas, una tendencia que se espera continúe.

## **1.2. Geometría de las fibras ópticas**

Las fibras ópticas, desde el punto de vista de su estructura constructiva, están constituidas geoméricamente, por las tres capas concéntricas siguientes:

### **1.2.1. Núcleo de la fibra óptica**

El núcleo es la zona interior de la fibra óptica y es la zona donde se produce la propagación de la onda lumínica.

Esta propagación se produce porque el valor del índice de refracción del núcleo de la fibra óptica es mayor que el del revestimiento, con lo que los modos que conforman el Haz Lumínico se propagan en su interior de dos formas diferenciadas.

La primera forma de propagación consiste en una serie de reflexiones sucesivas en la zona fronteriza entre núcleo y revestimiento, motivadas por la diferencia entre los valores de los índices de refracción del núcleo y del revestimiento.

La segunda forma de propagación consiste en una serie de continuas refracciones en el interior del núcleo de la fibra óptica, motivadas por la distribución del índice de refracción del núcleo a lo largo de su sección.

La trayectoria descrita por la onda lumínica en su propagación depende de la distribución de los índices de refracción a lo largo de las secciones de núcleo y revestimiento o perfil de la fibra óptica.

Los materiales usados para la fabricación del núcleo de la fibra óptica son sustancias isotrópicas y ópticamente transparentes. El C.C.I.T.T. define el núcleo de una fibra óptica como la región central de la misma a través de la cual se transmite la mayor parte de la potencia óptica.

La superficie del núcleo, es la superficie de la menor sección transversal de una fibra óptica, excluida toda depresión en el índice, comprendida en el lugar geométrico de los puntos en los que el índice de refracción  $N_x$ , viene dado por la expresión:

$$N_x = N_C + K ( N_B - N_C ) \quad (1.1)$$

Expresión en la que la notación utilizada, ha sido la siguiente:

- $N_C$  Índice de refracción del revestimiento  
 $N_B$  Máximo valor del índice de refracción del núcleo  
 $K$  Constante,  $K = 0,05$

### 1.2.2. Revestimiento de la fibra óptica

El revestimiento de la fibra óptica es la capa central concéntrica con el núcleo y el recubrimiento. Es la zona en contacto con el núcleo y en la que se produce la reflexión de la onda lumínica, dado que el valor del índice de refracción del revestimiento es menor que el del núcleo.

Los materiales utilizados para la fabricación del revestimiento de la fibra óptica son sustancias isotrópicas y ópticamente transparentes.

### 1.2.3. Recubrimiento primario de la fibra óptica

El recubrimiento primario de la fibra óptica es la capa exterior de la fibra óptica, concéntrica con la dos anteriores.

Es la zona de contacto con el revestimiento y en la que se produce la reflexión de cualquier haz lumínico externo, con lo que se impide su entrada al interior de la fibra óptica.

La reflexión de cualquier haz lumínico externo se produce porque el valor del índice de refracción del recubrimiento primario de la fibra óptica es siempre mayor que el del revestimiento.

Cumple una función de protección mecánica del conductor de fibra óptica, dándole una mayor solidez y evita la formación de micro curvaturas en el núcleo de la fibra óptica. El recubrimiento primario de la fibra óptica se fabrica con acrilato curado con radiación ultravioleta; se aplica en dos capas cada una de las cuales presenta un valor diferente del módulo de Young.

La capa interior es elástica y flexible mientras que la exterior presenta una mayor dureza y rigidez por tratarse del tipo de construcción idónea que logra conjugar el efecto amortiguador que protege a la fibra óptica de las micro-curvaturas y la preserva de la abrasión en sus desplazamientos axiales.

### 1.2.4. Condiciones entre los índices de Refracción

Las condiciones entre los índices de refracción que se han de cumplir siempre en cualquier fibra son las siguientes:

- a. El valor del índice de refracción del revestimiento ha de ser menor que el valor de los índices de refracción del núcleo y del recubrimiento, para lograr la reflexión por el revestimiento de cualquier haz lumínico externo impidiendo la entrada del mismo al núcleo de la fibra.
- b. El valor del índice de refracción del núcleo ha de ser mayor que el del revestimiento y menor que el del recubrimiento para lograr que el haz lumínico se propague por el interior del núcleo de la fibra.

Valores característicos de los índices de refracción son:

Núcleo	1,48
Revestimiento :	1,46
Recubrimiento:	1,52

### 1.3. Propiedades de la fibra óptica

A continuación se describen todas las propiedades fundamentales de las fibras ópticas; atenuación, dispersión cromática y dispersión en modo de polarización.

#### 1.3.1. Atenuación

La atenuación se puede definir como la disminución o pérdida de la potencia lumínica inyectada en la fibra con la distancia. La expresión matemática que define la atenuación a una determinada longitud de onda entre dos secciones transversales 1 y 2 de una fibra óptica, es la siguiente:

$$A(\lambda) = 10 \log \frac{P_1(\lambda)}{P_2(\lambda)} \quad (1.2)$$

Donde:

- $A(\lambda)$  Atenuación de la fibra óptica expresada en dB
- $P_1(\lambda)$  Potencia óptica que atraviesa la sección transversal n°1 de la fibra óptica.
- $P_2(\lambda)$  Potencia óptica que atraviesa la sección transversal n°2 de la fibra óptica.
- $\lambda$  Longitud de onda a la que se mide la potencia óptica.

La atenuación de las fibras ópticas varía en función de la longitud de onda, con lo que es posible su representación en forma espectral.

La atenuación espectral resulta de la suma de una serie de factores que contribuyen en forma unitaria, los factores que intervienen en la atenuación espectral de las fibras ópticas son:

#### **a. Dispersión de Rayleigh**

Es el fenómeno físico que se produce cuando el haz lumínico en su propagación colisiona con impurezas o atraviesa zonas con defectos en la homogeneidad del medio. Esto provoca que una pequeña parte de la potencia lumínica modifique su trayectoria e incluso varíe su sentido de propagación hacia la fuente de luz.

Esta fracción de la potencia lumínica inyectada que retrocede hacia la fuente de luz, tras invertir su sentido de propagación, recibe el nombre de luz retrodispersa o luz dispersa de retroceso.

#### **b. Absorción de la luz**

Una fracción de la potencia lumínica inyectada en la fibra óptica se absorbe durante su propagación por el dióxido de silicio, esta absorción se produce en unas zonas del espectro denominadas bandas de absorción. Existen dos bandas de absorción, situadas en el ultravioleta y en el infrarrojo.

Otra fracción de la potencia lumínica inyectada en la fibra óptica se absorbe por los iones oxhidrilo (OH) presentes en el medio de la fibra óptica. Esta absorción se produce en zonas del espectro denominadas zonas de absorción de iones oxhidrilo.

Existen tres zonas de absorción centradas respectivamente en 950nm, 1230nm y 1450nm.

### **1.3.2. Dispersión Cromática**

La dispersión cromática describe la tendencia de viajar diferentes longitudes de onda a diferentes velocidades en una fibra. A longitudes de onda donde la dispersión cromática es alta, los pulsos ópticos tienden a ampliarse en tiempo y ocasiona la interferencia entre símbolos, lo cual puede producir un error de bit inaceptable. Para minimizar el ensanchamiento de pulso, se debe operar a longitudes de onda donde la dispersión cromática es pequeña (sin embargo los sistemas DWDM requieren que la dispersión no sea nula). La longitud de onda de dispersión cero reside cerca de 1310nm para la fibra de dispersión sin desplazar, cerca de 1550nm para la fibra de dispersión desplazada y frecuentemente fuera del rango de 1530 a 1565nm para la fibra de dispersión no nula.

La dispersión cromática de una fibra consiste de dos componentes, material y guía de onda. Como su nombre lo indica, el componente material depende de las características dispersivas de los dopantes y los huéspedes de silicio usados para hacer la fibra. Estos materiales no ofrecen mucha flexibilidad como para ajustar la dispersión de la fibra, por consiguiente el esfuerzo está centrado en variar la dispersión de guía de onda.

La dispersión de guía de onda refiere la tendencia de cambiar el índice de refracción con la longitud de onda. El grado al cual esto sucede depende del área ocupada por el modo en relación con el perfil del índice refractivo.

En fibras con gran diámetro de núcleo, tal como las fibras multimodo, la componente dispersión guía de onda es insignificante, en consecuencia la dispersión de material domina la dispersión total de una fibra multimodo. Contrariamente, el pequeño diámetro del núcleo de las fibras monomodo permite que estas puedan diseñarse con una gran dispersión guía de onda.

### **1.3.3. Dispersión en el Modo de Polarización**

La polarización es una propiedad de la luz relacionando a la dirección de sus vibraciones. La luz viajando en una fibra monomodo puede vibrar en uno o dos modos de polarización principal.

En una gráfica se puede representar los dos modos principales para una fibra asimétrica que es uniforme a lo largo de su longitud. El modo en el eje x es arbitrariamente etiquetado como el modo lento, mientras que el modo en el eje y es etiquetado como el modo rápido. La diferencia en los tiempos de llegada de los dos modos (dispersión en el modo de polarización) se mide normalmente en pico-segundos. Si no es controlado apropiadamente, el PMD puede producir excesivos errores de bit en los sistemas de transmisión digital y puede distorsionar imágenes de video transmitidos usando el formato de modulación de amplitud análoga.

A diferencia de lo descrito, en una fibra real los modos se intercambian la potencia de manera aleatoria a lo largo de la longitud de la fibra. Este acoplamiento modal ocurre por los cambios en las propiedades de la fibra a lo largo de su longitud y por las perturbaciones externas aleatorias tales como compresión radial, curvatura y torcimiento. Consecuentemente, el valor instantáneo del PMD es una variable aleatoria que cambia con el tiempo, temperatura y longitud de onda. Estos valores instantáneos conforman la función

de densidad Maxwelliana cuyo valor medio se incrementa con la raíz cuadrada de la longitud de fibra.

#### **1.4. Tipos de fibra óptica**

Las fibras ópticas comercialmente desarrolladas a fines de los años 1970's y comienzo de los 1980's, tenían un diámetro de núcleo de 50  $\mu\text{m}$ . Originalmente usada para larga distancia y enlaces troncales, la fibra multimodo fue rápidamente desplazada por la fibra monomodo para aplicaciones de telecomunicaciones, por su baja atenuación óptica y mayor capacidad de transporte de información.

Las fibras multimodo (de 50  $\mu\text{m}$  y 62.5  $\mu\text{m}$ ) encontraron un breve espacio en aplicaciones de alimentador de lazo en 1983, pero pronto fueron desplazados, aún en esos sistemas, por las fibras monomodo (los más comunes tienen 8.3  $\mu\text{m}$ ). Hoy la fibra multimodo se usa casi exclusivamente en aplicaciones locales donde las distancias son menores de 1 Km.

La Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU) reconoce 4 tipos de fibra monomodo, tal como se describe a continuación. Adicionalmente existen otros diseños monomodo, disponibles con características que los hacen especiales para aplicaciones particulares, tal como transmisión submarina.

##### **1.4.1. Fibra óptica de dispersión sin desplazar (USF)**

Introducida comercialmente en 1983, tiene dispersión cromática cero nominalmente a 1310nm. A veces llamada "estándar" o "convencional" es el tipo de fibra mas ampliamente usada.

Numerosos sistemas de transmisión operan sobre USF, incluyendo sistemas digitales de alta velocidad y sistemas análogos tipo CATV en la segunda y tercera ventana de longitud de onda. Sin embargo la alta dispersión cromática de fibra (aproximadamente 17 ps/nm-km) a 1550nm presenta un obstáculo con velocidades superiores a 2.5 Gb/sg, que podría requerir el uso de compensación de dispersión en rutas considerables.

##### **1.4.2. Fibra óptica de dispersión desplazada (DSF)**

Comercialmente disponible desde 1985, la longitud de onda de mínima dispersión cromática con la región de mínima pérdida óptica. La armonía entre la baja dispersión de la DSF, su baja pérdida y las propiedades de amplificación en la tercera ventana llevaron a

pensar que el DSF era la fibra ideal para sistemas de transmisión a 1550nm, sin embargo un mejor entendimiento posterior de los efectos no lineales cambiaron este punto de vista. El mercado principal para las DSF ha estado en los sistemas submarinos, en los cuales una longitud de onda monomodo se transmite sobre varios miles de kilómetros. Si bien las DSF son adecuadas para sistemas mono-canal de 1550nm, la fibra impone serios obstáculos para la transmisión de múltiples longitudes de onda en la tercera ventana, por este motivo el mercado para las DSF viene siendo desplazada.

#### **1.4.3. Fibra óptica de pérdida minimizada a 1550nm**

Un tipo especial de USF que tiene muy baja pérdida (típicamente menos de 0.18 db/km) en la ventana de 1550nm, es la fibra de mínima pérdida a 1550nm. La baja pérdida se logra por:

Uso de vidrio de silicio en el núcleo de la fibra.

Mantener una longitud de onda alta para reducir la sensibilidad a la pérdida inducida por curvatura.

Por su dificultad de fabricar, las fibras de pérdida minimizada son costosas y raras veces usadas. Su principal aplicación es en los sistemas submarinos sin repetidores para transmisiones de largas distancias sin la intervención de componentes activos.

#### **1.4.4. Fibra óptica de dispersión desplazada no nula (NZDSF)**

En 1993 se empezó con la producción comercial de una nueva fibra óptica, diseñada específicamente para uso en la más reciente generación de sistemas DWDM amplificado.

Este tipo de fibra tiene una cantidad mínima y máxima de dispersión cromática especificada sobre una porción de la tercera ventana de longitud de onda.

Especificar una dispersión mínima garantiza que la dispersión sea lo suficientemente grande para suprimir la onda cuatro asociando la no linealidad de la fibra. Adicionalmente especificar una dispersión máxima asegura que la dispersión cromática sea lo suficientemente pequeña para permitir velocidades de canal individuales de 10 Gb/s para distancias mayores a 250 Km sin compensación de dispersión. La fibra de dispersión no nula se usa ampliamente en redes submarinas y terrestres de larga distancia.



## **1.5. Técnicas de Fabricación, Ventajas y Desventajas de las fibras ópticas**

El material utilizado principalmente para fabricar las fibras ópticas es el dióxido de silicio, cuarzo o sílice. Durante el proceso de fabricación se incorporan aditivos de dopado para modificar los índices de refracción del núcleo y del revestimiento de la fibra óptica.

El dióxido de silicio en el núcleo se dopa con aditivos de boro para aumentar el índice de refracción, mientras que en el revestimiento de la fibra óptica el dióxido de silicio se dopa con aditivos de germanio y fósforo para disminuir el valor del índice de refracción.

Para la fabricación de las fibras se requieren materiales de alta transparencia óptica, la utilización del dióxido de silicio se fundamenta en las características químicas de su obtención, lo que garantiza su alto grado de pureza.

### **1.5.1. Procesos de Fabricación**

A continuación se describen los cuatro procesos más empleados en la fabricación de la preforma de la fibra óptica, es decir del cilindro macizo de dióxido de silicio dopado que sirve como materia prima para la elaboración de la fibra óptica; el paso siguiente para la elaboración de las fibras ópticas tal como las conocemos es la extrusión o adelgazamiento de la preforma.

#### **a. Método de deposición de vapor química modificada**

Para la fabricación de la preforma se parte de un tubo de cuarzo puro, en cuyo interior se depositan capas concéntricas de una mezcla de dióxido de silicio y aditivos de dopado. Las capas concéntricas internas constituirán el núcleo de la fibra óptica.

El procedimiento industrial consiste en instalar el tubo de cuarzo sobre un torno, se calienta el mismo mediante un quemador de oxígeno e hidrógeno hasta que alcance una temperatura entre 1400 y 1600 °C; el torno comienza a girar y el quemador se desplaza longitudinalmente a lo largo del eje del tubo.

El paso fundamental en el proceso es la introducción de aditivos de dopado por un extremo del cuarzo, pues de la proporción de estos dependerá el perfil del índice de refracción del núcleo de la fibra.

Durante la oxidación se produce la mezcla homogénea del dióxido de silicio con los aditivos de dopado, los cuales se depositarán en el interior del tubo de cuarzo en forma de capas concéntricas. De esta forma se conforma el perfil deseado con los índices de refracción prefijados para el núcleo de la fibra óptica; este paso del proceso recibe el nombre de Sintetización del núcleo de la fibra óptica.

Una vez realizada la operación de deposición, el último paso del proceso consiste en la operación de colapsado. En esta, el tubo de cuarzo se convierte en el cilindro macizo que constituye la preforma; la operación para conseguirlo consiste en pasar varias veces el quemador a una temperatura comprendida entre 1700 °C y 1800 °C.

Esta temperatura garantiza el reblandecimiento del cuarzo, con lo que el tubo se colapsa y se convierte en el cilindro macizo que constituye la preforma.

#### **b. Método de deposición axial de vapor**

Este método se basa en una técnica desarrollada por Nipón Telephone and Telegraph (NTT) y es la empleada por las compañías japonesas fabricantes de fibra.

En esta técnica se emplean los mismos materiales que en la técnica anterior, la diferencia entre ambas radica en la deposición; mientras que en la primera solo se depositaba el núcleo de la fibra, en esta técnica se deposita tanto el núcleo como el revestimiento.

Para la fabricación de la preforma se parte de un cilindro de vidrio auxiliar, sobre el cual se van depositando los materiales ordenadamente, de esta manera la “preforma porosa” va creciendo axialmente sobre dicho cilindro auxiliar.

Dado que en esta técnica se deposita tanto el núcleo como el revestimiento, debe cuidarse que en la zona del núcleo se deposite más dióxido de germanio que en la periferia. La preforma porosa conforme va creciendo, se va desprendiendo del cilindro auxiliar de vidrio; con este método pueden obtenerse preformas en forma de varillas comparativamente más largas que con el proceso anterior.

El último paso consiste en el colapsado, que consiste en someter la preforma porosa a una temperatura entre 1500 °C y 1700 °C que garantiza el reblandecimiento del cuarzo; la preforma porosa hueca en su interior, se colapsa convirtiéndose en el cilindro macizo y transparente que constituye la preforma.

La ventaja de este proceso frente al anterior es que permite obtener preformas de mayor diámetro y mayor longitud; su inconveniente es la mayor sofisticación tecnológica en los equipos para su realización.

#### **c. Método de deposición exterior**

Este fue desarrollado por Corning Glass Works y para la fabricación de la preforma se parte de una varilla de substrato cerámica.

Los cloruros vaporosos se introducen en la llama del quemador y la llama caldea radialmente a la varilla a la vez que se desplaza longitudinalmente en su misma dirección.

La aplicación de centenares de capas, comienza con el núcleo para luego finalizar con el revestimiento.

La preforma porosa, conforme va creciendo se va desprendiendo de la varilla de sustrato cerámica que la servía de soporte. Luego se realiza el proceso de síntesis de la preforma, el cual comprende los procesos de secado de la misma con cloro gaseoso y posterior colapsado de la preforma de manera análoga al anterior método.

La tasa de deposición resulta ventajosa pues aumenta con el incremento de la superficie de sustrato; las tasas de deposición que se alcanzan son del orden de 4.3 g/min lo que representa una fabricación de fibra de 5 Km/hora una vez eliminadas las pérdidas iniciales en el estirado de la preforma.

#### **d. Método de deposición de vapor química de plasma**

Este método desarrollado por Philips, inicia la oxidación de los cloruros de silicio y germanio obligándoles a pasar por un estado de plasma seguido de un proceso de deposición interior.

El proceso se caracteriza por la obtención de perfiles especialmente lisos sin estructura anular reconocible.

#### **e. Estirado de la Fibra Óptica**

El estirado de la fibra óptica es un proceso común para todas las técnicas de fabricación y consiste en someter a la preforma en el interior de un horno tubular a una temperatura de 2000 °C, que garantiza el reblandecimiento del cuarzo. En este proceso se fija el diámetro exterior de la fibra óptica.

Existen algunos factores para mantener constante y evitar variaciones en el diámetro de la fibra óptica, entre ellos tenemos la constancia y uniformidad en la tensión de tracción que origina el estiramiento de la fibra; otro factor es la atmósfera del horno, en el cual se deben evitar impurezas o partículas del exterior o del propio horno.

Durante el proceso de estirado también se aplica a la fibra óptica una capa primaria de material sintético de protección que preserva la superficie de las fibras y evita la formación de micro curvaturas, además posibilita altas velocidades de estirado de fibra óptica comprendidas entre 1 m/sg y 3 m/sg y crea una capa uniforme libre de burbujas e impurezas.

El paso siguiente consiste en el endurecimiento de la protección, que habitualmente se realiza por procesos térmicos. Actualmente se aplican procesos de reacciones químicas con el empleo de radiaciones ultravioletas.

La fibra óptica obtenida es enrollada en tambores y queda dispuesta para usos posteriores, habitualmente la confección de cables ópticos.

### **1.5.2. Ventajas**

Las ventajas derivadas de la utilización de las fibras ópticas son las siguientes:

#### **a. Ancho de banda**

Las fibras ópticas presentan anchos de banda desde los 10 Mhz por kilómetro, pudiendo llegar hasta los 1500 Ghz por kilómetro.

Los cables ópticos son capaces de presentar una capacidad de transmisión superior a 500 veces la capacidad de transmisión en cables coaxiales. Como ejemplo podemos mencionar que por una sola fibra óptica se pueden establecer 2600 comunicaciones simultáneas.

#### **b. Atenuación**

Los bajos valores de atenuación que se consiguen en las fibras ópticas monomodo (del orden de 0,2 dB a 0,3 dB) se logra aumentar la distancia entre repetidores llegándose a cubrir vanos de hasta 50 Km, mientras que en los sistemas de cable coaxial la estación repetidora se sitúa cada 1,2 Km.

#### **c. Inmunidad Electromagnética**

La fibra está construida con materiales dieléctricos, y por lo tanto no se afecta por campos electromagnéticos.

Es inmune a la radiación electromagnética recibida y no constituye una fuente de radiación electromagnética, por lo que se convierte en el medio ideal de transporte cuando nos encontramos en medios con fuertes campos electromagnéticos.

#### **d. Reducción de tamaño**

La utilización de las fibras ópticas conlleva a una notable reducción del tamaño de los cables, respecto a capacidades de transporte equivalentes. Como ejemplo podemos mencionar que un cable de 900 pares de cobre de 80 mm de diámetro, es equivalente a un cable óptico monofibra de 4 mm de diámetro.

#### **e. Bajo Peso**

Como las fibras ópticas pesan menos que los conductores de cobre, representan una ventaja en todas aquellas aplicaciones donde el peso es determinante.

#### **f. Inviolabilidad**

Es prácticamente imposible acceder a la información que se propaga por una fibra óptica sin afectar los niveles de potencia lumínica, y por tanto a la transmisión.

Además al no irradiar energía alguna, la aplicación de cualquier otra técnica para interferir la comunicación resulta inútil, lo que las hace prácticamente inviolables.

#### **g. Rentabilidad**

En las redes de fibra óptica las secciones de regeneración son mayores que en las redes de cables coaxiales, lo cual provoca una reducción de costos al eliminar una gran parte de los regeneradores intermedios necesarios en los equipos de línea de los cables coaxiales.

Otra ventaja de la utilización de las fibras ópticas frente al conductor coaxial, es que nos ofrecen la posibilidad de migrar en el futuro a mayores velocidades de transmisión con el consiguiente aumento en la rentabilidad de la red.

### **1.5.3. Desventajas**

Las desventajas derivadas de la utilización de las fibras ópticas son las siguientes:

#### **a. Temperatura**

Las fibras ópticas pueden ser utilizadas con garantía en el rango de temperaturas de  $-10^{\circ}\text{C}$  hasta  $+50^{\circ}\text{C}$ .

#### **b. Costo de los equipos**

El costo de los equipos para fibra óptica es superior a los empleados para cobre o coaxial, si bien este costo se ve compensado por la mayor sección de regeneración que presentan los equipos de transmisión óptica frente a los convencionales de cobre.

## **1.6. Cables de fibra óptica**

El cable de fibra óptica tiene la única misión de guiar en su interior las fibras ópticas.

Por tanto todos los elementos estructurales que le conforman están proyectados única y exclusivamente a proporcionar la adecuada protección mecánica a las fibras que aloja en su interior de acuerdo a las exigencias de su uso.

Las dos características mecánicas primordiales y que por tanto constituyen parámetros fundamentales en la fabricación de las fibras ópticas son la resistencia mecánica y la fatiga estática o envejecimiento de las fibras ópticas.

### **1.6.1 Elementos estructurales de los cables de fibra óptica**

Se definen los elementos estructurales de un cable óptico como el conjunto de todos los elementos aislados junto con la interacción entre ellos y las técnicas constructivas de los cables de fibra óptica a fin de que las mismas puedan hacer frente a las agresiones

ambientales que pueda experimentar. Estas agresiones mecánicas pueden ser tracciones, estiramientos, compresiones, aplastamientos y curvaturas pronunciadas.

En el caso de producirse son los elementos estructurales los que nos garantizarán la conservación de las características de transmisión y de esta forma se evitará incrementos elevados en los valores de atenuación. A continuación se describen algunos elementos estructurales que conforman un cable de fibra óptica.

#### **a. Protecciones Secundarias**

Existen dos técnicas para la fabricación de la protección secundaria de las fibras ópticas

- **Estructura ajustada (tight buffer)**

Esta técnica consiste en aplicar una cubierta inicial de material termoplástico directamente sobre el recubrimiento primario de la fibra óptica, que recibe el nombre de protección secundaria o recubrimiento secundario. El espesor aproximado del recubrimiento secundario es de 300 micras, con valores de diámetro externo que oscilan desde las 850 micras a las 900 micras.

El material termoplástico que se emplea habitualmente para la fabricación del recubrimiento secundario es nylon o tefzel por presentar un valor muy bajo de coeficiente de rozamiento.

En ocasiones este recubrimiento primario está formado por dos capas concéntricas; una primera y en contacto con el recubrimiento primario con un espesor de aproximadamente 50 micras, se confecciona con un elastómero de silicona que actúa con un efecto amortiguador y que proporciona una protección adicional a la fibra óptica. A continuación va la segunda capa en contacto con la anterior con un espesor aproximado de 250 micras confeccionada con nylon o tefzel, con valores de diámetro externo que oscilan desde las 850 micras hasta las 900 micras.

Este tipo de estructura se utiliza para la fabricación de cables flexibles y de pequeño diámetro para uso interior. No son apropiados para resistir esfuerzos de tracción.

- **Estructura Holgada (Loose Tube)**

Esta técnica consiste en crear una estructura holgada en el interior de la cual se alojan las fibras ópticas con protección primaria. La estructura holgada se logra construyendo un tubo de plástico flexible, que se caracteriza por presentar un valor muy bajo de coeficiente de rozamiento interno, resistente a la deformación, al envejecimiento y a la degradación, lo que garantiza flexibilidad, elasticidad y rigidez mecánica en la misma estructura.

Cada protección holgada aloja en su interior un número variable de fibras ópticas que se guían describiendo una trayectoria helicoidal, centrada en el eje de la protección holgada, lo que permite a las fibras ópticas una movilidad axial o longitudinal en el interior de la estructura holgada.

La trayectoria descrita por las fibras ópticas es helicoidal, así como la trayectoria de las protecciones holgadas, lo que origina un incremento medio en su longitud, variable en función del tipo de trenzado, del radio de trenzado, del diámetro del elemento central de soporte y del diámetro de la estructura holgada:

De esta forma se logra garantizar que si se produce un estiramiento del cable óptico al someterle a una fuerza de tracción, que por extensión se trasladaría al núcleo óptico del cable, no se produzcan estiramientos en las fibras ópticas. La sección interna de la estructura holgada se rellena con un compuesto tixotrópico cuya misión es evitar la condensación de la humedad y la penetración de agua en su interior.

El número de conductores de fibra óptica que es posible alojar en el interior de una estructura holgada es variable en función de las dimensiones geométricas de la misma, fluctuando desde 1 hasta 16 en el caso de protecciones holgadas con diámetros convencionales.

#### **b. Cubiertas de Protección**

Las cubiertas de protección tienen la misión de proteger al núcleo óptico del cable, a las fibras ópticas, de todos los esfuerzos mecánicos preservándolas de los cambios térmicos del exterior así como de los ataques químicos que se producen en los cables enterrados.

- **Cubierta de Polietileno**

El polietileno se caracteriza por su baja constante dieléctrica y la estabilidad de la misma ante variaciones de la temperatura lo que le hace idóneo para uso en planta externa. Su color siempre es negro.

- **Cubierta de PVC**

El P.V.C. o cloruro de polivinilo se utiliza habitualmente en los cables de uso interior, tiene buen comportamiento ante agentes químicos; su utilización se especifica para planta externa cuando el terreno presenta sustancias muy agresivas o inflamables tales como derivados del petróleo.

- **Cubierta con Compuestos libres de Halógenos**

Estas cubiertas se construyen con vinilacetato de etileno, poseen las mismas características mecánicas de las cubiertas de polietileno, y a diferencia de éstas, se encuentran libres de

halógenos. Por los materiales empleados en su fabricación, tienen la propiedad de ser auto extingüible en caso de llegar a producirse llamas.

Son de color gris y se les reconoce fácilmente por llevar impresa en su superficie las siglas F.R.N.C. (Flame Retardant Non Corrosive).

### **c. Alma del Cable**

Se denomina como alma del cable al núcleo del mismo, es la parte central en el interior del cable óptico, cumple la función de conectar los diversos elementos constructivos que le conforman y está recubierto de una cubierta de polietileno para mantener constante el radio de trenzado. También recibe el nombre de núcleo óptico y está formado por un elemento central, las protecciones holgadas, los elementos de relleno y los elementos de sellado.

Todos estos elementos están dispuestos en capas trenzadas sobre el elemento central.

El elemento central está construido de acero o en el caso de los cables ópticos dieléctricos con hiladuras de fibra de vidrio, recubiertas con resinas de poliéster. En ambos casos el coeficiente de dilatación lineal del elemento central presenta unos valores muy bajos al ser este elemento el encargado de dar rigidez y soportar los esfuerzos de tracción del conjunto.

## **1.6.2. Cables para usos especiales**

Los cables ópticos que se tienden en la planta externa se ajustan a los criterios estructurales que para los mismos estipulan cada una de las diversas compañías.

Seguidamente se realiza una descripción genérica de los tipos de cables ópticos para usos especiales detallando su ámbito de aplicación.

### **a. Cables para Tendidos Subterráneos**

Los cables para tendidos subterráneos se utilizan canalizados en el interior de conductos, subconductos, instalados en galerías de servicio o directamente enterrados.

### **b. Cables Autoportantes**

Los cables autoportantes se utilizan en tendidos aéreos, amarrados en postes o en las torres de tendido eléctrico y realizan la función de comunicaciones ópticas.

Funcionalmente se trata de cables ópticos capaces de albergar en su interior al núcleo óptico que guía a las fibras ópticas.

Desde el punto de vista constructivo hay dos tipos posibles de construcción: en forma de figura 8 y totalmente dieléctrica.



**c. Cables Submarinos**

Los cables submarinos se utilizan tendidos directamente sobre los lechos submarinos o enterrados en el mismo y realizan la función de comunicaciones ópticas.

Funcionalmente se trata de cables con varios niveles de armado capaces de albergar en su interior al núcleo óptico que guía las fibras ópticas, preservándole de las elevadas presiones submarinas.

## **CAPÍTULO II**

### **DISEÑO DE LA RED IP-ATM DE TELMEX**

#### **2.1. Antecedentes de la Red Telmex**

De todas las innovaciones tecnológicas que han caracterizado el siglo XX, la que más repercusión ha tenido en nuestra vida diaria, y más revolucionará nuestro futuro, ha sido el progreso de las telecomunicaciones a través de la fibra óptica. Esto parece haberlo comprendido muy bien la empresa Telmex, quien desde su incorporación al mercado peruano apostó por construir una red metropolitana basada íntegramente en fibra óptica.










En la actualidad la red backbone de Telmex presenta una topología física constituida por cinco anillos adyacentes, esto es, los Nodos se encuentran distribuidos estratégicamente formando dichos anillos. El anillo central es llamado Core o Principal y los restantes llamados Secundarios (Norte, Sur, Este y Oeste), todos ellos interconectados mediante cables de fibra óptica monomodo de 48 hilos como medio de transmisión, excepto aquellas rutas de respaldo que emplean cables de menor capacidad. Toda esta red se encuentra funcionando bajo una plataforma ATM OC3-155Mbps.

Cada uno de los nodos (Switch ATM) que forma parte de los anillos mantiene un área geográfica de atención, la cual no se logra superponer con la de otro nodo; a su vez dentro de cada área de Nodo se ha adoptado una topología física en estrella en la que el Nodo es el centro de atención y de él parten enlaces físicos de fibra óptica monomodo de 48 hilos hacia los llamados GCO. Estos GCO son dispositivos pasivos que principalmente tienen la función de alojar y mantener un ordenamiento de los empalmes de fibra óptica; en la red Telmex estos dispositivos cumplen además la función de distribuidores ya que de cada uno de ellos parten cables de fibra óptica monomodo de 12 hilos y a su vez cada uno de estos sirve para alimentar a un POP (Punto de Presencia).

Un POP es una especie de sub-nodo ubicado estratégicamente y es el que finalmente permitirá acceder al cliente. Justamente el objetivo del presente estudio consiste en establecer una red de última milla a partir de la ubicación de un POP, diseñada convenientemente de tal manera que se optimice la mayor cantidad de recursos y a la vez permita acceder a cualquier ubicación del cliente.

### 2.2. Simbología empleada en la Red Telmex

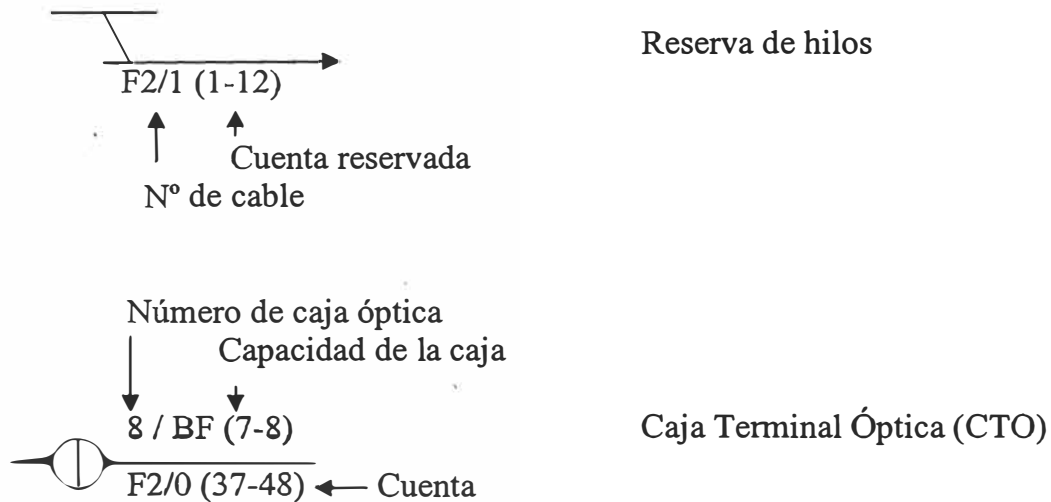
Se ha adoptado un sistema de simbología para ser utilizado en los planos de ingeniería de detalle, así como también en los planos de construcción y mantenimiento de la red.

	Nodo (Switch ATM)
	Punto de Presencia (POP)
	GCO
	Poste de Telmex
	Poste con ancla vertical
	Ancla vertical
	Cable de fibra óptica (48F, 24F y 12F)
	Terminal Óptico
	Reserva de cables

### 2.3. Nomenclatura

#### Significado

<p>F1/2 (1-48)</p> <p>↑      ↑</p> <p>    Cuenta del cable</p> <p>    Nº de cable de distribución</p>	<p>Cable de distribución por su cuenta</p>
<p>24F-MM / A / 00 / 495.0</p> <p>↑      ↑      ↑      ↑</p> <p>    Tipo de cable      Año de instalación      Longitud en mts.</p> <p>    Capacidad del cable</p>	<p>Cable entre dos empalmes</p>



#### 2.4. Estudio de Demanda

Previamente al trabajo de diseño de cualquier red de distribución debe realizarse un adecuado estudio de demanda en la zona considerada, pues el resultado de este estudio será el que finalmente nos indique la dimensión de los recursos o infraestructura de planta a considerar en el diseño de la red.

La información estadística del estudio de demanda deberá verificarse en el terreno tomándose en cuenta la actividad socio-económica en los diferentes sectores a fin de prever su evolución en el corto y mediano plazo.

La finalidad del estudio es conocer la demanda actual y futura o potencial de clientes con interés de contar con servicios de Transmisión de Datos, Internet y/o Telefonía fija, que son los servicios que actualmente viene brindando la empresa proveedora de servicios Telmex. Además se puede inducir que un factor de mucha importancia al momento de realizar el estudio de demanda, es la actividad comercial de las instituciones bajo estudio; el estudio entonces debe centrarse sobre una base de clientes corporativos tales como Bancos, Supermercados, Instituciones del Gobierno, Instituciones Educativas, Cabinas Internet, etc.

Para fines de nuestro análisis de diseño, es necesario contar con la demanda actual o llamada también demanda cero y con la demanda futura o potencial calculada a seis años. Esta demanda proyectada a seis años es la que influirá directamente en el cálculo de los hilos de distribución de fibra óptica, ya que esta proyección será la que nos asegure que durante un periodo determinado no será necesario ampliar la red de distribución.

## **2.5. Descripción de la Sala del Punto de Presencia (POP)**

A continuación se establecen los criterios básicos para establecer un POP, considerando las dimensiones adecuadas tal que permita una óptima distribución de equipos internos y se puedan efectuar los trabajos con comodidad y seguridad.

### **2.5.1. Descripción del Punto de Presencia (POP)**

El POP es el lugar en el que se encuentran ubicados una serie de equipos instalados que facilitan la distribución de información a través de una red. Los POP están localizados en diferentes puntos de un área geográfica. .

El equipamiento en el POP es de tecnología moderna que cumplen funciones específicas de transporte de data, voz y video.

En forma práctica se ha deducido que el POP debe tener un área de 9m<sup>2</sup> para permitir una adecuada distribución de equipos e ingreso de cables externos.

### **2.5.2. El equipamiento**

Los equipos que pueden encontrarse en un POP son:

#### **a. Router**

Este dispositivo enrruta o dirige información de un lugar a otro de una red, así como de una red a otra. Hace las veces de un policía de tránsito dentro de una red, dirigiendo paquetes de información digital a través de las pistas de la red. Este puede incluso segmentar el tráfico de la red previniendo la congestión de la red y brindando seguridad.

#### **b. Switch Catalyst**

Este dispositivo es un concentrador de data sumamente rápido, el cual tiene un ancho de banda de 10 Mbps lo que representa aproximadamente que en un segundo se transfieren 50 páginas de un libro de un punto a otro.

#### **c. Banco de Baterías**

No es apropiadamente un equipo sofisticado, mas su importancia es vital pues evita que el POP deje de funcionar ante un corte de fluido eléctrico comercial.

Cabe anotar que un corte de fluido eléctrico comercial puede tener varios motivos como: corte programado de la empresa eléctrica, corte no programado por avería en la calle, mal funcionamiento de las llaves térmicas, ruptura de fusibles, conato de incendio, etc.

El banco de baterías consiste de un conjunto de baterías de características especiales alojadas dentro de un armazón de metal sobre una base también de metal lo suficiente

fuerte para soportar su peso. La propiedad de no usar agua destilada y por ende de no necesitar control periódico de reactivo entre celdas le confiere la denominación de “secas” o “libres de mantenimiento”.

#### **d. Rack de pared**

Gabinete especialmente diseñado para permitir el montaje de los equipos a fin de mantenerlos adecuadamente ordenados y seguros.

El rack que aloja a los equipos se encuentra anclado en la pared, es decir no puede moverse del lugar de donde se instaló. El anclaje tiene la finalidad de proteger los equipos de movimientos sísmicos, los que podrían provocar su destrucción o su mal funcionamiento.

El rack por su estructura metálica y su contacto directo con el equipo permite la protección eléctrica si es correctamente conectado a tierra. Esto evita que fluyan corrientes en la superficie del mismo protegiendo a la persona que trabaja con el equipo y al equipo mismo. Las dimensiones del rack de pared son 0.6 x 0.6 x 0.9 mts.

## **2.6 Ejecución del Diseño**

### **2.6.1. Cálculo de los hilos de distribución**

El cálculo de los hilos de distribución es el paso más relevante en el diseño de la red, ya que el resultado de este cálculo será el que finalmente nos indique la cantidad y capacidad de los cables de fibra óptica a considerar en la red de distribución.

La lógica a seguir para la obtención de este resultado sugiere considerar una demanda futura como una forma de asegurar la disponibilidad de recursos de red por un tiempo considerable. Para nuestro caso, por la característica de los servicios que se brindan, se considera una demanda proyectada a 6 años.

Generalmente los datos obtenidos en un estudio de demanda corresponden a una demanda actual o demanda a cero años, por lo que la demanda futura o demanda a seis años podría calcularse acudiendo a algún método estadístico que resulte en proyecciones razonables.

La segunda consideración corresponde al llenado u ocupación de los terminales ópticos o puntos de distribución. En este sentido debemos prever un límite de ocupación al momento del diseño, para ello se considera un máximo en los terminales ópticos del 67%.

Con las dos consideraciones mencionadas anteriormente podemos asegurar que se conservará un margen disponible de recursos de la red, sin que sea necesario recurrir a ampliaciones inmediatas.

Empezaremos el proceso de cálculo con los datos obtenidos del estudio de demanda proyectada a seis años, para ello debemos contar con la sumatoria de las demandas individuales comprendidas dentro del área en estudio; para nuestro caso la demanda total dentro de los límites del área de POP es 32.

Al resultado así obtenido debemos aplicarle la segunda consideración correspondiente a la ocupación de los terminales ópticos, es decir a la cantidad de 32 la dividimos entre el factor 0.67, obteniendo de esta manera la cantidad de 48.

Se sabe que un terminal óptico de 12 hilos tiene la capacidad de atender a 6 clientes como máximo mientras que uno de 24 hilos puede hacerlo con 12, en consecuencia se deduce que con este último resultado obtenido, podemos determinar la cantidad y capacidad de los cables de fibra óptica de distribución a instalar desde el POP. En vista de que los cables de fibra óptica se dimensionan por la cantidad de hilos y que para atender a un cliente se necesita un par de hilos de fibra óptica, debemos multiplicar el último resultado por dos, con lo cual obtenemos la cantidad de 96. Considerando que las capacidades de los cables de fibra óptica de distribución en forma aérea únicamente pueden ser 48, 24 y 12 hilos, procedemos a dividir el último resultado entre la máxima capacidad de un cable en forma aérea (48 hilos) para obtener la cantidad de cables de distribución a considerar en el diseño. Por lo tanto, luego de realizar la operación indicada resulta la cifra de 2 que equivale a pensar en dos cables de 48 hilos como la cantidad mínima a considerar en el diseño para cubrir la demanda existente; sin embargo según la distribución de la demanda dentro del área geográfica en estudio se puede convenir en aumentar un cable de 48 hilos a la salida del POP, y así prevenir futuras ampliaciones con esta cantidad de hilos distribuidos como reserva en la red de última milla.

### **2.6.2. Distribución de Terminales Ópticos**

El siguiente paso en el proceso de diseño consiste en la distribución de los terminales ópticos dentro del área del POP. Esto se consigue haciendo corresponder a cada terminal óptico una fracción de la demanda proyectada, considerando además el porcentaje de ocupación.

Cabe mencionar que los terminales ópticos que emplearemos en nuestro diseño tienen capacidades para 12 y 24 hilos, existiendo además terminales con mayores capacidades los cuales son empleados frecuentemente para empalmes de cables primarios de grandes capacidades. Estos terminales tienen una capacidad para atender a 6 y 12 clientes

respectivamente, si adicionalmente consideramos el porcentaje de ocupación de las cajas terminales (67%) llegamos a la conclusión que a dichos terminales les debe corresponder una demanda individual de 4 y 8 respectivamente.

Para empezar con el proceso de diseño debemos contar con un plano catastral del área del POP, en el cual debe volcarse la demanda proyectada para cada uno de los frentes en todos “blocks” o “manzanas”; seguidamente aislamos áreas de influencia individuales agrupando pequeñas áreas cuya suma de demandas sea de 4 u 8 unidades (según la densidad de la demanda). De esta manera podemos asignar a cada una de las pequeñas áreas de influencia un terminal óptico, sea de 12 o 24 hilos de capacidad.

## 2.7. Diseño de la línea de postería

Previamente al diseño de la línea de postería se debe elaborar un anteproyecto de las rutas de distribución y las áreas de atención por terminal óptico. Adicionalmente a lo mencionado, se debe contar con un plano catastral de la ciudad y en lo posible tener conocimiento de instalaciones existentes o proyectos de otras empresas de servicios públicos. Se entiende que para una misma área de terminal hay más de un punto de ubicación del poste donde puede instalarse un terminal óptico, pero existe un punto óptimo para su localización.

### 2.7.1. Parámetros de Diseño

Existen algunos parámetros de diseño a tener en cuenta al momento de diseñar la línea de postería:

- a. La altura mínima del suelo al cable instalado en una línea de postería se muestra en la Tabla 2.1:

**Tabla 2.1: Alturas mínimas en la instalación de cables de Fibra Optica**

Tipo de cruce	Altura mínima (m.)
- Cruce de carreteras	7.0
- Cruce de Calles o caminos vecinales Con tráfico vehicular.	5.5
- Cruce de calles con restringida Circulación vehicular.	5.0
- Cruce de vías no transitadas por Vehículos.	4.0
- Cruce de ferrocarriles	8.0



- b. La separación mínima entre líneas de telecomunicaciones y líneas o equipos de energía eléctrica, se muestra en la Tabla 2.2:

**Tabla 2.2: Separación mínima con las instalaciones eléctricas**

Energía	Tipo de línea de Energía	Distancia (cm.)	
		Paralelo	Cruzado
Subsistemas de Distribución Secundaria (Hasta 440 V.)	Línea aislada	70	60
	Línea desnuda	75	60
Subsistema de Distribución Primaria (Hasta 2.9 KV.)	Cable	200	200

### 2.7.2. Parámetros de materiales

Los dos tipos de cables que consideramos en nuestro diseño y que se emplean con mayor frecuencia son, el cable “riser” y el cable aéreo figura 8. El cable “riser” se usa en instalaciones sencillas dentro del edificio y donde el costo de la conectorización es un factor importante.

La tabla 2.3 muestra algunas características de un cable de fibra óptica tipo “riser” de 4 hilos.

**Tabla 2.3 : Características generales del cable Riser 4 hilos**

Características	Fibra Riser
Temperatura de operación	-40°C a +85°C
Temperatura de almacenamiento	-55°C a +85°C
Resistencia de aplastamiento	2200 N/cm
Resistencia de impacto	1500 impactos
Diámetro	8 mm.
Peso	65 Kg/Km

El cable aéreo figura 8 se acondiciona para uso con ferretería de instalación común, y es el ideal para instalaciones aéreas de cualquier magnitud.

Este tipo de cable se encuentra disponible en tres opciones:

#### a. Acero Inoxidable (SS)

Trenzado con alambre de acero inoxidable, cuando es necesario un cable de mayor supervivencia mecánica y ambiental.

### b. Acero Galvanizado (GS)

Es un producto más competitivo cuando los requerimientos no exigen tanta robustez.

### c. Mensajero Dieléctrico (DS)

Construcción de alto rendimiento, puede ser instalada cerca de cables eléctricos.

La tabla 2.4 muestra algunas características del cable de fibra óptica figura 8 de 48 hilos, empleada frecuentemente en instalaciones aéreas.

**Tabla 2.4 : Características generales del cable aéreo figura 8 de 48 hilos**

Características	Fibra óptica figura 8
Temperatura de operación	-40°C a +85°C
Temperatura de almacenamiento	-55°C a +85°C
Resistencia de aplastamiento	1500 N/cm
Resistencia de impacto	1000 impactos
Mínimo radio de curvatura	20x diámetro exterior
Peso	82 Kg/Km

### 2.7.3. Diseño de la línea de postería

Algunos criterios a considerar para el diseño de la línea de postería son los siguientes:

- Se elige el lado de la calle donde se ubica la mayor demanda, o donde existe mayor número de edificaciones, a fin de evitar el mayor número de cruces de las acometidas.
- Para lo anterior, se hará un reconocimiento previo del área de diseño, donde se observarán las calles (rutas) posibles a elegir, geografía del terreno, instalaciones de otros servicios, densidad de tránsito vehicular.
- De existir postes de alumbrado público y/o con líneas de fluido eléctrico se elegirá el lado de opuesto. En general se deberá cumplir con la separación de los cables a instalar con líneas de fluido eléctrico u otros.
- En lo posible el lado donde no existan obstáculos de árboles o voladizos en las edificaciones.
- Debe elegirse la ruta más recta posible para evitar las deflexiones horizontales o verticales mayores a 30°.
- Elegir rutas, de tal manera que la distancia con otras instalaciones sean las apropiadas y donde las curvas sean lo más amplias y leves.

#### 2.7.4. Distancia entre postes

- a. En lo posible la distancia entre los vanos debe ser uniforme.
- b. La separación en alineamientos rectos será en promedio  $50.0 \pm 5.0$  m. En cuanto a la separación máxima, estará de acuerdo al cálculo de los esfuerzos resistentes tanto del poste como de los cables a instalar. La separación mínima estará dada por la concentración de la demanda.
- c. La separación en alineamientos con deflexión horizontal o vertical en promedio es de 30.0 m.

#### 2.7.5. Ubicación de los postes

- a. En lo posible se ubicarán frente a paredes medianeras.
- b. Se ubicarán a distancias convenientes de las esquinas de tal manera de no obstaculizar la visibilidad de los conductores de vehículos.
- c. El punto de ubicación dentro del área de influencia del terminal óptico, será tal que se minimicen las longitudes de acometida.
- d. La ubicación referencial de postes con respecto a otros servicios y accesos se muestra en la tabla 2.5:

**Tabla 2.5 : Ubicación referencial de los postes**

Otras instalaciones u obstáculos	Separación horizontal aproximada (mts.)
Puertas, balcones y veredas	1.0
Señales, tomas de agua para incendios	1.5
Postes y líneas de energía	1 – 2

- e. En cuanto al acotamiento transversal de la línea de postería, los postes en lo posible deberán instalarse:

En calles con solo calzada y vereda, el poste se ubicará tangente e interior al borde de la vereda.

En calles con calzada, jardín y vereda, el poste se ubicará tangente y exterior al borde de la vereda.

En arterias donde el ancho de la vereda es mayor a 3.0 m, el poste se colocará aproximadamente a 2.0 m del límite de propiedad. En este caso se tendrá cuidado con el alineamiento entre postes.

#### **2.7.6. Limitaciones**

- a. Se evitará ubicar postes a menos de 1.0 m de distancia de paredes, voladizos, azoteas y árboles.
- b. Se evitará ubicar postes frente a puertas principales y de garajes o cocheras.  
Se evitará ubicar postes frente a avisos, ventanas, puertas de ingreso de centros educativos.
- c. Se evitará ubicar postes en parques, o lugares de esparcimiento.
- d. En toda derivación (tramo flojo) que no cruce una pista, la distancia entre los postes, donde se origina y termina el mismo no deberá exceder los 15.0m.
- e. Se evitará los tramos flojos que crucen pistas, para lo que se deberá proyectar una canalización. En caso de no poder evitarse, esta no excederá los 20.0 m.
- f. Se evitará sobrecargar un mismo lote con postería de Telmex, especialmente si existen instalaciones de otras empresas.

#### **2.7.7. Diseño de las líneas de anclaje**

El ancla es un elemento importante a considerar en el diseño de una red aérea; su función en una línea de postería es la de oponerse a la fuerza ejercida por el peso del cable y mantener la estabilidad en una línea de tendido aéreo. En una red de tendido aéreo los tres tipos de anclas más empleados son los siguientes:

##### **a. Ancla Riostra Normal**

Se instala en la dirección de la línea de postería y en sentido opuesto a la fuerza a equilibrar. Se emplea generalmente en los postes inicial y final de línea.

Al utilizar este tipo de anclaje, se tendrá presente que la distancia de la base del poste hasta el punto de fijación de la riostra con la varilla del ancla, estará en el rango de 2.5 a 4.0mt.

##### **b. Ancla Riostra Vertical**

Se emplea cuando no es posible instalar ancla normal, siendo generalmente su uso en alineamientos con deflexión. En alineamientos curvos se instala en la dirección de la bisectriz del ángulo formado por los vanos contiguos y en sentido opuesto a la carga a equilibrar.

**c. Ancla Tipo J**

Se emplea cuando por cuestiones de espacio no es posible instalar ancla vertical y el cálculo de las fuerzas lo sustente.

## **CAPÍTULO III**

### **MATERIALES EMPLEADOS**

#### **3.1. Materiales en el Interior del Punto de Presencia (POP)**

##### **3.1.1. Subrack de Administración de fibra óptica**

Es la estructura mecánica para el sistema de administración de fibra que proporciona la función de conectar pigtail/patchcord, alojar determinada cantidad de empalmes y acondicionar excesos de longitud de fibra en un rack de 19 pulgadas.

El subrack ha sido diseñado para diferentes ubicaciones para uso en Estructuras de Distribución Óptica (ODF).

La parte frontal de la bandeja puede instalarse con 24 adaptadores conector para permitir la conexión sin necesidad de abrir la bandeja.

##### **3.1.2. Pigtail**

Son cables de fibra pre-ensamblados con un conector en un extremo. Generalmente se usan para terminación de un tramo de fibra a un equipo óptico. La administración del cable de fibra se obtiene mediante almacenamiento de los empalmes entre el pigtail y el cable de fibra en las bandejas de empalme.

Los Pigtails se encuentran disponibles en fibra monomodo y multimodo, y adaptados con la mayoría de los tipos de conector. También se emplean en el interior del local del cliente para la terminación del cable de fibra.

### 3.1.3. Jumpers

Son simples cables de fibra pre ensamblados, con un conector en cada uno de los extremos. Generalmente se usan para conexión de patch panel a patch panel y para interconectar patch panels a equipo óptico.

Los Jumpers se encuentran disponibles en fibra monomodo y multimodo, y adaptados con la mayoría de los tipos de conector. También se usan en el interior del local del cliente para la terminación del cable de fibra.

### 3.1.4. Conectores ópticos

#### a. Conector Modelo FC (conector de fibra)

Se produce en las técnicas APC y PC (contacto físico). El tipo APC posee una ferrule con acabado en ángulo. El ángulo especificado es de 8 grados con lo cual se logra un óptimo en la pérdida de retorno (en general muy superior a 65 dB). El tipo PC puede entregar características PC, Súper PC y Ultra PC, se diferencian en la pérdida de retorno. El conector de Pulido Convexo PC tiene la pérdida de retorno comprendida entre 27 y 40 dB; en el caso de Súper PC se encuentra entre 40 y 50 dB; para Ultra PC se obtiene mas de 50 dB. El material utilizado es el zirconio con un diámetro exterior de 2,499 mm. Se admite un desvío de de la forma cilíndrica, de la rugosidad de la superficie y ovalidad inferior a 0,5%. El conector tiene una vida útil superior a las 1000 conexiones-desconexiones; la resistencia a la tracción es superior a 10 Kg.

Los ciclos de temperatura muestran que el margen de operación es de -25 a +70 °C y el de almacenamiento de -40 a +80 °C.

#### b. Conector Modelo SC

El conector modelo SC sigue la norma americana de la Bell, sin partes metálicas. Las dimensiones están de acuerdo con la norma EN 186000 A. En la tabla 3.1 se muestran algunas de las características más importantes.

**Tabla 3.1: Características de los conectores modelo SC**

Longitud de onda de operación	2ª ventana 1280-1340nm y 3ª ventana 1520-1580nm
Pérdida de inserción	Valor medio inferior a 0,2dB, valor máximo 0,5dB
Pérdida de retorno	Extremo SPC mayor a 40dB y APC mayor a 60dB
Ciclo térmico	Variación inferior a 0,2dB en la pérdida de inserción
Repetibilidad	Mayor a 1000 conexiones y desconexiones
Resistencia de mecanismo de acople	80N para cable de 3mm y 5N para 0,9mm
Tracción del cable	100N para cable de 3mm y 5N para 0,9mm
Torsión del cable	15N para cable de 3mm y 2N para 0,9mm
Vibración sinusoidal	Frecuencia 10-55Hz y amplitud 0,75mm
Carga lateral estática	Tensión de 1N para cable de 3mm y 0,2N a 0,9mm
Frío y calor seco	Temperatura de -25°C y +75°C durante 96 hrs.
Polvo	Tamaño de partículas inferior a 0,15mm

### c. Conector Modelo ST

Los conectores ópticos ST se utilizan especialmente para las redes de datos privadas.

Con menor frecuencia son usados en redes de telecomunicaciones. Se fabrican para fibras ópticas del tipo multimodo y monomodo, adaptándose mejor al primero de estos tipos. Los jumpers generalmente se entregan en forma simplex y duplex, con uno y dos cables monofibra respectivamente. Los conectores ST son fabricados en jumper con la longitud de cable deseada por el cliente.

#### 3.1.5. Adaptadores de conector

Son dispositivos ópticos que se emplean para la conversión del tipo de conector, y generalmente para la conectividad entre dos medios distintos. Estos se encuentran disponibles en monomodo y multimodo, con la opción a poder instalarse en un panel.

Según la aplicación específica, se pueden emplear cualquiera de los siguientes modelos disponibles: ST/ST, ST/FC, SC/SC, FC/FC, FC/SC y SC/SC.

## 3.2. Materiales de Planta Externa

### 3.2.1. Cierre de empalme FOSC 400

Los cierres FOSC 400 están diseñados para realizar empalmes de extremos de cables de fibra óptica. Estos pueden usarse en cualquier lugar en el ambiente de la planta externa, incluyendo instalaciones aéreas y subterráneas.



El cierre genérico es un cierre sellado herméticamente para el sistema de administración de fibra que proporciona las funciones de empalme e integración de componentes pasivos en la red externa.

El producto puede dimensionarse a cualquier configuración requerida añadiendo recintos de empalme y/o dispositivos pasivos.

El cierre es un diseño finalizado hecho de un material termoplástico. La base y el domo son sellados con un seguro y un sistema O-ring.

En la base se incluyen un puerto de entrada oval para un cable lazado (sin cortar) y seis puertos circulares para entrada y salida de cables. Los sellos de los cables son fabricados de material termo-contraíble.

Existen 4 diferentes tipos de cierres FOSC 400;

FOSC 400 D5, FOSC 400 B2, FOSC 400 B4 y FOSC 400 A4; ordenados en forma descendente de acuerdo a sus dimensiones físicas. Las letras A, B y D indican el tamaño del cierre; los números 2, 4 y 5 indican el número de puertos circulares en la base del cierre. Todos los cierres tienen un puerto oval para la instalación de dos cables comunes y los kits vienen con todo lo necesario para la terminación de dos cables cualesquiera (de 0.4 a 1 pulgada de diámetro) en el puerto oval.

Las consideraciones a tener en cuenta para la elección de un cierre son las siguientes:

- a. Cantidad de cables que ingresarán al cierre.
- b. Diámetro de los cables que ingresarán al cierre.
- c. Cantidad de fibras que se empalmarán y/o cantidad de fibras que se dejarán en reserva.

Para el caso de nuestra red emplearemos los cierres FOSC 400 A4 y FOSC 400 B4 que presentan las capacidades según se muestran en la Tabla 3.2.

**Tabla 3.2 : Capacidades de los cierres de empalme**

<b>Cierre FOSC 400</b>	<b>Nº de fibras a empalmarse</b>	<b>Nº de cables entrantes al cierre</b>	<b>Máxima capacidad De empalmes de</b>
FOSC 400 A4	2 – 32	2 – 6 *	32 **
FOSC 400 B4	24 – 60	5 – 6	96

\*\* La capacidad es de 32 empalmes en dos bandejas con smouv de 45mm de largo.

\* Los cierres A4 y B4 solo pueden alojar cables de acometida en los puertos circulares.

### 3.2.2. Módulos de empalme

La capacidad de las bandejas de empalme en los cierres B depende del módulo de empalme a usarse para alojar los empalmes. Existen tres módulos de empalme comúnmente usados: el SM6, SM8, SM12 (“SM significa módulo de empalme y el número que sigue indica el número empalmes de fusión que el módulo alojará). En la Tabla 3.3 se muestra la cantidad de empalmes.

**Tabla 3.3 : Cantidad de empalmes en los módulos**

Módulo de Empalme	Tipo de empalme	Empalmes por módulo	Fibras empalmadas en una bandeja	Fibras empalmadas en un cierre
SM-6	Fusión simple	6	12	48
	Mecánico simple	6	12	48
SM-8	Fusión simple	8	16	64
	Mecánico simple	4	8	32
SM-12	Fusión simple	12	24	96

En un cierre B pueden instalarse 4 bandejas. Cada bandeja B aloja dos módulos de empalme.

En un cierre A pueden instalarse 2 bandejas. Los módulos de empalme no se usan en las bandejas A.

- Cable, tierra y válvula

Las designaciones del kit del cierre tiene tres letras al final para indicar algunas opciones

Ej: FO SC 400 D5 36-1-BGV

La primera letra “B” indica si los componentes de bloqueo de cable son requeridos, “N” si no se requiere.

La segunda letra “G” indica si se requiere una salida de alimentación a tierra, “N” si no se requiere.

La tercera letra “V” indica si se requiere una válvula, “N” si no se requiere.

El bloqueo de cables es requerido por la mayoría de clientes para evitar el ingreso de agua o aceite a los extremos del cable y para evitar el deslizamiento del miembro central del cable en instalaciones aéreas.

### **3.2.3. Protector para empalmes de fusión**

El método tradicional de empalme para fibras ópticas recurre a la unión por tensión superficial catalizada mediante el calentamiento por arco eléctrico. Para esta operación se utilizan tubos de plástico termocontraíbles. Se trata de un protector que contiene tres elementos, un miembro de tracción de acero inoxidable de 50mm de largo otorga la resistencia transversal necesaria para evitar stress al empalme. Un tubo interior repone las características de protección originales contra la humedad a la superficie de la fibra óptica. Un tubo exterior transparente de 60mm de largo contiene al conjunto y actúa de material termocontraíble. Una vez calentado el conjunto se adhiere firmemente a la fibra óptica de forma tal que impide cualquier corte o falla posterior.

## **3.3. Materiales en el Interior del Cliente**

### **3.3.1. Caja de Empalme de terminación de fibra**

Es una caja de terminación de fibra en el cliente y montable en pared, ofreciendo las funciones de empalme fibra a fibra, empalme fibra a pigtail y conectorización.

Esta caja generalmente se instala en el local de los clientes en la parte de la terminación de la red de acceso. Está diseñado para alojarse en un ambiente interior, pero también puede instalarse dentro de gabinetes ubicados en el exterior.

Proporciona protección mecánica y ambiental para la fibra y sus componentes, y permite acceso apropiado manteniendo los más altos estándares de administración de fibra.

## **CAPÍTULO IV**

### **PRESUPUESTO**

#### **4.1. Presupuesto de Materiales**

En la Tabla 4.1 se detalla el análisis del presupuesto de los materiales que serían necesarios para la instalación de toda la red de distribución de acuerdo al tema propuesto. En la primera parte se presenta la ingeniería de detalle correspondiente a la red de planta externa, esto es, desde los materiales más pequeños que se emplean en cada una de las actividades para la instalación de la red de fibra óptica, estas son: la suspensión de cables en postes eléctricos o propios de Telmex, anclaje en postes estratégicos, cambios de ruta de los cables, instalación de cajas terminales ópticas, fusión de fibras ópticas, etc.

En la segunda parte se describe los materiales que intervienen en la instalación dentro del POP, principalmente esto corresponde a la conectividad de la fibra óptica en el gabinete para su distribución.

Tabla 4.1 : Presupuesto de Materiales

DESCRIPCIÓN	UND.	CANT.	COSTO UNIT. (\$)	TOTAL
<b>MATERIALES DE TENDIDO Y FUSION</b>				
Poste de concreto 9mt.	Unid.	3	63,1	189,3
Igol Imprimante	Gl.	0,1875	2,11	0,40
Chapa de suspensión de aluminio	Unid.	78	2,7	210,6
Soporte de diseño especial	Unid.	107	1,31	140,17
Soporte tipo J	Unid.	78	0,78	60,84
Perno pasante cabeza cuadrada 10" x 5/8	Unid.	9	1,72	15,48
Arandela curva de 5/8	Unid.	92	1,59	146,28
Tuerca de ojo de 5/8	Unid.	75	1,31	98,25
Perno angular curvo de 10" x 5/8	Unid.	12	1,82	21,84
Arandela plana de 5/8	Unid.	14	0,51	7,14
Brazo para riostra vertical	Unid.	10	7,55	75,5
Cable de acero desnudo de 5/16"	M.	134,0	0,42	56,28
Cable de acero desnudo de 1/4"	M.	150,0	0,25	37,5
Aislador de loza tipo tracción	Unid.	18	1,52	27,36
Crucetas para desarrollo de cable	Unid.	3	6,35	19,05
Preformado negro de acero de 5/16"	Unid.	72	2,36	169,92
Preformado amarillo de 1/4"	Unid.	94	2,33	221,84
Varilla de ancla de 5/8" x 7"	Unid.	14	8,17	114,38
Varilla de ancla tipo J de 5/8" x 11"	Unid.	4	8,64	34,56
Block de concreto 40cm x 40 cm.	Unid.	14	4,02	56,28
Protector de riostra metálico de 1/16" x 7.5"	Unid.	14	7,85	109,9
Alambre para devanado y ataduras calibre 7	Roll.	1,5	26,86	40,29
Cinta de acero band-it x 30m.	Unid.	12	18,0	216,0
Presillas para cinta band-it	Unid.	575	0,13	74,75
Abrazadera para ancla tipo J	Unid.	8	2,76	22,08
Grillete de medio tramo de 3/8	Unid.	10	0,88	8,8
Chapa de cruce	Unid.	5	2,94	14,7
Collarín de 4 ganchos para poste de concreto	Unid.	3	6,33	18,99
Perno pasante recto de 10" x 5/8	Unid.	25	1,73	43,25
Cable de fibra óptica multimodo 48 hilos figura 8	M.	12,99	1 281,8	16 650,82
Cable de fibra óptica multimodo 24 hilos figura 8	M.	6,72	2 494,0	16 759,68
Cable de fibra óptica multimodo 12 hilos figura 8	M.	5,33	860,0	4 583,80
FOSC 400 B4 BGV	Unid.	6	236,77	1 420,62
FOSC 400 A4 NGV	Unid.	2	154,17	308,34
FOSC ACC-A-TRAYS-16-2	Unid.	7	14,79	103,53
FOSC ACC-B-TRAYS-24-2	Unid.	5	18,12	90,6
Smouv – Protector de empalme	Unid.	84	0,64	53,76

<b>MATERIALES EN EL INTERIOR DEL POP</b>				
Gabinete de fibra óptica 48 puertos	Unid.	3	225,42	676,26
Panduit Kit de bandejas de empalme	Unid.	12	37,55	450,6
Panduit Panel de FO con 12 módulos SC	Unid.	12	90,43	1 085,16
Pigtail de fibra óptica simple SC multimodo 1.5m	Unid.	144	10,89	1 568,16
Smouv – Protector de empalme	Unid.	144	0,64	92,16
<b>Costo Total Materiales</b>				<b>46 094,62</b>

#### 4.2. Presupuesto de Actividades

En la Tabla 4.2 se detallan las diferentes actividades que intervienen en la instalación de la red de fibra óptica, tanto en la planta externa como en el interior del POP.

En las actividades que corresponde al tendido de cables también se consideran algunas actividades que no son específicamente del tendido pero que sirven de complemento para mantener una red segura físicamente

**Tabla 4.2 : Presupuesto de Actividades o Mano de Obra**

DESCRIPCIÓN	UND.	CANT.	COSTO UNIT. (\$)	TOTAL
<b>ACTIVIDADES DEL TENDIDO Y EMPALMES</b>				
Instalación aérea de fibra óptica de 12 a 48 hilos	M.	4 0006,0	0,33	1 321,98
Instalación subterránea de F.O. de 12 a 48 hilos	M.	164,4	0,38	62,47
Aplicar Igol a poste de concreto	Unid.	3	2,03	6,09
Instalación de poste de concreto 9m vereda	Unid.	3	25,85	77,55
Instalación de ancla normal en vereda	Unid.	8	37,63	301,04
Instalación de ancla vertical en vereda	Unid.	6	37,63	225,78
Instalación de ancla especial en vereda	Unid.	4	10,34	41,36
Instalación de caja terminal en poste	Unid.	7	7,26	50,82
Preparación de cable para fusión de 12 a 48 fibras	Unid.	14	42,05	588,7
Fusión de fibra por unidad	Unid.	228	8,17	1 862,76
<b>Costo Total Actividades</b>				<b>4 538,55</b>

## CONCLUSIONES

1. El progreso de las telecomunicaciones y los sistemas de comunicaciones han traído consigo un crecimiento considerable en la demanda de cables y componentes que cumplan las exigencias de los usuarios. En ese sentido, la fibra óptica en general se ha convertido en el sector económico que ofrece las mejores oportunidades de transmisión.
2. Del estudio de la fibra óptica es evidente la diferencia con otros medios de transmisión. Por su amplio ancho de banda tiene la capacidad de transportar varios tipos de tráfico entre los que se incluyen datos, voz y video, a velocidades mayores a las disponibles en las redes actualmente existentes; esto a su vez permite a los clientes mantener el efecto de la escalabilidad, es decir darle al cliente la alternativa que en cualquier momento, de acuerdo a su necesidad, pueda acceder a un aumento en la velocidad de transmisión de su servicio bajo el mismo medio físico. En ese sentido y con el objetivo de explotar al máximo las bondades de una fibra óptica se viene desarrollando la tecnología DWDM (Multiplexación por División de Longitud de Onda Densa) que permite transmitir múltiples señales ópticas de diferentes longitudes de onda a través de una misma fibra óptica.
3. Ante la eventualidad de realizar el desarrollo de una red de distribución, hemos visto que existen diversas formas de plantearlas y posteriormente ejecutarlas. Esto dependerá de muchos factores pero principalmente del aspecto económico y de la seguridad que el proyectista desearía conferirle a su red. Si bien es cierto que las empresas que administran sus propias redes prefieren una red aérea por ser más económica, estas no deben descuidar la seguridad en todos los tramos de la red, ya que la avería en algún punto de la red podría significar grandes pérdidas económicas y en consecuencia la pérdida de clientes importantes.

4. Una de las razones que muchas empresas clientes desisten de acceder o implementar una red de fibra óptica para su sistema de comunicaciones es la diferencia de costos que existe aún con las redes tradicionales. Por un lado se encuentra el costo de los cables de fibra óptica y por otro lado están los dispositivos necesarios para la conectorización de fibra, así como los equipos de comunicaciones con esta tecnología que deberían adquirirse por el lado del cliente. Sin embargo este pensamiento cada vez está cambiando mas en las empresas ante las exigencias cada vez más intensas de las transacciones que ellas realizan.



## **ANEXO A**

## ACRÓNIMOS

APC	Contacto Físico en Angulo
ATM	Modo de Transferencia Asíncrono
BW	Ancho de Banda
CAD	Diseño Asistido por Computadora
CCITT	Comité Consultante Internacional de Telegrafía y Telefonía
CTO	Caja Terminal Óptica
DWDM	Multiplexación por Longitud de Onda Densa
FRNC	Retardante de llamas no corrosivo
FOSC	Cierre de Empalmes de Fibra Óptica
GCO	Organizador de Empalmes Genérico
IEEE	Institute of Electric and Electronic Engineers
IP	Protocolo de Internet
LAN	Red de Área Local
MAN	Red de Área Metropolitana
ODF	Estructura de Distribución Óptica
PC	Contacto Físico
POP	Punto de Presencia
PMD	Dispersión en el Modo de Polarización
PVC	Cloruro de Polivinilo
TDM	Multiplexación en el dominio del tiempo
WDM	Multiplexación por longitud de onda

## **ANEXO B**

## FÓRMULAS EN EL ESTUDIO DE LA FIBRA ÓPTICA

### ÍNDICE DE REFRACCIÓN DE UN MEDIO

$$N_x = \frac{C_o}{C_x}$$

$C_o$  : Velocidad de la luz en el vacío (aproximadamente 300 000 Km/sg)

$C_x$  : Velocidad de la luz en el medio

### ÍNDICE DE REFRACCIÓN DEL GRUPO

$$N_g = N_m - \lambda \frac{\partial N_m}{\partial \lambda}$$

$N_m$  : Índice de refracción del medio

$\frac{\partial N_m}{\partial \lambda}$  : Variación del índice de refracción del medio con respecto a la longitud de onda

### ÍNDICE DE REFRACCIÓN DEL NÚCLEO DE LA FIBRA ÓPTICA

$$N_x = N_c + K (N_B - N_c)$$

$N_c$  : Índice de refracción del revestimiento

$N_B$  : Máximo valor del índice de refracción del núcleo de la fibra óptica

$K$  : Constante,  $K = 0,05$

### DIFERENCIA NORMALIZADA DE ÍNDICES DE REFRACCIÓN ( $\Delta$ )

$$\Delta = \frac{N_B^2 - N_c^2}{2N_B^2}$$

$N_B$  : Índice de refracción del núcleo

$N_c$  : Índice de refracción del revestimiento

## APERTURA NUMÉRICA

$$AN = \sqrt{2\Delta N_B^2}$$

## EXPONENTE DEL PERFIL DE LA FIBRA (g)

$$N_{(R)}^2 = N_B^2 \left[ 1 - 2\Delta \left( \frac{R}{A} \right)^g \right]$$

$N_{(R)}^2$  : Índice de refracción del núcleo al cuadrado en función de la distancia centro del Núcleo – periferia del núcleo

$N_B^2$  : Máximo valor del índice de refracción del núcleo al cuadrado (centro del núcleo)

$\Delta$  : Diferencia normalizada de índices de refracción

$g$  : Exponente del perfil de la fibra óptica

$R$  : Distancia medida en el sentido núcleo – periferia del núcleo, expresada en micras

$A$  : Radio del núcleo de la fibra óptica, expresada en micras

## PARÁMETRO ESTRUCTURAL V (ó frecuencia de normalizada de la guía-onda)

$$V = 2\pi \frac{a}{\lambda} AN$$

$V$  : Parámetro estructural o dimensional

$a$  : Radio del núcleo de la fibra óptica, expresado en micras

$AN$  : Apertura numérica de la fibra óptica utilizada

$\lambda$  : Longitud de onda del pulso lumínico propagado

## NÚMEROS DE MODOS PROPAGADOS

$$M \approx \frac{V^2}{2} \frac{g}{g+2}$$

$M$  : Número de modos propagados

$V$  : Parámetro estructural adimensional  $V$

$g$  : Exponente de perfil de la fibra óptica

Otra forma de conocer el número de modos guiados o propagados por el núcleo de una guía-onda óptica, consiste en utilizar la siguiente expresión matemática

$$V = K a AN$$

Donde el vector de propagación del frente de onda equivale a:

$$K = \frac{2\pi}{\lambda} \qquad K = \frac{\beta}{N}$$

K : Vector de propagación del frente de onda

$\beta$  : Constante de propagación ( $m^{-1}$ )

N : Índice efectivo del modo

#### LONGITUD DE ONDA DE CORTE

$$\lambda_c = \pi \frac{2a}{V_1} AN$$

$V_1$  : Valor límite del parámetro estructural V correspondiente a la longitud de onda límite

#### DIÁMETRO DEL CAMPO MODAL

$$\omega_o = 2a \frac{2.6}{V}$$

$\omega_o$  : Diámetro del campo modal

a : Radio del núcleo de la fibra óptica, expresada en micras

V : Parámetro estructural V

#### ATENUACION ESPECTRAL

$$A(\lambda) = 10 \log_{10} \frac{P_1(\lambda)}{P_2(\lambda)} \text{ (dB)}$$

$A(\lambda)$  : Atenuación de la fibra óptica expresada en dB.

$P_1(\lambda)$  : Potencia óptica que atraviesa la sección transversal n°1 de la fibra óptica.

$P_2(\lambda)$  : Potencia óptica que atraviesa la sección transversal n°2 de la fibra óptica.

$\lambda$  : Longitud de onda de a la que se mide la potencia óptica.

Para una fibra óptica uniforme, en condición de equilibrio, es posible calcular el coeficiente de atenuación o la atenuación por unidad de longitud conforme a la expresión:

$$\alpha(\lambda) = \frac{A(\lambda)}{L}$$

Donde  $\alpha(\lambda)$  representa el coeficiente de atenuación y se expresa en dB por unidad de longitud.

ANCHO DE BANDA

$$B(L) = B(f)L^\gamma$$

## **ANEXO C**



## EVOLUCIÓN DE LA FIBRA ÓPTICA Y LA RED TELMEX

### ANTECEDENTES HISTORICOS DE LA FIBRA ÓPTICA

La forma de transmitir información a través de un medio óptico ha ido evolucionando con el transcurso del tiempo, desde los ensayos más simples hasta los medios de fibra óptica empleados en la actualidad. Aquí una breve referencia de dichos sucesos históricos:

- En el año 1870 el físico inglés John Tyndall, considerado el precursor de la tecnología de guía de luz, demostró que los rayos de luz podían propagarse en trayectoria curvilínea mediante el fenómeno de reflexión total, al utilizar como guíaonda el chorro de agua que salía de una botella. La fuente de luz estaba en el interior de la botella.
- En el año 1953 Kapany inventa la fibra de vidrio y la cubre de un revestimiento. Es la primera vez que se emplea el término **Fibra Optica**.
- En el año 1958 los premios Nobel, Arthur Schawlow y Charles H. Townes, desarrollan el LASER. Con el paso del tiempo el láser sería la fuente de luz idónea para las comunicaciones ópticas.
- En el año 1960 Theodor H. Maiman utiliza el láser por primera vez como fuente de luz para las comunicaciones ópticas.
- En el año 1966 en Inglaterra, los investigadores Charles R. Kao y George A. Hockman proponen la fibra óptica como medio de transmisión en reemplazo de los conductores metálicos.  
Mantuvieron que los altos valores de atenuación se debían a la escasa pureza de los materiales de la fibra óptica.
- En 1972, en los laboratorios de Corning Glass Works se obtuvieron valores de atenuación de 4dB/km con longitud de onda de 800nm.
- En el año de 1976, M. Houriguchi de NTT y H. Osanai de Fujikura, anunciaron la producción de fibras ópticas monomodo con una atenuación de 0.47dB/km.

Las fibras ópticas monomodo en la actualidad presentan valores de atenuación bastante bajos, del orden de 0.3dB/km.

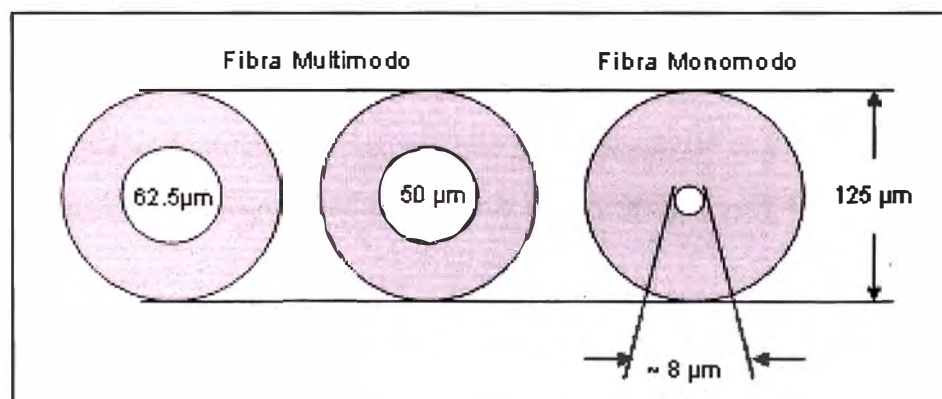
Las longitudes de onda adoptadas para los equipos de comunicaciones actualmente están centradas en los 850nm, 1310nm y 1550nm

## DIÁMETROS DE LAS FIBRAS ÓPTICAS

La fibra óptica monomodo tiene como mayor ventaja el ancho de banda ya que en ella hay un único modo, y por lo tanto desaparece la dispersión modal. Además es apropiado para transmisiones a largas distancias usando el láser como fuente de luz.

El núcleo de la fibra óptica monomodo está en el orden de los 8.3 a 10 $\mu$ m y un diámetro exterior del revestimiento de 125 $\mu$ m.

La fibra óptica multimodo es apropiada para tramos más cortos que la fibra óptica monomodo (hasta 2 Km). Su diámetro de núcleo es de 50 o 62.5 $\mu$ m y el diámetro exterior de su revestimiento es de 125 $\mu$ m.



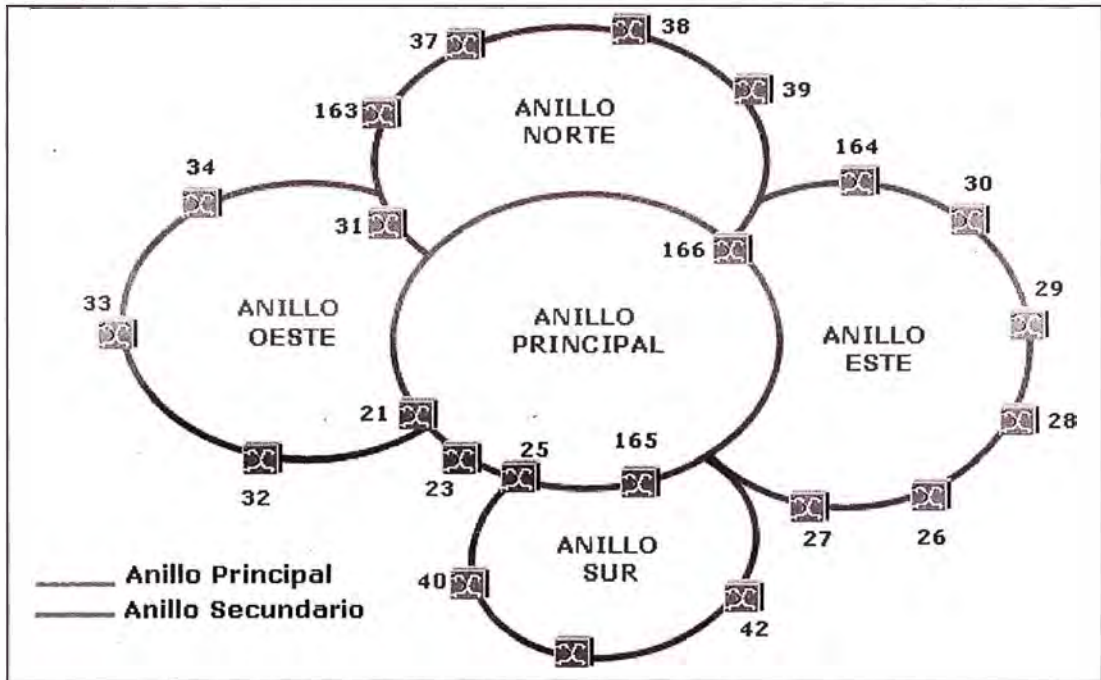
**Figura 1: Diámetros de la fibra óptica multimodo y monomodo**

## TOPOLOGÍA DE LA RED DE TELMEX

### Red Principal o Backbone

La red principal o llamado también Backbone, es la red de Telmex desplegada en toda el área geográfica de Lima y Callao.

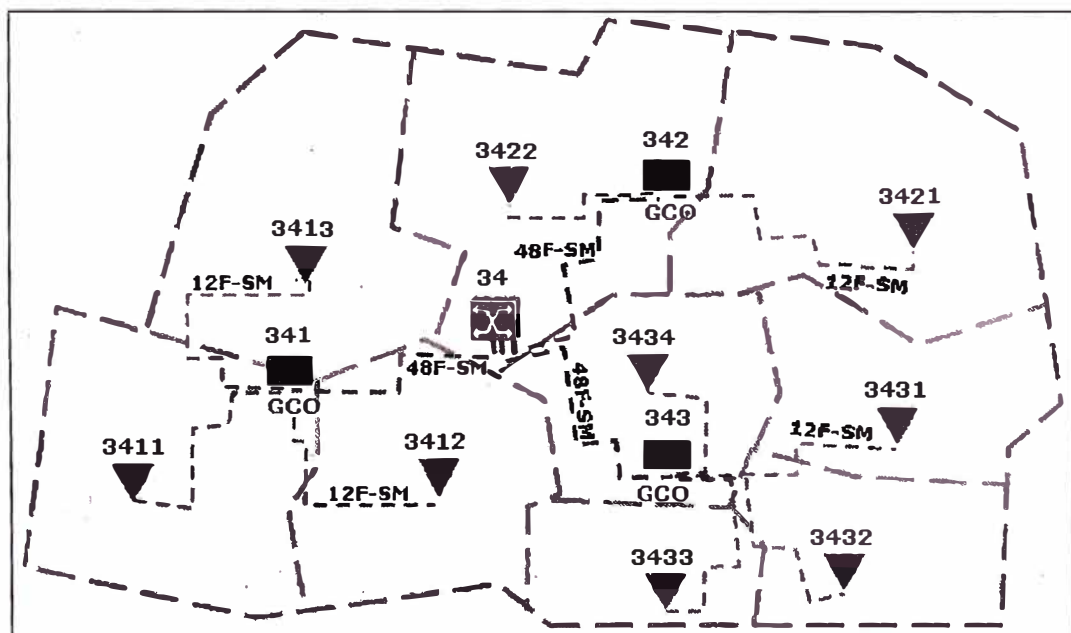
Esta red está conformada por cinco anillos de fibra óptica, un anillo central o principal y cuatro anillos secundarios. Todos ellos implementados con cables de fibra óptica monomodo de 48 hilos. Los nodos se encuentran ubicados dentro de la red de anillos.



**Figura 2: Topología de la Red Metropolitana de Telmex**

### Red de Acceso

La red de acceso comprende el área de atención de un nodo, a partir del cual parten en topología de estrella, cables de fibra óptica monomodo de 48 hilos hacia los denominados GCO. Estos GCO son dispositivos pasivos que se encargan de la distribución de cables de menor capacidad, 12 hilos monomodo, hacia los POP (Punto de Presencia) de Telmex..



**Figura 3: Red de Acceso de un Nodo ATM**

## **BIBLIOGRAFÍA**

- [1] Alfredo Rodríguez, “Redes de Telecomunicaciones”, Universidad Nacional de Ingeniería – Perú, Notas de Curso, 2002
- [2] José Martín Sanz, “Comunicaciones Ópticas”, Madrid 1996.
- [3] Harold B. Killen, “Fiber Optic Communications”, New York 1991.
- [4] Jim Hayes, “Fiber Optics Technician’s Manual”, Paperback 1996.
- [5] Govind P. Agrawal, “Fiber Optic Communication Systems”, Willey, 1997.
- [6] Raychem, “Curso de Entrenamiento para Telmex” – Notas de Curso, 1997.
- [7] Raychem, “Fiber Infrastructure System Technology FIST” – Guía de Productos, 1997.
- [8] Telmex, “Normas Técnicas de Diseño” – 1995
- [9] Telmex, “Manual de Fusión de Fibra Óptica” - 1996